

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК / FORESTRY BULLETIN

Научно-информационный журнал

№ 2 ' 2021 Том 25

Главный редактор

Санаев Виктор Георгиевич, д-р техн. наук, профессор, директор Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Редакционный совет журнала

Артамонов Дмитрий Владимирович, д-р техн. наук, профессор, Пензенский ГУ, Пенза

Ашраф Дарвиш, ассоциированный профессор, факультет компьютерных наук, Университет Хелуан, Каир, Египет, Исследовательские лаборатории Machine Intelligence (MIR Labs), США

Беляев Михаил Юрьевич, д-р техн. наук, начальник отдела, зам. руководителя НТЦ РКК «Энергия» им. С.П. Королёва, Москва

Бемманн Альбрехт, профессор, Дрезденский технический университет, Институт профессуры для стран Восточной Европы, Германия

Бессчетнов Владимир Петрович, д-р биол. наук, профессор, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, Нижний Новгород

Бурмистрова Ольга Николаевна, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет»

Деглиз Ксавье, д-р с.-х. наук, профессор Академик IAWS, академик Французской академии сельского хозяйства, Нанси, Франция

Драпалюк Михаил Валентинович, д-р техн. наук, профессор, ректор ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж

Евдокимов Юрий Михайлович, канд. хим. наук, профессор, академик Нью-Йоркской академии наук, чл.-корр. РАЕН, член центрального правления Нанотехнологического общества России, Москва

Залесов Сергей Вениаминович, д-р с.-х. наук, профессор, УГЛТУ, Екатеринбург

Запруднов Вячеслав Ильич, д-р техн. наук, профессор, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Иванкин Андрей Николаевич, д-р хим. наук, профессор, академик МАНВШ, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Кириухин Дмитрий Павлович, д-р хим. наук, ИПХФ РАН, Черноголовка

Классен Николай Владимирович, канд. физ.-мат. наук, ИФТТ РАН, Черноголовка

Ковачев Атанас, д-р архитектуры, профессор, член-корр. Болгарской АН, профессор Международной Академии Архитектуры, Лесотехнический университет, Болгария, Варна

Кожухов Николай Иванович, д-р экон. наук, профессор, академик РАН, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Козлов Александр Ильич, канд. техн. наук, ученый секретарь Совета ОАО «НПО ИТ», Королёв

Комаров Евгений Геннадиевич, д-р техн. наук, профессор, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Корольков Анатолий Владимирович, д-р физ.-мат. наук, профессор, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Котиев Георгий Олегович, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Кох Нильс Элерс, д-р агрономии в области лесной политики, профессор, Президент IUFRO, Центр лесного и ландшафтного планирования университета, Копенгаген, Дания

Кротт Макс, профессор, специализация «Лесная политика», Георг-Аугуст-Университет, Геттинген, Германия

Леонтьев Александр Иванович, д-р техн. наук, профессор, академик РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Липаткин Владимир Александрович, канд. биол. наук, профессор, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва
Лукина Наталья Васильевна, член-корреспондент РАН, профессор, директор ЦЭПЛ РАН, зам. Председателя Научного совета по лесу РАН, Москва

Макуев Валентин Анатольевич, д-р техн. наук, доцент, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Малашин Алексей Анатольевич, д-р физ.-мат. наук, профессор, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Мартынюк Александр Александрович, д-р с.-х. наук, ФБУ ВНИИЛМ, Москва

Мелехов Владимир Иванович, д-р техн. наук, профессор, академик РАЕН, САФУ им. М.В. Ломоносова, Архангельск

Моисеев Александр Николаевич, ст. науч. сотр., Европейский институт леса, г. Йозенсу, Финляндия

Наквасина Елена Николаевна, д-р с.-х. наук, профессор, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Высшая школа естественных наук и технологий, Архангельск

Нимц Петер, д-р инж. наук, профессор физики древесины, Швейцарская высшая техническая школа Цюриха

Обливин Александр Николаевич, д-р техн. наук, профессор, академик РАЕН, МАНВШ, заслуженный деятель науки и техники РФ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Пастори Золтан, д-р техн. наук, доцент, директор Инновационного центра Шопронского университета, Венгрия

Полещук Ольга Митрофановна, д-р техн. наук, профессор, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Полужков Николай Павлович, д-р техн. наук, профессор, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Родин Сергей Анатольевич, д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН, ВНИИЛМ, Москва

Рыкунин Станислав Николаевич, д-р техн. наук, профессор, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Стрекалов Александр Федорович, канд. техн. наук, АО «Корпорация Тактическое военное вооружение», Королёв

Теодоронский Владимир Сергеевич, д-р с.-х. наук, профессор, академик РАЕН, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Титов Анатолий Матвеевич, канд. техн. наук, зам. начальника отделения, ученый секретарь Совета ЦУП ЦНИИМАШ, Королёв

Тричков Нено Иванов, профессор, доктор, проректор по научной работе Лесотехнического университета, София, Болгария

Федотов Геннадий Николаевич, д-р биол. наук, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Чубинский Анатолий Николаевич, д-р техн. наук, профессор, СПбГЛТУ, Санкт-Петербург

Чумаченко Сергей Иванович, д-р биол. наук, профессор, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Шадрин Анатолий Александрович, д-р техн. наук, профессор, академик РАЕН, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Шимкович Дмитрий Григорьевич, д-р техн. наук, профессор, ООО «Кудесник», Москва

Щепашенко Дмитрий Геннадьевич, д-р биол. наук, доцент, старший научный сотрудник Международного института прикладного системного анализа (IIASA), Австрия

Ответственный секретарь Расева Елена Александровна

Редактор Л.В. Сивай

Перевод М.А. Карпухиной

Электронная версия Ю.А. Рязской

Учредитель МГТУ им. Н.Э. Баумана

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-68118 от 21.12.2016

Входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Материалы настоящего журнала могут быть перепечатаны и воспроизведены полностью или частично с письменного разрешения издательства
Выходит с 1997 года

Адрес редакции и издательства
141005, Мытищи-5, Московская обл.,
1-я Институтская, д. 1
(498) 687-41-33,
les-vest@mgul.ac.ru

Дата выхода в свет 06.04.2021.

Тираж 600 экз.

Заказ №

Объем 15,0 п. л.

Цена свободная

LESNOY VESTNIK / FORESTRY BULLETIN

Scientific Information Journal
№ 2 ' 2021 Vol. 25

Editor-in-chief

Sanaev Victor Georgievich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), Director of BMSTU (Mytishchi branch), Moscow

Editorial council of the journal

Artamonov Dmitriy Vladimirovich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), Penza State
Ashraf Darwish, Associate Professor of Computer Science, Faculty of Computer Science, Helwan University, Cairo, Egypt, Machine Intelligence Research Labs (MIR Labs), USA
Belyaev Mikhail Yur'evich, Dr. Sci. (Tech.), Head of Department, Deputy Director of S.P. Korolev RSC «Energia», Moscow
Bemman Al'brekht, Professor, the Dresden technical university, professorate Institute for countries of Eastern Europe, Germany
Besschetnov Vladimir Petrovich, Professor, Dr. Sci. (Biol.), Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod
Burmistrova Olga Nikolaevna, Professor, Dr. Sci. (Tech.), Ukhta State Technical University, Ukhta
Chubinskiy Anatoliy Nikolaevich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), Saint Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg
Chumachenko Sergey Ivanovich, Professor, Dr. Sci. (Biol.), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Deglise Xavier, Dr. Sci. (Agric.), Academician of the IAWS, Academician of the French Academy of Agriculture, Nancy, France
Drapalyuk Mikhail Valentinovich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), Rector of VSUFT, Voronezh
Evdokimov Yuriy Mikhaylovich, Professor, Ph. D. (Chemical); academician of the New York Academy of Sciences, corr. Academy of Natural Sciences, a member of the Central Board of Nanotechnology Society of Russia, Moscow
Zalesov Sergey Veniaminovich, Professor, Dr. Sci. (Agric.), USFEU, Ekaterinburg
Zaprudnov Vyacheslav Il'ich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Ivankin Andrey Nikolaevich, Professor, Dr. Sci. (Chemical), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Kiryukhin Dmitriy Pavlovich, Dr. Sci. (Chemical), IPCP RAS, Chernogolovka
Klassen Nikolay Vladimirovich, Ph. D. (Phys.-Math.), ISSP RAS, Chernogolovka
Kovachev Atanas, Corresponding Member of the Bulgarian Academy of Sciences, Dr. Sci., Professor, University of Forestry, Bulgaria, Sofia
Kokh Nil's Elers, Professor, the Dr. of agronomics in the field of forest policy, the President of IUFRO, the Center of forest and landscape planning of university Copenhagen, Denmark
Komarov Evgeniy Gennadievich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Korol'kov Anatoliy Vladimirovich, Professor, Dr. Sci. (Phys.-Math.), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Kotiev George Olegovich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Kozlov Aleksandr Il'ich, Ph. D. (Tech.), Scientific Secretary of the Board of «NPO IT», Korolev
Kozhukhov Nikolay Ivanovich, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Econ.), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Krott Maks, Professor of Forest policy specialization, George-August-Universitet, Goettingen
Leont'ev Aleksandr Ivanovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Dr. Sci. (Tech.), BMSTU, Moscow

Lipatkin Vladimir Aleksandrovich, Professor, Ph. D. (Biol.), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Lukina Natalya Vasilyevna, Corresponding Member of the RAS, Director of the Center for Sub-Settlement Research RAS, Deputy Chairperson of the Forest Research Council
Makuev Valentin Anatol'evich, Dr. Sci. (Tech.), Associate Professor, BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Malashin Alexey Anatolyevich, Professor, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Martynuk Aleksandr Aleksandrovich, Dr. Sci. (Agric.), VNIILM, Moscow
Melekhov Vladimir Ivanovich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, NARFU, Arkhangelsk
Moiseyev Aleksandr Nikolaevich, Senior Researcher, European Forest Institute, Joensuu, Finland
Nakvasina Elena Nikolaevna, Professor, Dr. Sci. (Agric.), Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Higher School of Natural Sciences and Technology, Arkhangelsk
Niemz Peter, Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c., Prof. for Wood Physics, ETH Zurich (Swiss Federal Institute of Technology in Zurich; Eidgenossische Technische Hochschule Zurich)
Oblivin Aleksandr Nikolaevich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), Academician of the Russian Academy of Natural Sciences and MANVSH, Honored worker of science and equipment of the Russian Federation, BMSTU, Moscow
Pasztory, Zoltan, Dr., Ph.D., Director of Innovation Center, University of Sopron, Sopron, Hungary
Poleshchuk Ol'ga Mitrofanovna, Professor, Dr. Sci. (Tech.), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Poluektov Nikolai Pavlovich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Rodin Sergey Anatol'evich, Professor, the Dr. Sci. (Agric.), ARRISMF, Moscow
Rykunin Stanislav Nikolaevich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Shadrin Anatoliy Aleksandrovich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Shchepashchenko Dmitry Gennadievich, Associate Professor, Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria
Shimkovich Dmitriy Grigor'evich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), OOO «Kudesnik», Moscow
Strekalov Aleksandr Fedorovich, Ph. D. (Tech.), JSC «Tactical Missiles Corporation», Korolev
Teodoronskiy Vladimir Sergeevich, Professor, Dr. Sci. (Agric.), academician of the Russian Academy of Natural Sciences, BMSTU (Mytishchi branch), Moscow
Titov Anatoliy Matveevich, Ph. D. (Tech.), Deputy Chief of Department, Scientific Secretary of the Board of MCC TSNIIAMASH, Korolev
Trichkov Neno Ivanov, professor, Dr., Vice-Rector for Research, Forestry University, Sofia, Bulgaria
Fedotov Gennadiy Nikolaevich, Dr. Sci. (Biol.), Lomonosov Moscow State University, Moscow

Assistant Editor Raseva Elena Aleksandrovna

Editor L.V. Sivay

Translation by M.A. Karpukhina
Electronic version by Yu.A. Ryazhskaya

Founder BMSTU

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media Certificate on registration ПИ № ФС 77-68118 of 21.12.2016
The journal is included in the list of approved VAK of the Russian Federation for editions for the publication of works of competitors of scientific degrees
Materials of the present magazine can be reprinted and reproduced fully or partly with the written permission of publishing house
It has been published since 1997

Publishing house
141005, Mytishchi, Moscow Region, Russia
1st Institutskaya street, 1
(498) 687-41-33
les-vest@mgul.ac.ru

It is sent for the press 06.04.2021.
Circulation 600 copies
Order №
Volume 15,0 p. p.
Price free

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Мерзленко М.Д. Обоснование теории волнообразного роста хвойных лесных культур	5
Зарубина Л.В., Карбасников А.А., Пешин Д.А. Оценка возобновительных процессов под пологом приспевающих хвойных древостоев в Вологодской области	10
Кищенко И.Т. Сезонный рост сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в таежной зоне Карелии на разных этапах онтогенеза	19
Смирнов А.И., Орлов Ф.С., Аксенов П.А., Васильев С.Б. Приживаемость и рост сеянцев сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) после обработки низкочастотным электромагнитным полем	25
Феклистов П.А., Грязькин А.В., Болотов И.Н., Тюкавина О.Н. Распределение влаги по сечению ствола дерева в ельниках черничных	35
Сибиркина А.Р., Трофимова Л. В., Кузьмищев Н. Н. Корректировка функциональных зон Национального парка «Зюраткуль» (Челябинская область) по границам мест обитания редких видов позвоночных животных	41
Горепекин И.В., Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Батырев Ю.П. Уточнение представлений о влиянии аллелотоксичности почв на прорастание семян зерновых культур	51

ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА

Теодоронский В.С. О методах визуально-ландшафтной оценки территорий при создании объектов ландшафтной архитектуры	57
Кругляк В.В. Адаптивные системы озеленения природного каркаса города Воронежа	64
Сапелин А.Ю. Редкие виды древесных растений, встречающиеся в озеленении г. Москвы	73
Леонова В.А., Матвеева О.Н. Анализ состояния терренкура № 3 в парке города-курорта Кисловодска	81

ДЕРЕВООБРАБОТКА И ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Тюрин Е.Т., Зуйков А.А., Бондарев А.И., Гульянц Е.П., Фадеева Л.А., Константинова С.А., Новиков А.А., Аникушин Б.М., Винокуров В.А. Проведение испытаний экспериментальных образцов нанофибрилярной целлюлозы в производстве легкомелованной бумаги	90
Фокин С.В., Фомина О.А. К обоснованию конструктивно-технологических параметров механизма выброса щепы из дисковой рубильной машины	99

ЛЕСОИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО

Мохирев А.П., Рукомойников К.П., Мазуркин П.М., Брагина Н.А. Верификация экспериментами моделей скорости движения лесовозов в зависимости от природно-производственных факторов	108
Быковский М.А., Елисеев П.С., Голубев М.И. Модернизация многофункциональной лесозаготовительной машины	116

CONTENTS

BIOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF FORESTRY

Merzlenko M.D.

Coniferous forest crops wave growth theory grounding 5

Zarubina L.V., Karbasnikov A.A., Peshin D.A.

Renewable processes under maturing coniferous stands crown in Vologda region 10

Kishchenko I.T.

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seasonal growth at different stages of ontogenesis in Taiga zone (Karelia) 19

Smirnov A.I., Orlov F.S., Aksenov P.A.

Common pine (*Pinus sylvestris* L.) survival ability and seedlings growth after treatment with low-frequency electromagnetic field 25

Feklistov P.A., Gryazkin A.V., Bolotov I.N., Tyukavina O.N.

Moisture distribution over tree trunk cross-section in bilberry spruce forests 35

Sibirkina A.R., Trofimova L.V., Kuzmishchev N.N.

National park «Zyuratkul» (Chelyabinsk region) functional zones correction along habitat borders of vertebrate rare species 41

Gorepekin I. V., Fedotov G. N., Shalaev V. S., Batyrev Yu.P.

Influence of soil alleotoxicity on grain seeds growth 51

LANDSCAPE ARCHITECTURE

Teodoronsky V.S.

Visual landscape areas assessment techniques when creating objects of landscape architecture 57

Kruglyak V.V.

Adaptive landscape systems for natural frame in Voronezh 64

Sapelin A.Yu.

Rare species of woody plants in Moscow landscaping 73

Leonova V.A., Matveeva O.N.

Park terrencur number 3 in resort city of Kislovodsk 81

WOODWORKING AND CHEMICAL WOOD PROCESSING

Tyurin E.T., Zuikov A.A., Bondarev A.I., Gulyanz L.P., Fadeeva L.A.,

Konstantinova S.A., Novikov A.A., Anikuchin B.M., Vinokurov V.A.

Testing of experimental samples of nanofibrillar cellulose in the production of lightweight coated paper 90

Fokin S.V., Fomina O.A.

Energy wood production by disk cutting machines with different methods of chip emission 99

FOREST ENGINEERING

Mokhirev A.P. Rukomojnikov K.P., Mazurkin P.M., Bragina N.A.

Verification of timber carriers speed models movement depending on natural and production factors 108

Bykovskiy M.A., Eliseev P.S., Golubev M.I.

Multi-functional forest machine modernization 116

ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРИИ ВОЛНООБРАЗНОГО РОСТА ХВОЙНЫХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

М.Д. Мерзленко

ФГБУН Институт лесоведения РАН (ИЛАН РАН), 140030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, ул. Советская, д. 21

md.merzlenko@mail.ru

Приведены результаты длительных наблюдений по динамике отпада и динамике текущего прироста в искусственных насаждениях хвойных пород. В лесных культурах сосны ход отпада анализировался в зависимости от густоты посадки и от метода создания искусственного насаждения (посева, посадки). Показана качественная сторона отпада на различных возрастных этапах и фазах роста лесных культур. Сделан вывод о закономерном явлении хода волновых периодов в отношении численности отмирающих деревьев и динамике текущего прироста растущих деревьев. Волнообразность процесса естественного изреживания лесных культур приурочена к качественно новым перестройкам жизненной структуры древесного сообщества. Установлено, что с возрастом волнообразный процесс приобретает характер затухания и в фазе спелости значительно сглаживается, окончательно затухая в фазе распада.

Ключевые слова: лесные культуры, сосна обыкновенная, *Pinus sylvestris* L., фазы роста и развития, отпад, текущий прирост

Ссылка для цитирования: Мерзленко М.Д. Обоснование теории волнообразного роста хвойных лесных культур // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 5–9. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-5-9

В 1979 и 1990 гг. была выдвинута идея о волнообразном росте лесных культур [1–3], обоснованная изучением отпада деревьев в искусственных насаждениях ели европейской с густотой посадки семян 5000 экз./га в условиях местопроизрастания C_3 (ельники кисличные), не затронутых рубками промежуточного пользования. При исследовании лесных культур использовался статико-динамический метод Н.П. Кобранова [4].

Было установлено, что в лесных культурах до 10 лет наблюдается значительный отпад (главным образом в фазе приживания), что связано с адаптацией растений к новой экологической среде. По достижении 10–11 лет отпад почти прекращается, но в фазах смыкания и чащи опять увеличивается, достигая максимума к 15 годам. Следующая и, как правило, наиболее сильная волна отпада приурочена к завершению фазы дифференциации или жердняка (30...45 лет). Далее отмечается нарастание количества усыхающих деревьев в 65...80 лет [2]. За рассматриваемый период [2] в зоне смешанных лесов [5] наблюдалась четкая волнообразность процесса естественного изреживания культур ели, приуроченная к качественно новым перестройкам жизненной структуры древесного сообщества. Подробное явление отмечено В.В. Галицким [6], показавшим колебательные изменения биомассы членов растительного сообщества в результате самоугнетения. Суть полученного нами экспериментального материала позволила сформулировать следующую концепцию.

Весь жизненный цикл искусственного насаждения можно рассматривать как волнообразный, а не плавный, процесс роста — то убыстряется,

то затухает. Самым первым и вместе с тем наиболее значительным его притуплением является критический возраст культур [7] в фазе жердняка. В этот период формируется максимальная напряженность, вызванная вторжением в жизненную среду каждого культивируемого экземпляра себе подобных индивидуумов. Происходит это по причине ограниченности жизненного пространства и связанного с ним недостатка ресурсов среды (прежде всего светового довольствия). Все это специфично для каждого типа условий местообитания, имеющего определенную экологическую емкость. Под ней надо понимать способность среды удовлетворять потребность в размещении и питании некоторого количества организмов [8]. Так, в древесном сообществе развивается сильная борьба за существование, последствием которой является интенсивный отпад части деревьев; происходит как бы сброс внутренней напряженности.

Периоды роста и спада напряженности периодически наступают и в дальнейшем, поскольку искусственное насаждение в своем онтогенезе стремится к оптимизации густоты стояния, биологически и эволюционно обусловленной для каждого вида и возрастного этапа насаждения. Весь волнообразный процесс с возрастом приобретает характер затухания, а в фазе спелости значительно сглаживается.

Цель работы

Цель работы — разработка теории волнообразного роста лесных культур на примере искусственных древостоев сосны обыкновенной.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили не затронутые рубками ухода сосновые культуры, произрастающие в зоне смешанных лесов [5] в пределах Подмосковья. При этом культуры сосны рассматривались как модельные популяции [9, 10], которым присущи эмергентные свойства [11], т. е. где действуют регуляторные механизмы.

Детальные исследования выполнялись на постоянных пробных площадях (ППП) общепринятыми в лесоводстве и лесной таксации методами [12]. В процессе анализа натуральных данных ППП особое внимание акцентировалось на фазах роста и развития лесных культур [3, 4].

Результаты и обсуждение

Теоретические положения были сформулированы на основании изучения искусственных насаждений ели, представлявших по своей структуре монокультуры. Появилась необходимость выяснить, насколько разрабатываемые теоретические положения применимы для культур сосны, чистых по составу. Некоторая сложность заключалась в том, что важным условием был подбор лесных культур, в которых бы не проводилось промежуточное пользование. Как правило, ныне в производственных условиях таких не затронутых рубками ухода искусственных древостоев практически нет. Поэтому было принято решение исследовать искусственные насаждения сосны, созданные профессором М.К. Турским и произрастающие на территории Лесной опытной дачи Российского государственного аграрного университета — МСХА имени К.А. Тимирязева (РГАУ–МСХА) [13, 14]. Ценность этих объектов состоит в том, что они не подвергались промежуточному пользованию; удалялся, причем своевременно, только сухостой.

В табл. 1 приведены данные по отпаду деревьев в культурах сосны с разной густотой посадки: 2300, 4450 и 9390 экз. на 1 га. Отпад деревьев в культурах носит не плавный, а волнообразный характер. Наиболее значительным по численности является отпад по завершении фазы жердняка. Причем сильнее он выражен в культурах сосны с повышенной густотой посадки, где на 1 га за год выпало до 395 деревьев, что в 9 раз больше, чем в культурах с пониженной густотой посадки. Вторая волна отпада на участках с густотой посадок 2300 и 4450 экз. на 1 га пришлась на завершение фазы формирования стволов, в процессе которой интенсивная работа камбия стала замедляться, что с одновременным увеличением размеров деревьев и вызванным от этого сужением для них жизненного пространства привело к отмиранию части деревьев как результат борьбы за существование. Что же касается загущенных лесокультур,

Т а б л и ц а 1

Среднегодовой отпад (экз./га) стволов сосны в лесных культурах разной густоты посадки

Average annual loss (ind./ha) of pine trunks in forest crops of different planting density

Период учета, лет	Густота посадки, экз./га			В среднем
	2300	4450	9390	
15...26	3	15	129	49
26...34	19	120	395	178
34...47	42	66	161	90
47...57	9	33	73	38
57...67	39	81	29	50
65...75	14	31	56	34
75...80	22	35	27	28

Т а б л и ц а 2

Среднегодовой отпад (экз./га) стволов сосен в старых лесных культурах Никольской лесной дачи

Average annual loss (ind./ha) of pine trunks in old forest cultures in the Nikolskaya forest dacha

Период учета, лет	Посадка, ППП В-6	Посев, ППП В-20	В среднем
78...100	6,3	7,8	7,1
100...110	0,2	0,9	0,6
110...120	5,4	6,1	5,8
120...130	7,0	5,0	6,0

Т а б л и ц а 3

Отпад стволов в тюрмеровских посадках сосны (ППП КХ-63)

Loss of trunks in Tyurmerovsk pine plantations (PPP KH-63)

Период между годами учетов, лет	Среднегодовой отпад экз./га
119...125	0,5
125...135	2,8
135...145	3,6
145...155	1,8

то фаза жердняка у них прошла столь болезненно (в год отмирало 395 деревьев), что следующая за ней фаза формирования стволов оказалась гораздо более продолжительной, нежели у сравнительно редких по густоте посадок, и волна второго отпада пришлась на возрастной период 67...75 лет.

В более старших по возрасту лесных культурах сосны отпад наблюдали на ППП Никольской лесной дачи Щелковского учебно-опытного лесхоза МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана и посадках сосны лесовода-классика К.Ф. Тюрмера в Поречской лесной даче Бородинского лесничества Московской области (табл. 2, 3). Отпад деревьев

в культурах сосны Никольской лесной дачи [15, 16] так же, как и на Лесной опытной даче РГАУ–МСХА, в динамике имеет неравномерный характер (см. табл. 2). Неравномерность процесса отпада в культурах сосны отмечена и в посадках К.Ф. Тюрмера (см. табл. 3). На этом основании можно судить о цикличности естественного изреживания насаждений.

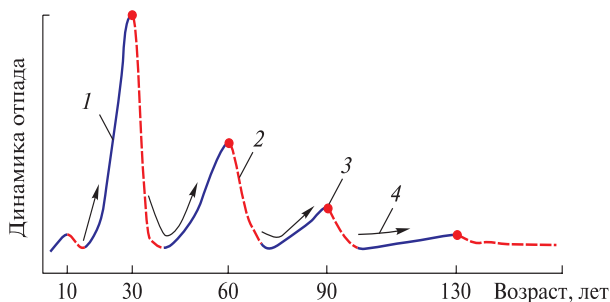
В культурах сосны на ППП КХ-63 насаждение в возрасте 103 года было затронуто проходной рубкой, поэтому в отличие от культур сосны Никольской лесной дачи (см. табл. 2), где в последние 50 лет рубок не было, максимальное накопление сухостойных деревьев оказалось сдвинутым к возрастному периоду 135...145 лет.

Интересные данные по отпаду наблюдались [17] в старовозрастных естественных сосняках сложного бора Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН, в которых с середины XX в. не велось промежуточное пользование. Оказалось, что после 150 лет естественное изреживание стало затухать: если в возрастном периоде от 100 до 140 лет на 1 га выпало 155 сосен, то в период 140 — 180 лет — только 36 экз., т. е. за год в отпад поступало не более одного дерева. В этом периоде древостой не испытывает ценотической напряженности в отношении жизненного пространства, и отпад уже обуславливается генетической конституцией того или иного индивидуума и не приводит к резкому снижению численности деревьев.

Качественная сторона отпада выражена по-разному на различных возрастных этапах и фазах роста лесных культур. Так, в рядовых культурах ели европейской с густотой посадки 5 тыс. экз. на 1 га наблюдается следующая картина: в 17...20 лет отмирают экземпляры V–III классов Крафта; в 25...45 лет помимо деревьев низших классов Крафта (V–IV) в отпад наряду с деревьями III класса начинает поступать часть стволов II класса, а с 55 лет в фазе формирования стволов — уже и деревья I класса. В количественном отношении в отпаде 20...55-летних культур преобладают деревья V класса (до 90%), однако по мере увеличения возраста в отпаде представленность деревьев различных классов Крафта сдвигается в сторону хорошо развитых деревьев. В динамике времени происходит выравнивание средних диаметров элиминируемых стволов со средним диаметром растущих деревьев [18].

На основании приведенных выше данных можно констатировать, что в своем онтогенезе насаждения имеют не плавный, а волнообразный ход естественного отпада, имеющий с возрастом к фазе распада затухающий по своей численности процесс. Волнообразный отпад снимает периодическую напряженность и влечет за

собой расширение жизненного пространства для деревьев, чем создается возможность активизации ростовых процессов (увеличение размеров крон, повышение текущего прироста по диаметру ствола и пр.). И наоборот, при максимальной напряженности происходит резкое снижение текущего прироста по диаметру. Так, в культурах сосны на ППП Р-5 на Никольской лесной даче при анализе древесных стволов зафиксировано снижение текущих приростов по диаметру в возрастных периодах 30...40, 60...70, 90...100 и 130...140 лет. Аналогичная этому картина свойственна лесным культурам ели и лиственницы европейской.



Волнообразность жизненного цикла лесных культур:

1 — нарастание отпада; 2 — затухание отпада;
3 — пик численности отпада; 4 — активизация
ростовых процессов

Wave life cycle of forest crops: 1 — increasing forest loss;
2 — forest loss decrease; 3 — peak of forest loss;
4 — activation of growth processes

И отпад, и усиление ростовых процессов у оставшихся деревьев тесно связаны с фазами роста и развития лесных культур. При этом волновые приливы этих процессов носят с увеличением возраста культур уменьшающийся амплитудный характер (рисунок), т. е. происходит затухание волнообразности. Как видно из рисунка, периодическая волнообразность как нарастания отпада, так и периодичности усиления ростовых процессов связана с основными фазами роста и развития искусственных насаждений, а именно с фазами жердняка, формирования стволов, приспевания, спелости и распада. Во временном же характере волнообразность может сдвигаться, ибо изначально она зависит от густоты посадки.

Ускорение ростовых процессов как в надземной, так и в подземной частях древесных растений замедляется созданием напряженности вследствие сужения жизненного пространства. Однако именно потому, что искусственное насаждение является самонастраивающейся и саморегулирующейся биологической системой [19], возможна смена периодической напряженности отпадом части стволов с последующим усилением роста оставшихся деревьев.

Открытие в начале XX в. С.С. Четвериковым [20] «волн жизни» как всеобщности колебаний численности природных популяций — явление, присущее не только фауне, но, как изложено выше, и древесному сообществу. Согласно К.М. Завадскому [21], «волны жизни» являются неизбежным следствием регуляции численности особей. У высших растений регулирование плотности популяции осуществляется как с помощью конкуренции, приводящей к гибели известное количество особей, так и путем изменений скоростей ростовых процессов, в зависимости от густоты стояния. Эта способность растений представляет собой приспособительную реакцию, с помощью которой сохраняется необходимое соответствие между площадью питания и размерами особи [21].

Выводы

Выполненные исследования подтвердили фактически волнообразный рост лесных культур хвойных пород. На примерах детального изучения искусственных насаждений установлено, что они в своем онтогенезе проходят последовательные волновые периоды изменения численности отмирающих деревьев и волновую динамику текущего прироста растущих деревьев. Такое явление свойственно однопорядковым и разновозрастным насаждениям и направлено на естественную регуляцию численности особей, т. е. густоты стояния.

Список литературы

- [1] Мерзленко М.Д. К теории рубок ухода // Биология, экология и физиология культурных и лесных растений. Кишинев: изд-во Кишиневского СХИ им. М.В. Фрунзе, 1979. С. 48–51.
- [2] Мерзленко М.Д. К вопросу о показателе внутривидовой конкуренции одновидового древесного сообщества // Роль науки в создании лесов будущего: Тезисы докладов на Всесоюз. конф. молодых ученых, Пушкино, 05–07 мая, 1981 г. Л.: ЛенНИИЛХ, 1981. С. 95–96.
- [3] Писаренко А.И., Мерзленко М.Д. Создание искусственных лесов. М.: Агропромиздат, 1990. 270 с.

- [4] Кобранов Н.Т. Обследование и исследование лесных культур // Труды по лесному опытному делу, 1930. Вып. VIII. С. 1–102.
- [5] Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 203 с.
- [6] Галицкий В.В. О моделировании продукционного процесса в растительном сообществе // Моделирование биоценологических процессов / Под ред. В.В. Галицкого. М.: Наука, 1981. С. 104–118.
- [7] Ткаченко М.Е. Общее лесоводство. М.; Л.: Гослесбуиздат, 1955. 600 с.
- [8] Колесниченко М.В. Биохимические взаимодействия древесных растений. М.: Лесная пром-сть, 1976. 184 с.
- [9] Родин А.Р., Мерзленко М.Д. Рост культур сосны и ели на суглинистых почвах // Лесное хозяйство, 1974. № 12. С. 31–34.
- [10] *Biologia sosny zyczejnej*. Poznań-Kórnik: Wydawnictwo Sorus, 1993, 624 p.
- [11] Марков А.В. Популяционная биология растений. Казань: Изд-во Казанского университета, 1986. 109 с.
- [12] ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесостроительные. Методы закладки. М.: Изд-во стандартов, 1983. 59 с.
- [13] Итоги экспериментальных работ в Лесной опытной даче ТСХА за 1862–1962 годы. М.: ТСХА, 1964. 562 с.
- [14] Тимофеев В.П. Природа и насаждения Лесной опытной дачи Тимирязевской сельскохозяйственной академии за 100 лет. М.: Лесная пром-сть, 1965. 168 с.
- [15] Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Никольская лесная дача Щелковского учебно-опытного лесхоза МГУЛ // Примеры отечественного опыта устойчивого лесопользования и лесопользования: сб. статей / под общ. ред. Н. Шматкова. М.: WWF России, 2013. С. 151–176.
- [16] Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Опыт лесоводственного мониторинга в Никольской лесной даче. М.: МГУЛ, 2015. 112 с.
- [17] Мерзленко М.Д., Глазунов Ю.Б., Львов Ю.Г., Перевалова Е.А. Динамика роста сосны в старовозрастных древостоях сложного бора // ИВУЗ Лесной журнал, 2018. № 4. С. 31–39. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.31
- [18] Мерзленко М.Д. Лесоводственное значение дифференциации в искусственных насаждениях хвойных пород // Лесное хозяйство, 1986. № 6. С. 59–61.
- [19] Шмальгаузен И.И. Интеграция биологических систем и их саморегулирование // Бюл. МОИП. Отдел биологический, 1961. Т. 66. № 2. С. 104–133.
- [20] Четвериков С.С. Волны жизни (из лепидоптерологических наблюдений за лето 1903 года) // Природа, 1980. № 11. С. 95–99.
- [21] Завадский К.М. Вид и видообразование. Л.: Наука, 1968. 396 с.

Сведения об авторе

Мерзленко Михаил Дмитриевич — д-р с.-х. наук, профессор, гл. науч. сотр. ФГБУН Институт лесоведения РАН, md.merzlenko@mail.ru

Поступила в редакцию 07.12.2020.

Принята к публикации 30.12.2020.

CONIFEROUS FOREST CROPS WAVE GROWTH THEORY GROUNDING

M.D. Merzlenko

Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences, 21, Sovetskaya st., 140030, Uspenskoe, Moscow Region, Russia

md.merzlenko@mail.ru

The results of long-term observations on the dynamics of mortality and the dynamics of the current growth in artificial plantations of conifers are presented. In pine forest plantations, the mortality rate was analyzed depending on the planting density and on the method of creating an artificial plantation (sowing, planting). Shown is the qualitative aspect of mortality at different age stages and phases of growth of forest cultures. A conclusion is made about the natural phenomenon of the course of wave periods in relation to the number of dying trees and the dynamics of the current growth of growing trees. The undulation of the process of natural thinning of forest cultures is confined to qualitatively new restructuring of the vital structure of the tree community. It has been established that with age, the wave-like process acquires the character of attenuation and in the phase of ripeness it smoothes out significantly, finally fading out in the phase of decay.

Keywords: forest plantation, Scots pine, *Pinus sylvestris* L., phase of development, tree loss, current increment

Suggested citation: Merzlenko M.D. *Obosnovanie teorii volnoobraznogo rosta khvoynnykh lesnykh kul'tur* [Coniferous forest crops wave growth theory grounding]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 5–9. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-5-9

References

- [1] Merzlenko M.D. *K teorii rubok ukhoda* [Towards the theory of thinning] // *Biologiya, ekologiya i fiziologiya kul'turnykh i lesnykh rasteniy* [Biology, ecology and physiology of cultivated and forest plants]. Kishinev, 1979, pp. 48–51.
- [2] Merzlenko M.D. *K voprosu o pokazatele vnutrividovoy konkurentsii odnovidovogo drevesnogo soobshchestva* [On the question of the index of intraspecific competition of a single-species tree community]. *Rol' nauki v sozdanii lesov budushchego: Tezisy dokladov na Vsesoyuznoy konferentsii molodykh uchenykh* [The role of science in the creation of forests of the future: Abstracts of reports at the All-Union conference of young scientists], Pushkino, May 05–07, 1981. Leningrad: LenNIILKh, 1981, pp. 95–96.
- [3] Pisarenko A.I., Merzlenko M.D. *Sozdanie iskusstvennykh lesov* [Creation of artificial forests]. Moscow: Agropromizdat, 1990, 270 p.
- [4] Kobranov N.T. *Obsledovanie i issledovanie lesnykh kul'tur* [Survey and research of forest plantation]. *Trudy po lesnomu opytному delu* [Proceedings on forest experimental business], v. VIII, 1930, pp. 1–102.
- [5] Kurnaev S.F. *Lesorastitel'noe rayonirovanie SSSR* [Fostering regional division of the USSR]. Moscow: Nauka, 1973, 204 p.
- [6] Galitskiy V.V. *O modelirovanii produktsionnogo protsessa v rastitel'nom soobshchestve* [On the modeling of the production process in the plant community]. *Modelirovanie biotsenoticheskikh protsessov* [Modeling of biocenotic processes]. Ed. V.V. Galitskiy. Moscow: Nauka, 1981, pp. 104–118.
- [7] Tkachenko M.E. *Obshchee lesovodstvo* [Total forestry]. Moscow: Goslesbumizdat, 1955, 600 p.
- [8] Kolesnichenko M.V. *Biokhimicheskie vzaimovliyaniya drevesnykh rasteniy* [Biochemical interactions of woody plants]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest Industry], 1976, 184 p.
- [9] Rodin A.R., Merzlenko M.D. *Rost kul'tur sosny i eli na suglinistykh pochvakh* [Growth of pine and spruce crops on loamy soils]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1974, no. 12, pp. 31–34.
- [10] *Biologiya sosny zvyčajnej* [Biology of Scots pine]. Poznań-Kórnik: Wydawnictwo Sorus, 1993, 624 p.
- [11] Markov A.V. *Populyatsionnaya biologiya rasteniy* [Population biology of plants]. Kazan': Publishing house of Kazan University, 1986, 109 p.
- [12] *OST 56-69-83. Probnye ploshchadi lesoustroitel'nye. Metody zakladki* [Industrial Standard 56-69-83. Sampling Areas of Forest Inventory. The Plantation Establishment Principles]. Moscow: Publishing house of standards, 1983, 59 p.
- [13] *Itogi eksperimental'nykh rabot v Lesnoy opytной dache TSKhA za 1862–1962 gody* [Results of experimental studies at forest experimental station of Temiryazev Agricultural Academy, 1862–1962]. Moscow: TSKHA, 562 p.
- [14] Timofeev V.P. *Priroda i nasazhdeniya Lesnoy opytной dachi Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii za 100 let* [The nature and plantations of forest experimental cottages Timiryazev agricultural Academy for 100 years]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest Industry], 1965, 168 p.
- [15] Merzlenko M.D., Mel'nik P.G. *Nikol'skaya lesnaya dacha Shchelkovskogo uchebno-opytного leskhoza MGUL* [Nikolskaya forest estate of the Shchelkovo training and experimental forestry enterprise MGUL]. *Primery otchestvennogo opyta ustoychivogo lesoupravleniya i lesopol'zovaniya: sbornik statey* [Examples of domestic experience in sustainable forest management and forest use: a collection of articles]. Ed. N. Shmatkov. Moscow: WWF Russia, 2013, pp. 151–176.
- [16] Merzlenko M.D., Mel'nik P.G. *Opyt lesovodstvennogo monitoringa v Nikol'skoy lesnoy dache* [Experience of silvicultural monitoring in Nikolskaya forest estate]. Moscow: MSFU, 2015, 112 p.
- [17] Merzlenko M.D., Glazunov Yu.B., L'vov Yu.G., Perevalova E.A. *Dinamika rosta sosny v starovozrastnykh drevostoyakh slozhnogo bora* [Dynamics of pine growth in old-growth stands of complex pine forest]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2018, no. 4 (364), pp. 31–39.
- [18] Merzlenko M.D. *Lesovodstvennoe znachenie differentsiatsii v iskusstvennykh nasazhdeniy khvoynnykh porod* [Silvicultural value of differentiation in artificial plantations of conifers]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1986, no. 6, pp. 59–61.
- [19] Shmal'gauzen I.I. *Integratsiya biologicheskikh sistem i ikh samoregulirovanie* [Integration of the Biological Systems and Their Self-Regulation]. *Byulleten Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskii* [Byull. MOIP. Biological Department], 1961, v. 66, no. 2, pp. 104–134.
- [20] Chetverikov S.S. *Volny zhizni (iz lepidopterologicheskikh nablyudenyi za leto 1903 goda)* [Waves of life (from lepidopterological observations of summer of 1903)]. *Priroda*, 1980, no. 11, pp. 95–99.
- [21] Zavadskiy K.M. *Vid i vidoobrazovanie* [Species and speciation]. Leningrad: Nauka, 1968, 404 p.

Author's information

Merzlenko Mikhail Dmitriyevich — Dr. Sci. (Agricultural), Professor, Chief Scientist, Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences, md.merzlenko@mail.ru

Received 07.12.2020.

Accepted for publication 30.12.2020.

ОЦЕНКА ВОЗОБНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОД ПОЛОГОМ ПРИСПЕВАЮЩИХ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.В. Зарубина, А.А. Карбасников, Д.А. Пешин

ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина», 160555, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, д. 2

liliya270975@yandex.ru

Проведена оценка лесовозобновительных процессов на территории Тотемского района Вологодской обл. на шести участках приспевающих хвойных насаждений разного породного состава и различных лесорастительных условий. Закладка пробных площадей проведена согласно требованиям ОСТ 56-69–83. Подрост учтен по высоте и жизненному состоянию. Обработаны полевые материалы в соответствии с общепринятыми в лесоводстве методами. По результатам исследования сделан вывод о том, что условия для роста и развития подраста ели в приспевающих сосновых насаждениях изучаемого района независимо от типа лесорастительных условий являются неблагоприятными. Установлено, что сосновый подрост в них вообще отсутствует, а под пологом еловых древостоев имеется достаточное количество елового подраста, способного при качественном проведении лесосечных работ в будущем сформировать устойчивое елово-лиственное и еловое насаждения. Предложено проводить чересполосно-постепенную рубку интенсивностью 30 % по запасу с одновременным выполнением мер содействия естественному возобновлению в виде минерализации почвы для сохранения коренного типа леса и сокращения затрат на выполнение лесовосстановительных работ в сосновых древостоях. Рубки необходимо приурочивать к семенному году для обеспечения возможности последующего возобновления хвойных пород.

Ключевые слова: лесовозобновительный процесс, тип лесорастительных условий, разновозрастные насаждения, хвойные насаждения, естественное возобновление, жизненное состояние, прирост, ассимиляционный аппарат

Ссылка для цитирования: Зарубина Л.В., Карбасников А.А., Пешин Д.А. Оценка возобновительных процессов под пологом приспевающих хвойных древостоев в Вологодской области // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 10–18. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-10-18

Главной задачей лесного хозяйства является достижение устойчивого лесопользования, инновационного и эффективного развития, использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов для обеспечения опережающего роста лесного сектора экономики, социальной и экологической безопасности страны, безусловного выполнения международных обязательств Российской Федерации в части лесов. Одним из основных путей достижения поставленной цели является повышение продуктивности и улучшение породного состава лесов на землях различного целевого назначения и максимальное сохранение подраста при рубках [1, 2]. Тем не менее, ведущее место в эффективном использовании лесосырьевой базы должно сохраняться за ее сырьевым значением. Приоритетным направлением должно оставаться получение промышленных объемов древесины для удовлетворения в ней потребностей страны [3]. Правильный выбор и качественное выполнение лесохозяйственных мероприятий позволит свести к минимуму экологический ущерб, наносимый лесной среде при проведении рубок, обеспечит эффективное своевременное лесовосстановление и лесовыращивание [4, 5]. Коренные лесные экосистемы северных территорий Европейской России представлены в основном

еловыми и сосновыми формациями. Леса этих формаций могут произрастать в различных лесорастительных условиях. Типологический ряд произрастания сосняков весьма обширен — от сфагновых, сфагново-багульниковых типов верховых болот до бедных песчаных, супесчаных, легкосуглинистых почв борových брусничников, бруснично-черничных местоположений. Леса еловых формаций предпочитают почвы более богатого суглинистого ряда, моренные отложения, часто с избыточным увлажнением, мшистые, черничные, чернично-брусничные типы леса. Многие авторы отмечали, что разнообразие условий произрастания создают не одинаковые предпосылки для роста и развития естественного возобновления [6–9].

Цель работы

Цель работы — изучение лесовозобновительных процессов под пологом приспевающих хвойных насаждений в Тотемском районе Вологодской обл., получение данных и анализ результатов исследования состояния, роста и развития елового подраста, произрастающего в хвойных насаждениях разных условий местопроизрастания в целях разработки рекомендаций по сохранению коренного типа леса после проведения рубки в спелых древостоях.

Материалы и методы исследований

Лесовозобновительные процессы, происходящие под пологом преспевающих хвойных древостоев, оценивались в Тотемском районе Вологодской обл. По лесорастительному районированию территория района относится к таежной зоне, южно-таежному району европейской части Российской Федерации [10]. Объектами исследования служили три участка с преобладанием сосны и три участка с преобладанием ели одной группы возраста, но с разными лесорастительными условиями (табл. 1). Исследования проводились в двукратной повторности.

Учет подроста проводился с использованием методических положений согласно ОСТ 56-69–83 [11, 12] по 30 круговым площадкам, которые располагались равномерно по территории пробной площади. Описание и учет подроста на опытных участках проводились с указанием его породы, количества, категории крупности (крупный, средний, мелкий) и категории жизнеспособности

(здоровый, сомнительный, сухой). Изучена структура кроны подроста средней категории крупности. Живой напочвенный покров оценивали с указанием видового состава и проективного покрытия. Обработка полевых материалов проводилась с использованием общепринятых в таксации и лесоводстве методов.

Результаты и обсуждение

Опытные насаждения в районе исследований занимают равнинные участки со слабовыраженным микрорельефом и наличием под их пологом значительного количества елового подроста. В еловых древостоях подлесок представлен преимущественно рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.). В сосновых древостоях в видовом отношении подлесок более разнообразен и представлен рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), крушиной ломкой (*Frangula alnus* L.), можжевельником обыкновенным (*Juniperus communis* L.).

Среди видового состава живого напочвенного покрова наиболее представленными видами

Т а б л и ц а 1

Таксационная характеристика пробных площадей

Taxation characteristics of trial plots

Порода	Ярус	Состав	Возраст А, лет	Класс бонитета	Средние		Тип леса	Относительная полнота	Запас древесины, м ³
					Диаметр, см	Высота, м			
ПП 1, сосняк брусничный									
Сосна	1	10СедЕ	82	III	23,7	19,6	С _{бр}	0,77	267
Ель	1				10,7	10,8		0,03	4
Всего								0,80	271
ПП 2, сосняк кисличный									
Сосна	1	10СедЕ	84	III	23,9	22,8	С _{кис}	0,71	302
Ель	1				11,4	11,7		0,02	3
Всего								0,63	305
ПП 3, сосняк черничный									
Сосна	1	10СедЕ	89	III	22,5	21,6	С _{чер}	0,71	284
Ель	1				10,8	11,2		0,03	4
Всего								0,82	288
ПП 4, ельник черничный									
Сосна	1	8Е1С1Б	87	III	22,6	20,5	Е _{чер}	0,51	195
Ель	1				23,9	22,0		0,06	24
Береза	1				22,7	19,5		0,06	17
Всего								0,63	236
ПП 5, ельник кисличный									
Ель	1	7ЕЗБ	92	III	24,3	22,5	Е _{кис}	0,47	196
Береза	1				28,4	24,5		0,22	83
Всего								0,69	279
ПП 6, ельник травяно-болотный									
Ель	1	5Е1С4Б	95	V	21,6	18,0	Е _{т.б}	0,31	91
Сосна	1				23,7	21,5		0,06	22
Береза	1				24,3	20,0		0,20	58
Всего								0,57	141

Т а б л и ц а 2

Морфометрические показатели почв на объектах исследования

Morphometric parameters of soils on the trial areas

Номер пробной площади	Тип леса	Мощность почвенных горизонтов, см							
		A ₀	A ₀ A ₁	A ₁	A ₂	A ₂ B	B ₁	BC	C
ПП1	C _{бр}	0...3	4...9	10...14	15...21	22...37	–	38...67	68>
ПП2	C _{кис}	0...4	5...8	9...16	17...20	21...33	–	34...61	62>
ПП3	C _{чер}	0...3	4...6	7...12	13...18	19...36	–	37...65	66>
ПП4	E _{чер}	0...3	–	–	3...14	–	14...30	30...50	50>
ПП5	E _{кис}	0...5	–	–	5...16	–	16...33	33...53	53>
ПП6	E _{т.б}	0...10	–	–	10...15	–	15...20	20...35	35>

являются кустарничковые и травянистые растения — индикаторы лесорастительных условий: черника обыкновенная (*Vaccinium vitillus* L.), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), кислица (*Oxalis acetosella* L), щучка дернистая (*Deshampsia cespitosa* (L.) P.Beauv), различные виды сфагнового мха (*Sphagnum* L.). Для оценки лесорастительных условий в каждом типе леса были заложены почвенные разрезы (табл. 2).

В ельниках кисличном и черничном почва слабоподзолистая, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом мелкопесчаным моренным суглинком. В ельнике травяно-болотном почва характеризуется как торфяно-подзолистая, глееватая на тяжелом моренном суглинке. В сосновых насаждениях зеленомошной группы типов условий местопроизрастания почва характеризуется как среднеподзолистая, песчаная иллювиально-железистая на оглеенных флювиогляциальных песках.

Основным объектом исследования послужило возобновление ели. Как известно, естественное возобновление ели не может протекать одинаково во всех лесорастительных условиях [13, 14]. Оценивая состояние лесовозобновительного процесса в опытных сосняках следует отметить, что на данном этапе их развития лесовозобновительный процесс в них считается неудовлетворительным. В переводе на крупный подрост густота подроста ели в них варьирует от 250 до 350 экз./га (табл. 3). Согласно работе [15] количество елового подроста предварительной генерации в зеленомошной группе типов леса считается достаточным в количестве не менее 700...1500 экз./га. Поэтому такое количество подроста ели, которое имеется в опытных сосняках, дает основание считать его возможным резервом для формирования будущего елового древостоя после удаления материнского насаждения. Сосновый подрост на опытных участках сосняков отсутствует.

В ельниках количество жизнеспособного елового подроста по сравнению с сосняками более значительное и варьирует от 1100 до 2500 экз./га (см. табл. 3). Отсюда можно сделать вывод о том,

Т а б л и ц а 3

Характеристика естественного возобновления на опытных участках

Characteristics of natural regeneration in trial plots

Номер пробной площади	Объекты исследования	Состав	Густота, шт./га	Средняя высота, м
Сосновые насаждения				
ПП1	C _{бр}	10Е	245	0,63 ± 0,05
ПП2	C _{кис}	10Е	331	0,85 ± 0,06
ПП3	C _{чер}	10Е	347	0,72 ± 0,06
Еловые насаждения				
ПП4	E _{чер}	10Е	2500	1,38 ± 0,15
ПП5	E _{кис}	10Е	2216	1,49 ± 0,11
ПП6	E _{т.б}	10Е	1116	1,18 ± 0,12

что под пологом еловых древостоев в Тотемском районе Вологодской обл. имеется достаточное количество хвойного подроста, способного в будущем при качественном выполнении лесосечных работ сформировать елово-лиственное или еловое насаждение. Подрост березы здесь присутствует в единичных экземплярах и существенного значения в лесовозобновительном процессе не имеет.

Качество, густота, жизнеспособность, распределение по площади являются надежными критериями оценки естественного возобновления леса на парцеллярном уровне, что позволяет прогнозировать состав и продуктивность будущих древостоев [16–18]. На опытных участках сосняков подрост по площади размещен равномерно, в ельниках — куртинами, приуроченными к прогалинам и окнам основного полога, где световые условия для его роста наиболее оптимальные. На объектах исследования преобладает подрост средней категории крупности и сомнительной категории жизненного состояния (рис. 1).

Оценивая жизненное состояние елового подроста в ельниках черничном, кисличном и травяно-болотном и тип условий местопроизрастания, следует отметить, что в целом они вполне

успешные. Однако с ухудшением качества условий местопроизрастания, т. е. с переходом от зеленомошной группы к травяно-болотной, условия для роста и развития подпологовой ели существенно ухудшаются. Важным фактором здесь может служить избыток влаги в почве и ухудшение работы корней. С переходом от сосняков черничного и кисличного к сосняку брусничному, с ухудшением лесорастительных условий снижается общее количество подроста ели и его средняя высота. Считаем, что после проведения лесосечных работ в целях сохранения коренного типа леса на изучаемых участках сосняков, необходимо проведение искусственного возобновления сосны в виде создания лесных культур.

Для более детальной оценки влияния лесорастительных условий на жизненное состояние естественного возобновления были изучены морфологические показатели кроны у подроста на объектах исследования (табл. 4).

По соотношению протяженности живой кроны и ее диаметра можно отметить, что на всех участках он меньше единицы, т. е. крона подроста более развита в горизонтальной плоскости. Крона представляет собой зонтикообразный купол с близким расположением мутовок. Такое состояние отражается прежде всего на интенсивности фотосинтеза, поскольку нижние ветви перекрываются верхними и изолируются от света [19].

Обусловленность жизненного состояния от состояния светового режима у елового подроста проявилась также в скорости роста в высоту и величине биометрических характеристик. Известно, что прирост в высоту, являясь одним из наиболее легко визуально определяемых признаков, для лесоводов служит хорошим интегральным показателем для объективной оценки жизненного состояния подроста [20–22]. Согласно данным нашего учета, под пологом сосновых и еловых древостоев Тотемского района наиболее представительной категорией по жизненному состоянию у елового подроста является сомнительная категория. Для оценки качества лесорастительных условий и их влияния на рост ели нами на всех опытных участках был проведен сравнительный анализ прироста подроста ели в высоту за последние 10 лет (рис. 2, 3).

По данным рис. 2 видно, что в период с 2010 по 2016 гг. прирост у подроста ели на всех опытных объектах существенных изменений не претерпел, а в период с 2016 по 2018 гг. отмечено лишь незначительное ускорение скорости его прироста в высоту. Статистическая обработка данных показала, что достоверность разницы по данному показателю у подроста на всех опытных объектах с вероятностью безошибочного заключения 95 % в обоих случаях не доказана.

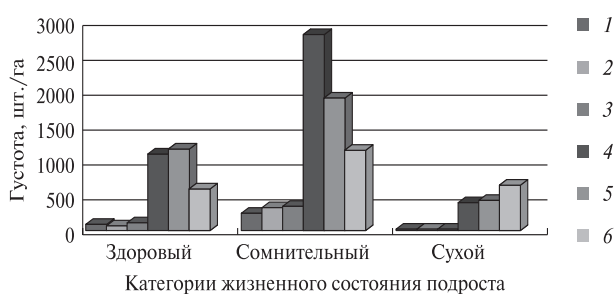


Рис. 1. Характеристика подроста по категориям жизненного состояния: 1 — сосняк брусничный; 2 — сосняк кисличный; 3 — сосняк черничный; 4 — ельник черничный; 5 — ельник кисличный; 6 — ельник травяно-болотный

Fig. 1. Characteristics of undergrowth by categories of life status: 1 — lingonberry pine forest; 2 — sorrel pine forest; 3 — blueberry pine forest; 4 — blueberry fir forest; 5 — sorrel fir forest; 6 — grass-marsh fir forest

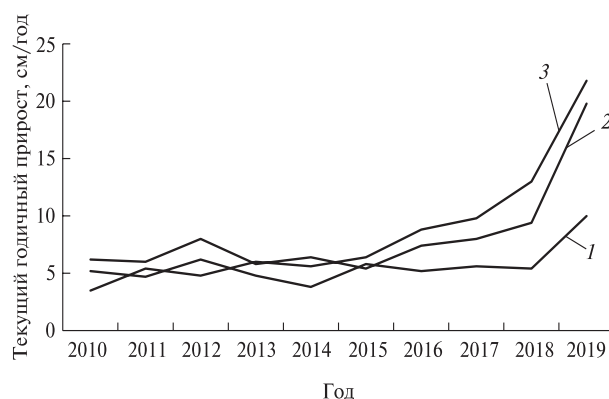


Рис. 2. Текущий годичный прирост главного побега подроста ели средней категории крупности в сосновых насаждениях: 1 — сосняк брусничный; 2 — сосняк кисличный; 3 — сосняк черничный

Fig. 2. Current annual growth of the main shoot of medium size fir undergrowth in pine plantations: 1 — lingonberry pine forest; 2 — sorrel pine forest; 3 — blueberry pine forest

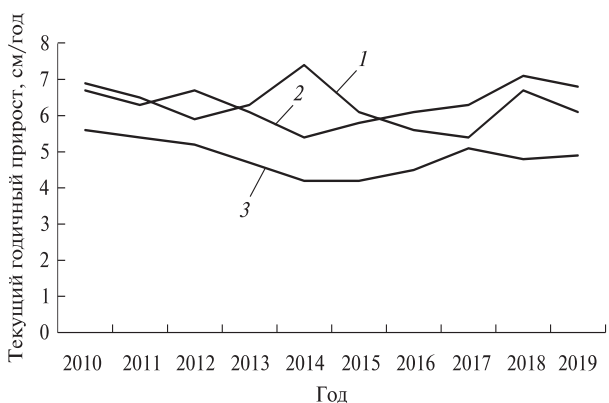


Рис. 3. Текущий годичный прирост главного побега подроста ели средней категории крупности в еловых насаждениях: 1 — ельник черничный; 2 — ельник кисличный; 3 — ельник травяно-болотный

Fig. 3. Current annual growth of the main shoot of fir undergrowth of medium size in fir stands: 1 — blueberry fir forest; 2 — sorrel fir forest; 3 — grass-marsh fir forest

Т а б л и ц а 4

**Морфометрические показатели структуры кроны елового подроста
средней категории крупности на объектах исследования**

Morphometric indicators of the medium size crown spruce undergrowth in trial plots

Показатель	Сосновые насаждения					Еловые насаждения				
	С _{бр}	С _{кис}	t _{st 0,95}	С _{чер}	t _{st 0,95}	Е _{чер}	Е _{кис}	t _{st 0,95}	Е _{т.б}	t _{st 0,95}
Высота модели, см	82,6 ± 9,2	102,0 ± 8,3	2,2	93,0 ± 7,3	1,3	131,6 ± 6,9	135,5 ± 5,7	0,4	122,2 ± 7,2	1,1
Диаметр кроны, см С–Ю З–В	93,2 ± 6,3 101,0 ± 9,2	82,4 ± 7,3 96,8 ± 8,8	–	98,2 ± 7,1 89,0 ± 9,9	–	107,6 ± 1,11 93,0 ± 1,06	91,0 ± 8,1 92,3 ± 3,8	–	83,3 ± 5,2 86,3 ± 8,6	–
Протяженность живой кроны, см	62,2 ± 6,6	88,6 ± 4,8	3,1	77,0 ± 3,7	2,1	69,6 ± 1,18	81,6 ± 2,2	4,8	57,6 ± 3,1	3,6
Процент живой кроны, %	75,6 ± 8,0	86,9 ± 6,6	1,1	82,8 ± 3,6	0,8	52,7 ± 2,2	60,1 ± 2,1	2,6	47,2 ± 3,0	1,4
Протяженность зоны с сухими сучьями, см	12,4 ± 0,7	8,4 ± 0,9	3,7	3,4 ± 0,4	10,5	40,6 ± 1,44	52,3 ± 1,5	5,7	43,3 ± 1,1	2,1
Протяженность бессучковой зоны, см	8,0 ± 0,8	5,0 ± 0,5	4,2	2,6 ± 0,3	6,5	39,0 ± 1,52	31,6 ± 1,6	3,5	21,3 ± 1,3	6,2
Соотношение про- тяженности живой кроны и диаметра	0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,4	0,9 ± 0,1	1,4	0,7 ± 0,09	0,7 ± 0,1	–	0,7 ± 0,2	–

Примечание. $M \pm m$ (82,6 ± 9,2) — среднее значение показателя с погрешностью; число степеней свободы — 18; $t_{st 95\%} = 2,1$.

Т а б л и ц а 5

**Показатели хвои на однолетнем побеге у средней модели
елового подроста (высота 0,6...1,5 м)**

Indicators of needles on a one-year shoot in an average model of spruce undergrowth (height 0,6 ... 1,5 m)

Показатель	Место взятия образца в кроне	С _{бр}	С _{кис}	t _{st 0,95}	С _{чер}	t _{st 0,95}	Е _{чер}	Е _{кис}	t _{st 0,95}	Е _{т.б}	t _{st 0,95}
		Длина 10 хвоинок, см	верх	8,5 ± 0,9	9,8 ± 1,1	0,9	9,5 ± 1,1	0,7	10,6 ± 0,9	10,1 ± 0,9	0,4
середина	9,1 ± 1,1		9,7 ± 1,1	0,4	9,6 ± 1,1	0,3	9,6 ± 0,9	9,5 ± 1,1	0,1	9,1 ± 0,8	0,3
низ	8,7 ± 1,0		9,9 ± 1,1	0,8	9,7 ± 1,1	0,7	9,6 ± 0,8	9,1 ± 1,1	0,4	8,7 ± 0,8	0,3
Количество хвои на 1 см побега, шт.	верх	8,2 ± 0,7	12,8 ± 1,2	2,3	11,9 ± 1,1	1,9	10,3 ± 1,2	12,0 ± 1,1	1,8	11,3 ± 0,8	1,9
	середина	7,9 ± 0,7	11,4 ± 1,0	1,9	11,5 ± 1,0	1,9	10,6 ± 0,9	11,6 ± 1,1	1,1	12,0 ± 0,9	1,0
	низ	6,1 ± 0,4	9,1 ± 0,7	1,0	8,6 ± 0,8	1,0	7,3 ± 0,8	9,6 ± 0,8	2,0	8,3 ± 1,03	1,0

Примечание. $M \pm m$ (8,5 ± 0,9) — среднее значение фактора с погрешностью; число степеней свободы — 18; $t_{st 95\%} = 2,1$

Согласно данным рис. 3, показатели текущего годовичного прироста в высоту у подроста ели, произрастающего под пологом ельника травяно-болотного, значительно ниже аналогичных показателей у подроста, произрастающего в зеленомошной группе типов леса — в ельниках черничном и кисличном. В то же время статистическая обработка данных показала, что различия в скорости текущего прироста в высоту у елового подроста между ельником травяно-болотным и ельниками черничным и кисличным не доказаны.

Известно, что морфологическая характеристика побегов в определенной мере может служить надежным критерием оценки жизненного состояния древесного растения. Одним из таких показателей является длина хвои и количество хвои на 1 см однолетнего побега (табл. 5). Условия светового режима, оказывая влияние на различные стороны обмена в растении, соответствующим образом влияют и на развитие его ассимиляционного аппарата [19].

Из табл. 5 видно, что наибольшая длина 10 хвоинок (10,6 см) у подроста наблюдается в

ельнике черничном, а наибольшее количество хвойн на 1 см побега (12,0 шт.) — у подростка в ельнике кисличном. Однако статистическая проверка данных с помощью критерия Стьюдента в целом не подтвердила достоверной разницы средних значений у подростка ели между разными группами древостоев (в сосняках и ельниках) и типами лесорастительных условий ($t_{\phi} = 0,3 \dots 2,0$).

Выводы

Проведенные нами исследования показали, что условия для роста и развития подростка сосны и ели в припевающихся сосновых насаждениях разных типов лесорастительных условий Вологодской обл., являются неблагоприятными. Установлено, что это связано с недостаточным количеством солнечной радиации под пологом древостоев, ее задержкой развивающимся верхним пологом, который поглощает значительную часть фотосинтетически активной солнечной радиации, необходимой подросту для нормального развития. Еще одним важным негативным фактором плохого роста ели в древостоях является наличие острой конкуренции между подростом и развивающимся материнским древостоем за элементы минерального питания и почвенную влагу. Сосновый подрост в сосновых и еловых древостоях здесь вообще отсутствует. Тем не менее различия в типах лесорастительных условий, имеющаяся густота подростка ели, несмотря на его незначительное количество, в изучаемых сосновых насаждениях примерно одинаковые. Восстановление и формирование леса наиболее быстро происходит при сохранении подростка, способного образовать новый древостой [16]. Под пологом еловых насаждений состояние естественного возобновления хвойных пород характеризуется как удовлетворительное и при качественном проведении лесосечных работ в будущем естественное возобновление хвойных пород способно обеспечить восстановление коренного древостоя. Согласно лесоводственным требованиям, заготовка древесины с максимальным сохранением молодого хвойного поколения является обязательным условием и наиболее распространенным способом содействия естественному возобновлению на Северо-Западе России [15]. Максимальное сохранение подростка при рубках обеспечивает постепенное возобновление главной породы, позволяет предотвращать нежелательную смену пород на месте рубок, сокращать сроки выращивания товарной древесины. При использовании этого способа значительно снижаются финансовые и трудовые затраты на проведение лесовосстановительных мероприятий на вырубках [21]. На Европейском Севере России естественное зарастание вырубок в качестве создания есте-

ственных биогеоценозов происходит весьма успешно почти повсеместно. Однако часто наблюдается интенсивная смена хвойных пород на лиственные породы, сосны на ель. Это приводит к сокращению площадей хвойных пород, особенно сосновых лесов. В качестве рекомендации для сохранения коренного типа леса и сокращения затрат на выполнение лесовосстановительных работ в сосновых древостоях предлагаем проводить чересполосно-постепенную рубку интенсивностью 30 % по запасу с сохранением елового подростка и одновременным выполнением в процессе лесосечных работ мер содействия естественному возобновлению в виде создания минерализации почвы. Проведение главной рубки необходимо приурочивать к семенному году сосны и ели [23]. Это в значительной мере позволит обеспечить последующее естественное возобновление хвойных пород. Кроме того, важно обращать внимание на лесоводственно-экологические требования к технике, используемой на лесосечных работах для максимального сохранения подростка на участках [24].

Список литературы

- [1] Грибов С.Е., Л.В. Зарубина, Прохорова Т.С., Бобров Ю.А. Сравнительная характеристика санитарного состояния лесных культур и ели в условиях Вологодской области // *Естественные и технические науки*, 2019. № 3 (129). С. 80–85.
- [2] Зарубина Л.В. Состояние естественного возобновления ели в мелколиственных лесах на севере России // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2016. № 3 (351). С. 52–65.
- [3] Луганский Н.А., Залесов С.В., Шавровский В.А. Лесоведение. Екатеринбург: Изд-во УГЛТА, 1996. 373 с.
- [4] Мелехов И.С. Лесоводство. М.: МГУЛ, 2002. 320 с.
- [5] Ломов В.Д., Шабанин Д.С. Возобновление Ельников в Кашинском лесничестве Тверской области // *Леса Евразии — Леса Поволжья. Материалы XVII Междунар. конф. молодых ученых, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Ф. Морозова, 95-летию Казанского государственного аграрного университета и Году экологии в России, Казань, 22–28 октября 2017 г.* М.: ИПЦ «Маска», 2017. С. 77–79.
- [6] Чертовской В.Г. Еловые леса европейской части СССР. М.: Лесная пром-сть, 1978. 176 с.
- [7] Бутьковец В.В. Естественное возобновление ели европейской в условиях Бегомльского, Климовичского и Волковысского лесхозов Беларуси // *Леса Евразии — Леса Поволжья. Материалы XVII Междунар. конф. молодых ученых, посвященной 150-летию со дня рождения проф. Г.Ф. Морозова, 95-летию Казанского государственного аграрного университета и Году экологии в России, Казань, 22–28 октября 2017 г.* М.: ИПЦ «Маска», 2017. С. 48–50.
- [8] Успенский Е.И., Денисов С.А., Калинин К.К., Лоскутов С.П. Естественное возобновление под пологом леса в Среднем Поволжье // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2002. № 4. С. 47–54.
- [9] Матвеева А.С., Данилов Д.А., Беляева Н.В. Возрастная структура подростка ели разных фенологических форм в зависимости от состава и строения древостоя // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2018. № 1 (361). С. 47–60.

- [10] Приказ об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации, от 18 августа 2014 г. № 367. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420224339> (дата обращения 10.10. 2020 г.).
- [11] ОСТ 56-69–83 Пробные площади лесоустойчивые. Методы закладки. М.: Гослесхоз, 60 с.
- [12] Грязькин А.В. Способ учета подроста / Патент № 2084129, РФ, МКИ С 6 А 01 G 23/00. №94022328/13; Заяв. 10.06.94; Опуб. 20.07.97, Бюл. № 20.
- [13] Исаков А.Т. Бузыкин А.И. Метод оценки естественного возобновления еловых лесов Прииссыкуля // Хвойные бореальной зоны, 2012. № 3–4. С. 214–219.
- [14] Коротков С.А., Сайгин И.В. Особенности строения и естественного возобновления ельника с липой в условиях южной тайги (на примере лесов Кологривского района Костромской области) // Леса Евразии — Северный Кавказ: Материалы VIII Междунар. конф. молодых ученых, посвященных 270-летию со дня рождения лесовода А.Т. Болотова, Сочи, 06–12 октября 2008 г. М.: МГУЛ, 2008. С. 57–59.
- [15] Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений. URL: <http://docs.cntd.ru/document/554151577> (дата обращения 10.10. 2020 г.).
- [16] Дудкина Е.П. Использование парцеллярной структуры вырубки для оценки состояния подроста // Леса Евразии — Большой Алтай: Материалы XV Междунар. конф. молодых ученых, посвященной 150-летию со дня рождения проф. Г.Н. Высоцкого, Барнаул, 13–20 сентября 2015 года. М.: МГУЛ, 2015. С. 49–53.
- [17] Коротков С.А., Киселева В.В., Стоноженко Л.В., Истомин Н.А., Юдакова А.С. Структура, устойчивость и тенденции естественного возобновления ельников в национальном парке «Лосиный остров» // Леса Евразии — Брянский лес: Материалы XI Междунар. конф. молодых ученых, посвященных 80-летию Брянской инженерно-технологической академии и проф. В.П. Тимофееву, Москва, 12–18 сентября 2011 г. М.: МГУЛ, 2011. С. 61–63.
- [18] Мамонтов Н.И. Роль предварительного и последующего возобновления на концентрированных рубках в борах-брусничниках Северного Зауралья // ИВУЗ Лесной журнал, 1961. № 2. С. 24–28.
- [19] Зарубина Л.В., Коновалов Л.В. Эколого-физиологические особенности ели в березняках черничных. Архангельск: Изд-во САФУ, 2014. 378 с.
- [20] Злобин Ю.А. Оценка качества подроста древесных растений // Лесоведение, 1970. № 3. С. 96–102.
- [21] Тюрин Е.Г. Обеспеченность подростом северных лесов // Лесное хозяйство, 1981. № 4. С. 201.
- [22] Кулагин А.А., Желдак В.И., Камышова Л. В. Естественное возобновление сосны обыкновенной на участках интенсивного лесопользования в Бузулукском бору // Леса Евразии — Северный Кавказ: Материалы VIII Междунар. конф. молодых ученых, посвященных 270-летию со дня рождения лесовода А.Т. Болотова, Сочи, 06–12 октября 2008 г. М.: МГУЛ, 2008. С. 57–59.
- [23] Зарубина Л. В. Пешин Д.А Оценка естественного возобновления под пологом спелых сосновых насаждений в Устюженском районе Вологодской области // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: Материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 21 мая — 22 сентября 2019 г. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2019. С. 222–225.
- [24] Азаренок В.А. Алгоритм выбора технологии и системы машин для выполнения рубок // Аграрный вестник Урала, 2012. № 1 (93). С. 35–36.

Сведения об авторах

Зарубина Лилия Валерьевна — д-р с.-х. наук, профессор кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», liliya270975@yandex.ru

Карбасников Александр Алексеевич — канд. с.-х. наук, доцент кафедры лесного хозяйства ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», Alexkarbon@yandex.ru

Пешин Дмитрий Алексеевич — магистрант 2 курса кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», d_peshin94@mail.ru

Поступила в редакцию 17.11.2020.

Принята к публикации 25.01.2021.

RENEWABLE PROCESSES UNDER MATURING CONIFEROUS STANDS CROWN IN VOLOGDA REGION

L.V. Zarubina, A.A. Karbasnikov, D.A. Peshin

Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, 2, Shmidt st., 160555, Vologda, Molochnoe village, Russia

liliya270975@yandex.ru

Evaluation of renewable processes was carried out on the territory of Totma area in Vologda region. The objects of study were six sites of flourishing coniferous stockings in different forest condition. The laying of test plots was carried out taking into account the requirements of OST 56-69-83. Undergrowth accounting was carried out taking into account the height and state of life. The processing of field materials was carried out by methods generally accepted in forestry. According to the results, we can make a conclusion that provision for growth and development of spruce staddle in flourishing pine stockings in different forest conditions are unpleasant. The pine staddle is absent at all. There is enough amount of coniferous staddle under spruce canopy for formation spruce-deciduous or spruce planting after logging works. As recommendation for saving aboriginal forest and reducing expenses on the reforestation works in pine forest crop after logging works, we offer to hold alternating gradual fell with intensity of 30 % and implementation of measures in assistance for natural renewal as soil mineralization in processes of main executed logging works. We think that implementing fell is necessary to time to seed year.

Keywords: renewable processes, forest condition, same age stocking, coniferous stocking, natural renewal, increment, assimilative apparatus

Suggested citation: Zarubina L.V., Karbasnikov A.A., Peshin D.A. *Otsenka vozobnovitel'nykh protsessov pod pologom prispevayushchikh khvoynykh drevostoev v Vologodskoy oblasti* [Renewable processes under maturing coniferous stands crown in Vologda region]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 10-18. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-10-18

References

- [1] Gribov S.E., L.V. Zarubina, Prokhorova T.S., Bobrov Yu.A. *Sravnitel'naya kharakteristika sanitarnogo sostoyaniya lesnykh kul'tur i eli v usloviyakh Vologodskoy oblasti* [Comparative characteristics of the sanitary state of forest crops and spruce in the conditions of the Vologda region]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and technical sciences], 2019, no. 3 (129), pp. 80-85.
- [2] Zarubina L.V. *Sostoyanie estestvennogo vozobnovleniya eli v melkolistvennykh lesakh na severe Rossii* [The state of natural regeneration of spruce in small-leaved forests in the north of Russia]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2016, no. 3 (351), pp. 52-65.
- [3] Luganskiy N.A., Zalesov S.V., Shchavrovskiy V.A. *Lesovedenie* [Forestry]. Yekaterinburg: UGLTA, 1996, 373 p.
- [4] Melekhov I.S. *Lesovodstvo* [Forestry]. Moscow: MSFU, 2002, 320 p.
- [5] Lomov V.D., Shabanin D.S. *Vozobnovlenie El'nikov v Kashinskom lesnichestve Tverskoy oblasti* [Renewal of Elnikov in the Kashinsky forestry of the Tver region]. *Lesa Evrazii — lesa Povolzh'ya: Materialy XVII Mezhdunar. konf. molodykh uchenykh, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya professora G.F. Morozova, 95-letiyu Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta i Godu ekologii v Rossii* [Eurasia Forests — Volga Forests: Materials of the XVII International Conference of Young Scientists dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G.F. Morozova, the 95th anniversary of Kazan State Agrarian University and the Year of Ecology in Russia], Kazan', 22-28 October 2017. Moscow: IPC Maska, 2017, pp. 77-79.
- [6] Chertovskoy V.G. *Elovye lesa evropeyskoy chasti SSSR* [Spruce forests of the European part of the USSR]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest Industry], 1978, 176 p.
- [7] But'kovets V.V. *Estestvennoe vozobnovlenie eli evropeyskoy v usloviyakh Begoml'skogo, Klimovichskogo i Volkovysskogo leskhozov Belarusi* [Natural renewal of European spruce in the conditions of Begoml, Klimovich and Volkovyssk forestry enterprises of Belarus]. *Lesa Evrazii — lesa Povolzh'ya: Materialy XVII Mezhdunar. konf. molodykh uchenykh, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya professora G.F. Morozova, 95-letiyu Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta i Godu ekologii v Rossii* [Eurasia Forests — Volga Forests: Materials of the XVII International Conference of Young Scientists dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G.F. Morozova, the 95th anniversary of Kazan State Agrarian University and the Year of Ecology in Russia], Kazan', 22-28 October 2017. Moscow: IPC Maska, 2017, pp. 48-50.
- [8] Uspenskiy E.I., Denisov S.A., Kalinin K.K., Loskutov S.P. *Estestvennoe vozobnovlenie pod pologom lesa v Srednem Povolzh'e* [Natural renewal under the forest canopy in the Middle Volga region]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2002, no. 4, pp. 47-54.
- [9] Matveeva A.S., Danilov D.A., Belyaeva N.V. *Vozrastnaya struktura podrosta eli raznykh fenologicheskikh form v zavisimosti ot sostava i stroeniya drevostoya* [Age structure of spruce undergrowth of different phenological forms depending on the composition and structure of the stand]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2018, no. 1 (361), pp. 47-60.
- [10] *Prikaz ob utverzhenii Perechnya lesorastitel'nykh zon Rossiyskoy Federatsii i Perechnya lesnykh rayonov Rossiyskoy Federatsii, ot 18 avgusta 2014 g. № 367* [Order on approval of the List of forest areas of the Russian Federation and the List of forest areas of the Russian Federation, dated August 18, 2014 no. 367]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420224339> (accessed 10.10. 2020).
- [11] *OST 56-69-83 Probynye ploshchadi lesoustroitel'nye. Metody zakladki* [OST 56-69-83 Forest inventory test plots. Bookmarking methods]. Moscow: Gosleskhoz, 60 p.

- [12] Gryaz'kin A.V. *Sposob ucheta podrosta* [Method of accounting for undergrowth]. Patent no. 2084129, RF, MKI S 6 A 01 G 23/00. no. 94022328/13; Application 06/10/94; Publ. 07.20.97, bul. no. 20.
- [13] Isakov A.T. Buzykin A.I. *Metod otsenki estestvennogo vozobnovleniya elovykh lesov Priisskul'ya* [Method for assessing the natural renewal of spruce forests in the Issykul region]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Coniferous boreal zones], 2012, no. 3–4, pp. 214–219.
- [14] Korotkov S.A., Saygin I.V. *Osobennosti stroeniya i estestvennogo vozobnovleniya el'nika s lipoy v usloviyakh yuzhnoy taygi (na primere lesov Kologrivskogo rayona Kostromskoy oblasti)* [Features of the structure and natural regeneration of spruce forest with linden in the southern taiga (for example, the forests of the Kologrivsky district of the Kostroma region)]. *Lesa Evrazii — Severnyy Kavkaz: Mater. VIII Mezhdun. konf. molod. uchenykh, posvyashch. 270-letiyu A.T. Bolotova* [Forests of Eurasia — North Caucasus: Mater. VIII Int. conf. young. scientists dedicated. To the 270th anniversary of A.T. Bolotova]. V. 1. Sochi, Krasnodar Territory, October 6–12, 2008. Moscow: MSFU, 2008, pp. 57–59.
- [15] *Ob utverzhdenii Pravil lesovosstanovleniya, sostava proekta lesovosstanovleniya, poryadka razrabotki proekta lesovosstanovleniya i vneseniya v nego izmeneniy* [On the approval of the Rules for reforestation, the composition of the reforestation project, the procedure for the development of the reforestation project and amending it]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/554151577> (accessed 10.10.2020).
- [16] Dudkina E.P. *Ispol'zovanie partsel'nykh struktury vyrubki dlya otsenki sostoyaniya podrosta* [Using the parcel structure of felling for assessing the state of undergrowth]. *Lesa Evrazii — Bol'shoy Altay: Materialy XV Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya professora G.N. Vysotskogo* [Forests of Eurasia — Great Altai: Proceedings of the XV International conference of young scientists dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G.N. Vysotsky], Barnaul, September 13–20, 2015. Moscow: MSFU, 2015, pp. 49–53.
- [17] Korotkov S.A., Kiseleva V.V., Stonozhenko L.V., Istomin N.A., Yudakova A.S. *Struktura, ustoychivost' i tendentsii estestvennogo vozobnovleniya el'nikov v natsional'nom parke «Losinyy ostrov»* [Structure, stability and tendencies of natural regeneration of spruce forests in the national park «Losinyy Ostrov»]. *Lesa Evrazii — Bryanskiy les: Materialy XI Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennykh 80-letiyu Bryanskoy inzhenerno-tehnologicheskoy akademii i professoru V.P. Timofeevu* [Forests of Eurasia — Bryansk forest. Materials of the XI International Conference of Young Scientists dedicated to the 80th anniversary of the Bryansk Engineering and Technology Academy and Professor V.P. Timofeev]. Moscow: MSFU, 2011, pp. 61–63.
- [18] Mamontov N.I. *Rol' predvaritel'nogo i posleduyushchego vozobnovleniya na kontsentriruyemykh rubkakh v borakh-brusnichnikakh Severnogo Zaural'ya* [The role of preliminary and subsequent renewal on concentrated felling in the cowberry forests of the Northern Trans-Urals]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 1961, no. 2, pp. 24–28.
- [19] Zarubina L.V., Kononov L.V. *Ekologo-fiziologicheskie osobennosti eli v bereznyakh chernichnykh* [Ecological and physiological characteristics of spruce in blueberry birch forests]. Arkhangel'sk: NArFU, 2014, 378 p.
- [20] Zlobin Yu.A. *Otsenka kachestva podrosta drevesnykh rasteniy* [Assessment of the quality of undergrowth of woody plants]. *Lesovedenie*, 1970, no. 3, pp. 96–102.
- [21] Tyurin E.G. *Obespechennost' podrostom severnykh lesov* [Provision of undergrowth in northern forests]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1981, no. 4, p. 201.
- [22] Kulagin A.A., Zheldak V.I., Kamyshova L. V. *Estestvennoe vozobnovlenie sosny obyknovvennoy na uchastkakh intensivnogo lesopol'zovaniya v Buzulukskom boru* [Natural renewal of Scots pine in areas of intensive forest management in the Buzuluk pine forest]. *Lesa Evrazii — Severnyy Kavkaz: Mater. VIII Mezhdun. konf. molod. uchenykh, posvyashch. 270-letiyu A.T. Bolotova* [Forests of Eurasia — North Caucasus: Mater. VIII Int. conf. young. scientists dedicated. To the 270th anniversary of A.T. Bolotova]. V. 1. Sochi, Krasnodar Territory, October 6–12, 2008. Moscow: MSFU, 2008, pp. 57–59.
- [23] Zarubina L. V. Peshin D.A. *Otsenka estestvennogo vozobnovleniya pod pologom spelykh sosnovykh nasazhdeniy v Ustyuzhenskom rayone Vologodskoy oblasti* [Assessment of natural regeneration under the canopy of ripe pine plantations in the Ustyuzhensky district of the Vologda region]. *Lesnaya nauka v realizatsii kontseptsii ural'skoy inzhenernoy shkoly: sotsial'no-ekonomicheskie i ekologicheskie problemy lesnogo sektora ekonomiki: Materialy XII Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii Ekaterinburg, 21 maya — 22 sentyabrya 2019 g.* [Forest science in the implementation of the concept of the Ural engineering school: socio-economic and environmental problems of the forest sector technical conference Yekaterinburg, May 21 — September 22, 2019]. Yekaterinburg: USLTU, 2019, pp. 222–225.
- [24] Azarenok V.A. *Algoritmy vybora tekhnologii i sistemy mashin dlya vypolneniya rubok* [Algorithm for the choice of technology and a system of machines for felling]. *Agrarnyy vestnik Urals* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2012, no 1 (93), pp. 35–36.

Authors' information

Zarubina Liliya Valer'evna — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of Forestry faculty, of the Vologda State Dairy Farming Academy named by N.V. Vereshchagin, liliya270975@yandex.ru

Karbasnikov Aleksandr Alekseevich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of Forestry faculty, of the Vologda State Dairy Farming Academy named by N.V. Vereshchagin, Alexkarbon@yandex.ru

Peshin Dmitriy Alekseevich — 2nd year Master' student of Forestry faculty, of the Vologda State Dairy Farming Academy named by N.V. Vereshchagin, d_peshin94@mail.ru

Received 17.11.2020.

Accepted for publication 25.01.2021.

СЕЗОННЫЙ РОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ КАРЕЛИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

И.Т. Кищенко

Петрозаводский государственный университет, 185640, Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33

ivanki@karelia.ru

Изучался сезонный рост побегов, хвои и стволов *Pinus sylvestris* L. в молодом (22 года), средневозрастном (55 лет) и приспевающем (86 лет) древостоях сосняка брусничного. Выявлено, что время начала роста побегов, хвои и стволов не зависит от возраста дерева. Исследования проводились в 2014–2015 гг. в южной Карелии (средняя подзона тайги). Окончание роста побегов и хвои у деревьев разного возраста наблюдается в одно время, а формирование древесины стволов в сравнительно молодых древостоях протекает на 18–25 сут дольше. Обнаружено, что интенсивность роста стволов с возрастом дерева уменьшается, хвои — увеличивается, а у побегов наибольшей величины она достигает в среднем возрасте. Установлено, что годичный прирост вегетативных органов составляет (в среднем за период наблюдений) в молодняке, средневозрастном и приспевающем древостоях соответственно 2,54, 2,11 и 1,06 мм, хвои — 11,3, 15,5 и 18,8 мг, побегов — 35,1, 38,4 и 34,4 см. Определено, что различия в годичном приросте побегов и хвои связаны исключительно с изменением интенсивности их роста, а стволов, кроме того, и с разницей в продолжительности их формирования. Выявлено, что черты кривых, отображающих динамику нарастания вегетативных органов в древостоях разного возраста, в целом остаются неизменными, кульминация их прироста при этом наблюдается почти одновременно.

Ключевые слова: рост, побеги, хвоя, стволы, онтогенез

Ссылка для цитирования: Кищенко И.Т. Сезонный рост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в таежной зоне Карелии на разных этапах онтогенеза // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 19–24. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-19-24

Изучению сезонного роста и развития растений, в том числе древесных видов, уделяется большое внимание как в России, так и за рубежом. Эти важнейшие биологические процессы имеют решающее значение в теории и практике выращивания растений. Многие исследователи считают, что без знания ритмики сезонных изменений аборигенных лесообразующих видов невозможно раскрыть существенные стороны их биологии и экологии, а также жизни лесных биоценозов, образуемых ими [1–6]. Биологическая продуктивность и устойчивость древостоев зависят от продолжительности и интенсивности роста всех органов дерева. Динамика формирования органического вещества древостоем определяется лесорастительными условиями конкретного биогеоценоза. Данные сезонного хода формирования всех вегетативных органов позволяют эффективнее проводить лесохозяйственные мероприятия в целях повышения продуктивности древостоев. Известно, что в процессе индивидуального развития требовательность растения к факторам среды существенно изменяется [7, 8]. В связи с этим важно установить различия в интенсивности деятельности меристематических тканей на разных этапах онтогенеза растений.

Цель работы

Цель работы — изучение особенностей сезонного роста вегетативных органов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на разных этапах онтогенеза.

Материалы и методы

Исследования проводили в ботаническом саду Петрозаводского государственного университета в 2014–2015 гг. (подзона средней тайги). Объектами исследований служили древостои сосняка брусничного в молодом (22 года), среднем (55 лет) и приспевающем (86 лет) возрасте.

Закладку пробных площадей и геоботаническое описание лесных фитоценозов проводили по общепринятым методикам [9, 10]: на каждой пробной площади выбирали деревья II–III классов роста и развития по Крафту. Наблюдения за ростом вегетативных органов проводили по методике А.А. Молчанова и В.В. Смирнова [11]. С момента набухания почек до заложения зимующих почек через каждые 2–3 дня линейкой на высоте около 5 м (с помощью стремянной лестницы) измеряли с точностью до 1 мм длину стеблей (далее просто побегов) второго порядка в юго-западной части кроны. В каждом типе леса выбирали по 10 учетных деревьев, у каждого из которых маркировали по 10 побегов. Таким образом, объем выборки по каждому сроку наблюдения составлял 100 побегов. Формирование хвои изучали также на 10 учетных деревьях, у которых срезали 10 побегов второго порядка ветвления из средней части кроны. С основания этих побегов отбирали по 3 хвоинки, а затем высушивали при температуре +105 °С до постоянного веса, измеряемого с точностью до 1 мг. Объем выборки по каждому сроку наблюдений составлял 150 хвоинок.

Для изучения сезонного радиального прироста древесины ствола у 10 учетных деревьев через каждые 3 сут после начала деятельности камбия брали высечки древесины (фрагмент тканей ствола, включающий в себя кору и древесину) на высоте 1,3 м [11]. Высечки вырезали, начиная с его западной стороны. Для этого на исследуемой части ствола с помощью струга снимали пробку, стараясь не повредить нижележащие ткани коры. Скальпелем делали два параллельных надреза длиной 1,5 см на расстоянии около 0,5 см один от другого на глубину не менее двух годичных слоев. Затем участки коры между ними перерезали сверху и снизу двумя параллельными надрезами через 2 мм и вынимали кусочки коры. После этого стамеской с шириной лезвия 5 мм делали зарубки на этих местах на глубину, несколько меньшую, чем у двух первых параллельных надрезов. С помощью стамески вынимали образец размером 1,0×0,5 см, стараясь не отделять кору от древесины. Образцы тканей ствола отбирали вдоль воображаемой спирали — снизу вверх и слева направо. Между углублениями от взятых участков древесины должны были оставаться ненарушенные участки ствола шириной около 1 см. Препараты древесины готовили для просмотра с помощью микротома GRANUM–202. Ширину слоя древесины текущего года измеряли в трех местах (начиная от камбиальной зоны до зоны поздней древесины прошлого года) с точностью до 1 мкм, используя микроскоп МБМ с микрометром МОВ-1-16.

Величину суточного прироста побегов, хвои и стволов определяли как разницу среднearифметических показателей между последующим и предшествующим наблюдениями, деленную на число суток этого периода.

По результатам наблюдений за ростом вегетативных органов сформировали банк данных, обработанный с помощью рекомендуемых для этих целей методов вариационной статистики [12]. Статистическая обработка материалов наблюдений показала, что при определении среднearифметического значения прироста побегов показатель точности результатов опыта составляет 4...6 %, коэффициент вариации — 14...27 %; прироста хвои — 3...5 % и 12...22 %; прироста ствола — 6...9 % и 19...32 %.

Результаты и обсуждение

Согласно проведенным исследованиям линейный рост побегов у деревьев разного возраста начинается и заканчивается одновременно (табл. 1), поэтому и продолжительность их формирования также остается неизменной. При этом обнаружено, что характер кривой, отображающей динамику формирования побегов в целом, не зависит

Т а б л и ц а 1

Рост вегетативных органов у деревьев разного возраста

Growth of vegetative organs in trees of different ages

Возраст дровостоя	Начало роста	Окончание роста	Продолжительность роста, сут
Побеги (2014 г.)			
Молодняк	14.V	15.VI	62
Средневозрастной	14.V	15.VI	62
Побеги (2015 г.)			
Молодняк	5.V	11.VI	67
Средневозрастной	5.V	11.VI	67
Приспевающий	5.V	11.VI	67
Хвоя (2014 г.)			
Молодняк	16.V	15.VI	91
Средневозрастной	16.V	15.VI	91
Приспевающий	16.V	15.VI	91
Ствол (2014 г.)			
Молодняк	1.V	11.VI	72
Средневозрастной	6.V	6.VI	67
Приспевающий	9.V	1.VI	54
Ствол (2015 г.)			
Молодняк	24.V	25.VI	93
Средневозрастной	1.V	19.VI	80
Приспевающий	6.V	1.VI	55

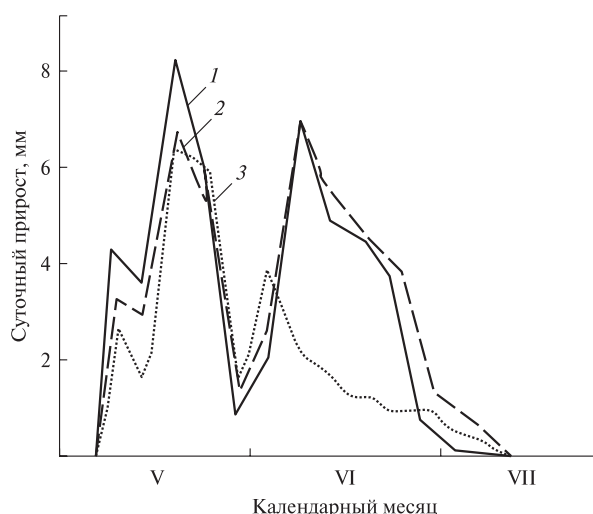


Рис. 1. Сезонная динамика линейного прироста побегов в 2014 г. Возраст деревьев: 1 — 22 года; 2 — 55 лет; 3 — 86 лет

Fig. 1. Seasonal dynamics of linear shoots growth in 2014. Age of trees: 1 — 22 years; 2 — 55 years old; 3 — 86 years old

от возраста дерева. Вместе с тем интенсивность их роста не остается постоянной. Быстрее всего растут побеги у деревьев в среднем возрасте, а самый медленный рост характерен для приспевающего дровостоя. Например, в 2014 г. в период с 11.V по 15.VI суточный прирост побегов в 55-летнем дровостое достиг 8,2, в 22-летнем — 7,4, а в 86-летнем — всего 2,7 мм (рис. 1). К аналогичному выводу ранее пришел В.В. Острошенко [7].

Таблица 2

Годичный прирост вегетативных органов деревьев разного возраста

Annual growth of vegetative organs of trees of different ages

Возраст древостоя	Радиальный прирост ствола, мм	Длина побега, см	Масса одной хвоинки, мг
2014 г.			
Молодняк	2,69	35,1	11,3
Средневозрастной	2,13	38,4	15,5
Приспевающий	1,14	34,4	18,8
2015 г.			
Молодняк	2,56	34,4	Не определено
Средневозрастной	2,10	38,0	Не определено
Приспевающий	0,97	32,3	Не определено

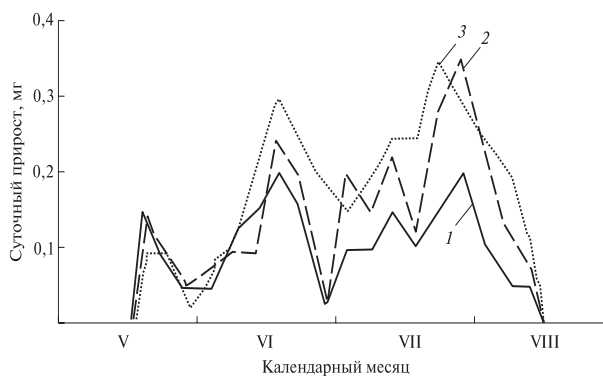


Рис. 2. Сезонная динамика прироста массы хвои в 2014 г. Возраст деревьев: 1 — 22 года; 2 — 55 лет; 3 — 86 лет
Fig. 2. Seasonal dynamics of growth in the mass of needles in 2014. Age of trees: 1 — 22 years; 2 — 55 years old; 3 — 86 years old

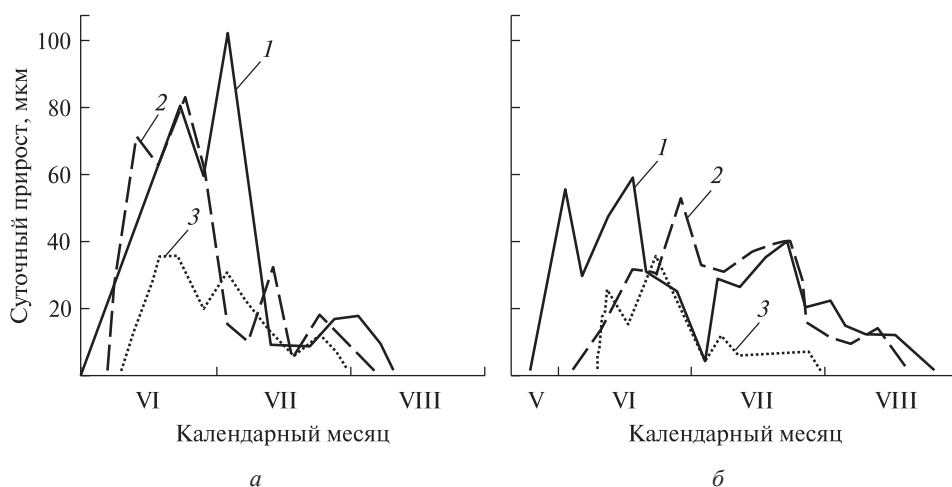


Рис. 3. Сезонная динамика радиального прироста ствола: а — 2014 г., б — 2015 г. Возраст деревьев: 1 — 22 года; 2 — 55 лет; 3 — 86 лет
Fig. 3. Seasonal dynamics of radial trunk growth: а — 2014, б — 2015. Age of trees: 1 — 22 years; 2 — 55 years old; 3 — 86 years old

По этой причине наибольшей длины побеги достигают у средневозрастных деревьев — 38,4 см (табл. 2). В молодом и приспевающем древостоях их длина меньше соответственно на 3,3 и 2,8 см. Уменьшение продолжительности и интенсивности роста побегов дерева с возрастом обнаружено и другими исследователями [13, 14].

Формирование хвои в средней части кроны, по аналогии с побегами, начинается и заканчивается одновременно в древостоях разного возраста. В результате этого продолжительность ее роста также остается неизменной (см. табл. 1). Наряду с этим наблюдаются и значительные различия: с возрастом дерева интенсивность формирования массы хвои значительно усиливается. Например, максимальный суточный прирост хвои в 2015 г. достигал в 22-летнем древостое 0,16, в 55-летнем — 0,28 и в 86-летнем — 0,35 мг (рис. 2). Однако основные черты кривой, отображающей динамику формирования массы хвои, у деревьев

различного возраста остаются неизменными. Наибольший годичный прирост массы хвои отмечается у 86-летних деревьев, где интенсивность ее формирования самая высокая. Так, в молодняке он составил 11,3 мг, в средневозрастном древостое — 15,5 мг и в приспевающем — 19,8 мг (см. табл. 2).

Изучение показало, что время начала формирования ствола на высоте 1,3 м во многом зависит от возраста дерева: чем старше дерево, тем позже начинается этот процесс. Так, за период исследований в молодняке его начало отмечалось 24.V и 1.VI, в средневозрастном — 1.VI и 6.VI и в приспевающем — 6.VI и 9.VI (см. табл. 1).

Сроки прекращения роста ствола также определяются возрастом растения, причем в сравнительно старых древостоях это явление наблюдается значительно раньше. Например, продуцирование камбием древесины (в среднем за 2 года) заканчивалось в молодняке 11.VIII и 25.VIII,

в средневозрастном древостое — 6.VIII и 19.VIII и в приспевающем — 1.VIII. По этой причине, а также вследствие раннего начала роста период формирования древесины в молодняке по сравнению с приспевающим древостоем увеличивается на 18...38 сут. Другие исследователи также отмечают более раннее начало и позднее окончание радиального роста ствола у молодых деревьев [14–22].

Различия в возрасте дерева отражаются и на интенсивности деления камбиальных клеток. В сравнительно молодых древостоях нарастание древесины ствола происходит значительно быстрее (рис. 3). Так, средний максимальный суточный прирост ствола по радиусу составлял в приспевающем древостое — 36 мкм, в средневозрастном — 68 мкм и в молодняке — 76 мкм. У молодых деревьев на образование одного слоя трахеид требуется в среднем 0,9 сут, у средневозрастных — 1 сут, а у приспевающих — 1,2 сут. Несмотря на указанные различия в темпах роста, кривая, отображающая интенсивность формирования ствола в древостоях разного возраста, в целом имеет сходный характер.

Увеличение интенсивности и продолжительности роста ствола в сравнительно молодых насаждениях способствует возрастанию его годовичного радиального прироста. Так, за период наблюдений в среднем он составлял в приспевающем древостое 1,06 мм, в средневозрастном — 2,11 мм и в молодняке — 2,54 мм (см. табл. 2). Отметим, что указанные различия связаны в первую очередь с неодинаковой скоростью деления клеток камбия. Например, в молодняке по сравнению с приспевающим древостоем, дополнительный радиальный прирост ствола в среднем на 80 % обеспечивается усилением интенсивности деятельности камбия. В связи с этим лесохозяйственные мероприятия, направленные на повышение продуктивности лесов, необходимо проводить прежде всего в молодняках, с тем чтобы использовать их наивысшую энергию роста.

Выводы

1. Динамика сезонного роста вегетативных органов у деревьев в процессе онтогенеза несколько изменяется. Начало роста побегов, хвои и стволов не зависит от возраста дерева. Образование клеток древесины в нижней части ствола у сравнительно молодых деревьев начинается на 8...12 сут раньше, чем у средневозрастных и приспевающих.

2. Окончание роста побегов и хвои у деревьев разного возраста наблюдается в одно время. Формирование древесины ствола в сравнительно молодых древостоях протекает на 18...25 сут дольше, чем в средневозрастных и приспевающих.

3. Интенсивность формирования стволов с возрастом дерева уменьшается, хвои — увеличивается, а у побегов наибольшей величины она достигает в среднем возрасте.

4. Годичный прирост стволов в среднем составляет в молодняке, средневозрастном и приспевающем древостоях соответственно 2,54; 2,11 и 1,06 мм, хвои — 11,3; 15,5 и 18,8 мг, побегов — 35,1; 38,4 и 34,4 см. Различия в годовичном приросте побегов и хвои связаны исключительно с изменением интенсивности их роста, а стволов, кроме того, и с разницей в продолжительности их формирования.

5. Черты кривых, отображающих динамику нарастания вегетативных органов в древостоях различного возраста, в целом остаются неизменными, кульминация их прироста при этом наблюдается почти одновременно.

Список литературы

- [1] Елагин И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов. Новосибирск: Наука, 1976. 230 с.
- [2] Кищенко И.Т. Рост и развитие аборигенных и интродуцированных видов семейства Pinaceae Lindl. в условиях Карелии. Петрозаводск: ПетрГУ, 2000. 211 с.
- [3] Румянцев Д.Е. Влияние климатических факторов на рост сосны в Южной Карелии // Лесоведение, 2004. № 5. С. 73–75.
- [4] Забуга В.Ф., Забуга Г.А. Особенности роста вегетативных органов сосны обыкновенной в лесостепном Предбайкалье // Экология, 2007. № 6. С. 409–416.
- [5] Кищенко И.Т., Вантенкова И.В. Сезонный рост вегетативных органов ели европейской в разных типах леса Северной Карелии // Лесоведение, 2009. № 1. С. 63–67.
- [6] Балун О.В. Влияние метеорологических факторов на радиальный прирост ели в кисличном типе леса // Изв. Самарского НЦ РАН, 2013. Т. 15. № 33. С. 1035–1037.
- [7] Острошенко В.В. Сезонный рост сосны обыкновенной на Охотском побережье // Лесное хозяйство, 1991. № 5. С. 33–35.
- [8] Митрухова Т.В. Структурные особенности древесины сосны обыкновенной и ели сибирской из промышленных районов Европейского Севера: дис. ... канд. биол. наук, 03.00.05. С-Пб.: Ботанический институт РАН, 1993. 202 с.
- [9] Полевая геоботаника. В 3 т. / под ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. М.; Л.: Изд-во АН СССР [Ленинградское отделение], 1959–1964. Т. 3. 530 с.
- [10] Программа и методы биогеоценологических исследований / под ред. Н.В. Дылыса. М.: Наука, 1974. 404 с.
- [11] Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 156 с.
- [12] Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 345 с.
- [13] Харитонович Ф.Н. Закономерности роста сосны обыкновенной // Лесное хозяйство, 1961. № 11. С. 18–22.
- [14] Лобжанидзе Э.Д., Канделаки А.А. Особенности деятельности камбия стволов и корней пихты кавказской разных поколений // Изв. вузов СССР. Лесной журнал, 1971. № 1. С. 126–128.
- [15] Митруков А.Е., Иванов В.Ф. Сезонный рост хвои, побегов и ствола у деревьев в сосняке лишайниковом // Конф. молодых ученых и специалистов Карелии. Тезисы докладов. Петрозаводск: ПетрГУ, 1975. С. 67–69.

- [16] Наквасина Е.Н., Прожерина Н.А., Чупров А.В., Беляев В.В. Реакция роста сосны обыкновенной на климатические изменения в широтном градиенте // ИВУЗ Лесной Журнал, 2018. № 5. С. 82–93.
- [17] Memišević Hodžić M., Bejtić S., Ballian D. Interaction Between the Effects of Provenance Genetic Structure and Habitat Conditions on Growth of Scots Pine in International Provenance Tests in Bosnia and Herzegovina // South-east European forestry, 2020, v. 11, no. 1, pp. 1–6.
- [18] Sophan Chhin Dendroclimatic analysis of white pine (*Pinus strobus* L.) using long-term provenance test sites across eastern North America // Forest Ecosystems, 2018, no. 18, pp. 1–15.
- [19] Zhang, Z., Jin, G., Feng, Z. Joint influence of genetic origin and climate on the growth of Masson pine (*Pinus massoniana* Lamb.) in China // Scientific Reports, 2020, no. 10, p. 4653.
- [20] Бессчетнова Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Репродуктивный потенциал плюсовых деревьев. Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. 586 с.
- [21] Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Лесная промышленность, 1973. 240 с.
- [22] Balekogu, S., Calinskan, S. & Dirik, H. Effects of geoclimatic factors on the variability in *Pinus pinea* cone, seed, and seedling traits in Turkey native habitats // Ecological Processes, 2020, no. 9, p. 55.

Сведения об авторе

Кищенко Иван Тарасович — д-р биол. наук, профессор Петрозаводского государственного университета, акад. РАН, ivanki@karelia.ru

Поступила в редакцию 16.11.2020.

Принята к публикации 04.02.2021.

SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) SEASONAL GROWTH AT DIFFERENT STAGES OF ONTOGENESIS IN TAIGA ZONE (KARELIA)

I.T. Kishchenko

Petrozavodsk State University, 33, Lenin av., 185640, Petrozavodsk, Karelia, Russia

ivanki@karelia.ru

The studies were conducted in 2014–2015 in southern Karelia (middle taiga subzone). The aim of the research was to study the seasonal growth of shoots, needles and trunks in young (22 years old), middle-aged (55 years old) and ripening (86 years old) stands of *Pinetum vacciniosum*. The study found that the dynamics of the seasonal growth of vegetative organs in trees during ontogenesis varies somewhat. The beginning of the growth of shoots, needles and trunks does not depend on the age of the tree. The formation of wood cells in the lower part of the trunk in relatively young trees begins on days 8–12 earlier. The end of the growth of shoots and needles in trees of different ages is observed at the same time. The formation of trunks in relatively young stands lasts for 18–25 days longer. The growth rate of the trunks decreases with the age of the tree, the needles — increase, and in shoots it reaches its greatest value in middle age. On average, the annual growth of trunks in young, middle-aged and ripening stands is 2,54, 2,11 and 1,06 mm, respectively, needles — 11,3, 15,5 and 18,8 mg, shoots — 35,1, 38,4 and 34,4 cm. Differences in annual growth of shoots and needles are associated exclusively with the change the intensity of their growth, and the trunks, in addition, and with a difference in the duration of their formation. The features of the curves reflecting the dynamics of growth of vegetative organs in stands of different ages generally remain unchanged, the culmination of their growth being observed almost simultaneously.

Keywords: growth, shoots, needles, trunks, ontogenesis

Suggested citation: Kishchenko I.T. *Sezonnyy rost sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) na raznykh etapakh ontogeneza v taizhnoy zone (Kareliya)* [Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seasonal growth at different stages of ontogenesis in Taiga zone (Karelia)]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 19–24. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-19-24

References

- [1] Elagin I.N. *Sezonnoe razvitie sosnovykh lesov* [Seasonal development of pine forests]. Novosibirsk: Nauka [Science], 1976, 230 p.
- [2] Kishchenko I.T. *Rost i razvitie aborigennykh i introdutsirovannykh vidov semeystva Pinaceae Lindl. v usloviyakh Karelii* [The growth and development of indigenous and introduced species of the family Pinaceae Lindl. in the conditions of Karelia]. Petrozavodsk: Publishing house of Petrozavodsk state University, 2000, 211 p.
- [3] Rumyantsev D.E. *Vliyaniye klimaticheskikh faktorov na rost sosny v Yuzhnoy Karelii* [The Influence of climatic factors on the growth of pine in southern Karelia]. *Lesovedenie [Forestry]*, 2004, no. 5, pp. 73–75.
- [4] Zabuga V.F., Zabuga G.A. *Osobennosti rosta vegetativnykh organov sosny obyknovennoy v lesostepnom Predbaykal'e* [Growth characteristics of vegetative organs of Scotch pine in the forest-steppe Cisbaikalia]. *Ekologiya [Ecology]*, 2007, no. 6, pp. 409–416.
- [5] Kishchenko I.T., Vantenkova I.V. *Sezonnyy rost vegetativnykh organov eli evropeyskoy v raznykh tipakh lesa Severnoy Karelii* [Seasonal growth of vegetative organs of Norway spruce in different forest types of North Karelia]. *Lesovedenie [Forestry]*, 2009, no. 1, pp. 63–67.

- [6] Balun O.V. *Vliyaniye meteorologicheskikh faktorov na radial'nyy prirost eli v kislichnom tipe lesa* [Influence of meteorological factors on the radial increment of spruce in forest type sorrel]. *Izvestiya Samarskogo NTs RAN* [Proceedings of the Samara scientific center. Russian Academy of Sciences], 2013, t. 15, no. 33, pp. 1035–1037.
- [7] Ostroschenko V.V. *Sezonnyy rost sosny obyknovennoy na Okhotskom poberezh'e* [Seasonal growth of Scots pine on the Okhotsk coast]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1991, no. 5, pp. 33–35.
- [8] Mitrukhnova T.V. *Strukturnyye osobennosti drevesiny sosny obyknovennoy i eli sibirskoy iz promyshlennykh rayonov Evropeyskogo Severa* [The Structural features of wood of Scots pine and Siberian spruce from industrial areas in the European North]. *Diss Cand. Sci. (Biol.)*, Sankt-Peterburg: Botanicheskiy institut RAN, 1993, 202 p.
- [9] *Polevaya geobotanika* [Field geobotany]. Moscow: Publishing house of the USSR, 1964, v. 3, 530 p.
- [10] *Programma i metody biogeotsenologicheskikh issledovaniy* [The program and methods biogeocenological research]. Moscow: Nauka [Science], 1974, 404 p.
- [11] Molchanov A.A., Smirnov V.V. *Metodika izucheniya prirosta drevesnykh rasteniy* [The Methodology of studying the growth of woody plants]. Moscow: Nauka [Science], 1967, 156 p.
- [12] Zaytsev G.N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow: Nauka [Science], 1984, 345 p.
- [13] Kharitonovich F.N. *Zakonomernosti rosta sosny obyknovennoy* [Patterns of growth of Scots pine]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1961, no. 11, pp. 18–22.
- [14] Lobzhanidze E.D., Kandelaki A.A. *Osobennosti deyatel'nosti kambiya stvolov i korney pikhty kavkazskoy raznykh pokoleniy* [Peculiarities of the cambium of trunks and roots of the Caucasian fir different generations]. *Izvestiya vuzov SSSR. Lesnoy zhurnal* [News of the institutes of the USSR. Forest magazine], 1971, no. 1, pp. 126–128.
- [15] Mitrukhnov A.E., Ivanov V.F. *Sezonnyy rost khvoi, pobegov i stvola u derev'ev v sosnyake lishaynikovom* [Seasonal growth of needles, shoots and trunk of trees in the pine lichen]. *Konf. molodykh uchenykh i spetsialistov Karelii. Tezisy dokladov* [Conference of young scientists and specialists of Karelia. Abstracts of reports]. Petrozavodsk: PGU, 1975, pp. 67–69.
- [16] Nakvasina E.N., Prozherina N.A., Chuprov A.V., Belyaev V.V. *Reaktsiya rosta sosny obyknovennoy na klimaticheskie izmeneniya v shirotnom gradiente* [Growth response of Scots Pine to Climate in the Latitudinal Gradient] *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2018, no. 5, pp. 82–93.
- [17] Memišević Hodžić M., Bejtović S., Ballian D. Interaction Between the Effects of Provenance Genetic Structure and Habitat Conditions on Growth of Scots Pine in International Provenance Tests in Bosnia and Herzegovina. *South-east European forestry*, 2020, v. 11, no. 1, pp. 1–6.
- [18] Sophan Chhin Dendroclimatic analysis of white pine (*Pinus strobus* L.) using long-term provenance test sites across eastern North America. *Forest Ecosystems*, 2018, no. 18, pp. 1–15.
- [19] Zhang, Z., Jin, G., Feng, Z. Joint influence of genetic origin and climate on the growth of Masson pine (*Pinus massoniana* Lamb.) in China. *Scientific Reports*, 2020, no. 10, p. 4653.
- [20] Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Reprodukivnyy potentsial plyusovykh derev'ev* [Scots pine. Breeding potential of plus tree]. Nizhny Novgorod: Nizhegorodskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya [Nizhny Novgorod State Agricultural Academy], 2015, 586 p.
- [21] Kurnaev S.F. *Lesorastitel'noe rayonirovanie SSSR* [Forest zoning in USSR]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest Industry], 1973, 240 p.
- [22] Balekogu, S., Calinskan, S. & Dirik, H. Effects of geoclimatic factors on the variability in *Pinus pinea* cone, seed, and seedling traits in Turkey native habitats. *Ecological Processes*, 2020, no. 9, p. 55.

Author's information

Kishchenko Ivan Tarasovich — Dr. Sci. (Biology), Professor of the Petrozavodsk State University, Academician RAE, ivanki@karelia.ru

Received 16.11.2020.

Accepted for publication 04.02.2021.

ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ НИЗКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

А.И. Смирнов¹, Ф.С. Орлов¹, П.А. Аксенов², С.Б. Васильев²

¹ООО «Разносервис», 127051, г. Москва, Лихов пер. д. 10

²МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

axenov.pa@mail.ru

Представлены результаты исследований, проведенных в Правдинском питомнике Пушкинского лесотехнического техникума Московской обл. и в лаборатории кафедры «Лесные культуры, селекция и дендрология» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал) с мая 2015 г. по сентябрь 2019 г. Результаты исследования подтвердили значительное преимущество опытных показателей над контролем. Таким образом, обработка семян и двухлетних сеянцев сосны обыкновенной низкочастотным электромагнитным полем по технологии ПОСЭП, в целом, оказала положительное влияние не только на их приживаемость, и биометрические параметры, но и на их анатомическую структуру. Основываясь на результатах проведенных исследований, можно утверждать, что технология ПОСЭП — это эффективный метод физического воздействия на приживаемость и ускорение роста сеянцев сосны обыкновенной.

Ключевые слова: приживаемость сеянцев, технология ПОСЭП, *Pinus sylvestris*, лесные культуры

Ссылка для цитирования: Смирнов А.И., Орлов Ф.С., Аксенов П.А., Васильев С.Б. Приживаемость и рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) после обработки низкочастотным электромагнитным полем // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 25–34. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-25-34

Одним из важнейших путей воспроизводства высокопродуктивных лесов является создание лесных культур. Искусственное лесовосстановление во многом зависит от качества выбранного посадочного материала, а также от технологии создания культур [1, 2]. В современной практике ведения лесного хозяйства при облесении вырубок в различных лесных зонах часто не все стандартные и качественные сеянцы полноценно приживаются [3–5]. Приживаемость посадочного материала можно рассматривать как один из основных показателей эффективности агротехники искусственного лесовосстановления [6, 7].

На сегодняшний день исследования физических приемов агротехники, направленных на повышение приживаемости и роста сеянцев сосны обыкновенной, практически не проводятся.

В 2012 г. авторами настоящей статьи разработана и успешно опробована новая технология, применяемая при выращивании лесокультурного материала — технология ПОСЭП (предпосевная обработка семян и сеянцев электромагнитным полем) и создан прибор Рост-Актив — генератор низкочастотного электромагнитного поля (ЭМП) [8, 9]

Исследование приживаемости и роста сеянцев было направлено на подтверждение ранее полученных результатов (2014), когда обработанные ЭМП двухлетние сеянцы сосны обыкновенной были высажены на песчаных отвалах после добычи фосфоритов в Виноградовском лесничестве, т. е. на землях подлежащих рекультивации [10–13]. Приживаемость по этим опытам составила 70 % (контроль — 30 %). Весной 2015 г.

исследования приживаемости двухлетних сеянцев сосны обыкновенной продолжались в открытом грунте Правдинского питомника Пушкинского лесотехнического техникума Московской обл. В течение 5 лет нами изучалось влияние низкочастотного ЭМП на рост, развитие и приживаемость сеянцев сосны обыкновенной. Наблюдения велись на разных этапах: от обработки семян ЭМП, посева в посевном отделении, выхода однолетних сеянцев в посевном отделении до пересадки уже двухлетних сеянцев, обработанных ЭМП, в школьное отделение Правдинского питомника на доращивание до пятилетнего возраста. Как и во всех исследованиях, обработка семян и сеянцев ЭМП проводилась прибором Рост-Актив — генератором низкочастотного ЭМП по технологии ПОСЭП. Было отмечено, что стимулирующий эффект ЭМП имеет пролонгированное действие как минимум в течение 3 лет после обработки посадочного материала. [14]

В лаборатории кафедры «Лесные культуры, селекция и дендрология» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал) в сентябре 2019 г. был проведен гистометрический анализ, который также показал положительное влияние обработки ЭМП на анатомическое строение сеянцев сосны обыкновенной.

Цель работы

Цель работы — определение эффективности влияния низкочастотного ЭМП на всхожесть семян, рост и приживаемость двухлетних сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в 2015–2019 гг. в Правдинском питомнике Пушкинского лесотехнического техникума Московской обл. и в лаборатории кафедры «Лесные культуры, селекция и дендрология» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал). Объектами исследования послужили всходы сосны обыкновенной, выращенные из семян, обработанных ЭМП и двухлетние сеянцы сосны обыкновенной, выращенные из этих семян в посевном отделении питомника.



Рис. 1. Выход однолетних сеянцев сосны обыкновенной, обработанных ЭМП (сентябрь 2015) в посевном отделении Правдинского питомника (опытная площадка)

Fig. 1. The annual seedlings of Scots pine harvest, treated with EMF (September 2015) in the sowing department of the Pravdinsky nursery (trial plot)



Рис. 2. Посадка обработанных электромагнитным полем двухлетних сеянцев сосны обыкновенной (май 2017) в школьное отделение Правдинского питомника

Fig. 2. Planting two-year-old Scots pine seedlings treated with an electromagnetic field (May 2017) in the school department of the Pravdinsky nursery

В мае 2015 г. семена сосны обыкновенной 3-го класса качества были обработаны низкочастотным ЭМП [15, 16] по технологии ПОСЭП, после чего посеяны на подготовленных опытных площадках в посевном отделении Правдинского питомника. На контрольных площадках были посеяны необработанные семена. Протяженность как опытного, так и контрольного участка составляла 8 м посевной гряды. Посев осуществлен по 5-строчной схеме при норме высева 2 г/пог. м. в 4-кратной повторности. В течение вегетационного сезона на посевах проводились все необходимые мероприятия по аграрному уходу: прополка, подкормка минеральными удобрениями, обработка фунгицидами (рис. 1).

В конце вегетационного периода 2015 г. (середина сентября) после проведения всех запланированных мероприятий провели учет однолетних сеянцев на опытных и контрольных площадках посевов и отобрали сеянцы для замера биометрических показателей. Число сеянцев, отобранных методом случайной выборки для измерений, составило 30 шт. для опыта и 30 шт. для контроля.

В целях проведения дальнейших исследований на приживаемость в мае 2017 г. провели выкопку и измерили биометрические показатели двухлетних сеянцев сосны. Отобранные сеянцы пересадили в школьное отделение Правдинского питомника, где для этого были заложены опытные и контрольные посадочные гряды, подготовленные плугом ПКЛ-70 — 6 гряд по 50 м каждая. Для посадки методом случайной выборки отобрали 300 сеянцев: по 150 шт. для опыта и контроля. Перед посадкой опытные сеянцы обрабатывали низкочастотным генератором Рост-Актив по технологии ПОСЭП частотой 16 Гц с возрастающим значением индукции ЭМП от 0,4 до 2,0 мТл с экспозицией 11 мин. Посадку сеянцев проводили в трехкратной повторности в подготовленные борозды по 50 шт. с помощью меча Колесова и шагом посадки 1 м (рис. 2).

В конце вегетационного сезона в сентябре 2019 года были проведены учеты приживаемости и биометрических показателей саженцев сосны обыкновенной на опытных и контрольных участках школьного отделения в Правдинском питомнике. В лаборатории кафедры «Лесные культуры, селекция и дендрология» выполняли измерения следующих биометрических показателей: высоты и диаметра саженца у корневой шейки, массы корней и надземной части в воздушно-сухом состоянии после высушивания в течение 15 дней, годичного прироста осевого побега. Для определения средней массы частей сеянцев использовали весы Аcom JW1. Точность линейных измерений составила ± 1 мм при определении линейного прироста и $\pm 0,1$ мм при измерении

диаметров; точность определения массы составила ± 10 мг. Число саженцев каждого варианта, отобранных методом случайной выборки для замеров биометрических параметров, составило 22 шт., что является достаточным для обеспечения точности среднестатистических показателей в пределах 5 %.

Для проведения гистометрического анализа поперечных срезов использована методика, состоящая из следующих этапов:

1) отбор модельных сеянцев из групп «Обработанные ЭМП» и «Контрольные»;

2) маркировка, упаковка и транспортировка сеянцев в лабораторию;

3) определение места положения корневой шейки на оси корень — стебель, путем отложения расстояния от первых боковых корней;

4) разрезание сеянца поперек оси стебля на уровне корневой шейки;

5) зачистка поперечной поверхности торцевого среза стебля сеянца с помощью бритвы;

6) получение поперечных срезов с помощью микротомы МС-2 и окраска в соответствии с общепринятой методикой;

7) изготовление временных глицериновых препаратов в соответствии с общепринятой методикой;

8) микроскопирование в прямом светопольном и поляризационном режимах на исследовательском биологическом микроскопе Jenoval (Carl Zeiss), снабженным окуляр-микрометром и поляризаторами, микрообъективами: GF-Plan 3,2/0,06/ ∞ /-, GF-Plan 12,5/0,25/ ∞ /-, GF-Plan 25/0,5/ ∞ /0,17, GF-Plan 40/0,65/ ∞ /0,17, GF-Plan HI 100/1,25/160/0,17; срезы древесины фотографировали с помощью микрофотонасадки;

9) определение гистометрических характеристик древесины на поперечных срезах представленных вариантов сеянцев (особенностей прироста ксилемы, параметров трахеид и вертикальных смоляных ходов) [17].

Для проверки достоверности полученных результатов руководствовались общепринятыми методиками статистической обработки [18] и использовали программу Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

В мае 2015 г. семена сосны обыкновенной 3-го класса качества были обработаны низкочастотным ЭМП по технологии ПОСЭП, после чего посеяны на подготовленных опытных и контрольных площадках в посевном отделении Правдинского питомника (табл. 1). В результате учета выявлено, что предпосевная обработка ЭМП семян сосны 3-го класса способствовала выходу 84 шт. однолетних сеянцев на 1 пог. м., что соответствует показателям 2-го класса качества семян.

Т а б л и ц а 1

Учет выхода и биометрические параметры однолетних сеянцев сосны в Правдинском питомнике

Yield and biometric parameters of annual pine seedlings in the Pravdinsky nursery

Вариант опыта	Количество сеянцев, шт./пог. м	Высота надземной части, см	Длина корня, см
Группа «Контрольные»	71,1 \pm 2,55	3,5 \pm 0,11	8,2 \pm 0,26
Группа «Обработанные ЭМП»	84,2 \pm 3,26	5,0 \pm 0,18	9,8 \pm 0,35
Процент к контролю	118	143	120
t_{st}	2,01	2,00	2,00
$t_{расч}$	3,14	7,11	3,67

Примечание. Приведены средние арифметические значения биометрических характеристик саженцев \pm ошибка средней арифметической; объемы сравниваемых выборок: для определения выхода посадочного материала с 1 пог. м. — 25 пог. м. для опыта и 25 пог. м. для контроля; для измерения линейных характеристик — 30 шт. для опыта и 30 шт. для контроля; t_{st} — стандартное значение t -критерия достоверности различий при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$; $t_{расч}$ — расчетный t -критерий достоверности различий между выборками; жирным шрифтом выделены значения $t_{расч}$, превышающие стандартное значение t -критерия (здесь и далее).

Т а б л и ц а 2

Биометрические параметры двухлетних сеянцев сосны обыкновенной в Правдинском питомнике. Май 2017 г.

Biometric parameters of two-year-old Scots pine seedlings in the Pravdinsky nursery. May 2017

Вариант опыта	Высота надземной части, см	Длина корня, см	Диаметр стебля у корневой шейки, мм	Масса сеянца в воздушно-сухом состоянии, г
Группа «Контрольные»	12,5 \pm 0,53	9,4 \pm 0,47	4,1 \pm 0,20	1,6 \pm 0,07
Группа «Обработанные ЭМП»	23,1 \pm 1,10	14,7 \pm 0,55	4,2 \pm 0,22	2,6 \pm 0,11
Процент к контролю	185	156	103	162
$t_{расч}$	8,68	7,32	0,34	7,67

Примечание. Приведены средние арифметические значения биометрических характеристик саженцев \pm ошибка средней арифметической; объемы сравниваемых выборок — 30 шт.; стандартное значение t -критерия достоверности различий $t_{st} = 2,002$ при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$.

По результатам проведенных учетов (см. табл. 1), следует, что максимальное количество сеянцев на 1 пог. м составило 84 шт. в группе «Обработка ЭМП» и превышало группу «Контрольные» на 18 %, показатель высоты — на 43 % и составил 5,0 см при 3,5 см в группе «Контрольные». Также положительно обработка семян ЭМП отразилась на росте корней, длина их была больше на 20 %, чем в «Контрольных».

В конце вегетационного сезона (сентябрь 2017 г.) были проведены учеты биометрических параметров двухлетних сеянцев для последующей пересадки в школьное отделение (табл. 2).

Из табл. 2 следует, что обработка семян низкочастотным ЭМП имеет пролонгированное действие, все биометрические параметры, кроме диаметра стебля у корневой шейки двухлетних сеянцев сосны, выращенные из семян, обработанных ЭМП, превышали контрольные показатели [19, 20]. Линейные размеры надземной и подземной частей сеянцев выше у опытных сеянцев более чем на 50 % по сравнению с контрольными. Увеличение массы опытных сеянцев на 62 % достигалось как за счет увеличения главных органов, так и за счет более густого охвоения обработанного ЭМП варианта.

В конце вегетационного сезона 2019 г. проводились учеты пятилетних саженцев сосны на опытных и контрольных участках школьного отделения в Правдинском питомнике Пушкинского лесотехнического техникума. Анализ приживаемости сеянцев осенью 2019 г. показал значительное превосходство опытных вариантов над контрольными (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Характеристика приживаемости двухлетних сеянцев сосны, обработанных ЭМП, (учет в сентябре 2017 г.)

The survival rate of two-year-old pine seedlings treated with EMF (in September 2017)

Вариант опыта	Число учтенных сеянцев при посадке, шт.	Число прижившихся сеянцев, шт.	Приживаемость, % ± ошибка доли, %
Группа «Контрольные»	150	108	72 ± 3,7
Группа «Обработанные ЭМП»	150	144	96 ± 1,6

Результаты изучения влияния ЭМП на приживаемость сеянцев сосны, выращиваемых в открытом грунте школьного отделения питомника, указывают на то, что наблюдаемую разницу между контрольными и опытными образцами, составляющую 24 %, можно объяснить стимулирующим действием ЭМП. [21, 22]

В конце вегетационного периода 2019 г. проводились учеты пятилетних саженцев сосны на опытных и контрольных участках школьного отделения в Правдинском питомнике Пушкинского лесотехнического техникума (табл. 4).

Из табл. 4 следует, что обработка семян и сеянцев низкочастотным ЭМП имеет эффективное пролонгированное действие, все биометрические параметры пятилетних сеянцев сосны, выращенные из семян обработанных ЭМП, превышали все контрольные показатели [23].

Анализ приживаемости сеянцев осенью 2019 г. показал значительное превосходство опытных вариантов над контрольными.

Общий вид среднестатистических саженцев из двух вариантов эксперимента представлен на рис. 3 и 4.

В лабораторных условиях кафедры «Лесные культуры, селекция и дендрология» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал) проведен сравнительный анатомический анализ опытной и контрольной группы сеянцев. Результаты сравнительных гистометрических исследований, проведенных на поперечных срезах, сделанных на уровне корневой шейки, представлены в табл. 5.

Ширина годичного кольца у сравниваемых вариантов значительно варьирует независимо от обработки ЭМП. По всей видимости, это связано с неоднородностью условий вегетационных периодов как по климатическим изменениям, так и по применяемым агротехническим приемам и уходам. Более подробно изменчивость радиального прироста можно рассмотреть на гистограмме (рис. 5) отражающей средние колебания ширины годичных колец с 2015 по 2019 г.

Из рис. 5 видно, что в первые два года жизни сосен разница в ширине кольца незначительна. После обработки ЭМП одной группы сеянцев весной 2017 г. наблюдается увеличение ширины годичного кольца за вегетационный сезон 2017 г., далее в 2018 г. величина радиальных приростов становится наибольшей и составляет 220 % относительно контрольной группы с последующим уменьшением различий в 2019 г. Гистограмма рис. 5 показывает стойкое увеличение ширины годичных колец опытной группы сеянцев в течение трех последующих после обработки ЭМП вегетационных периодов. Различия средних показателей ширины радиальных приростов за последние 3 года исследуемых вариантов сеянцев достоверны на уровне значимости 5 % (см. табл. 3).

Подсчет числа сечений трахеид в радиальных рядах годичных колец выявил увеличение этого показателя у опытной группы саженцев на 20 % за последние 3 года. Однако статистически достоверность различий средних показателей не подтвердилась из-за ограниченной выборки.



a



б

Рис. 3. Саженьцы сосны обыкновенной (сентябрь 2018 г.): *a* — опытный (обработанный ЭМП); *б* — контрольный
Fig. 3. Scots pine seedlings (September 2018): *a* — experimental (treated with EMF); *б* — controlled



a



б

Рис. 4. Саженьцы сосны обыкновенной (октябрь 2019 г.): *a* — опытный (обработанный ЭМП); *б* — контрольный
Fig. 4. Scots pine seedlings (October 2019): *a* — experimental (treated with EMF); *б* — controlled

Т а б л и ц а 4

Средние биометрические параметры саженцев, обработанных ЭМП, по сравнению с контрольными (учет в сентябре 2019 г.)

Average biometric parameters of seedlings treated with EMF, in comparison with the control (in September 2019)

Вариант опыта	Высота саженцев, см	Диаметр корневой шейки, мм	Протяженность последнего линейного прироста осевого побега, см	Масса сухого растения, г	Масса сухой надземной части, г	Масса сухих корней, г	Масса сухой хвои, г
Группа «Контрольные»	58,5 ± 1,37	9,9 ± 0,32	8,9 ± 0,35	28,97 ± 0,87	21,43 ± 0,76	7,87 ± 0,36	7,92 ± 0,31
Группа «Обработанные ЭМП»	72,2 ± 2,76	11,7 ± 0,38	12,7 ± 0,46	48,9 ± 2,54	35,4 ± 1,58	12,7 ± 0,63	14,1 ± 0,57
Процент к контролю	123,5	118,3	142,7	168,8	165,1	162,0	178,2
$t_{расч}$	4,45	3,62	6,57	7,42	7,97	6,67	9,52

Примечание. Приведены средние арифметические значения биометрических характеристик саженцев ± ошибка средней арифметической; объемы сравниваемых выборок — 22 шт.; стандартное значение t -критерия достоверности различий $t_{ст} = 2,018$ при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$.



Рис. 5. Изменение ширины годичных колец сеянцев сравниваемых вариантов с 2015 по 2019 гг.

Fig. 5. The annual rings width change of seedlings of the compared samples from 2015 to 2019

Средний радиальный диаметр трахеид также имеет тенденцию увеличения после обработки ЭМП в мае 2017 г. (рис. 6). При этом разница по диаметрам клеток у сравниваемых групп до 2017 г. незначительна и варьирует на уровне не более 5 %.

Детальное микроскопирование поперечных срезов ксилемы исследуемых групп саженцев, с использованием режимов частично скрещенных никелей выявило следующие особенности строения стеблей на уровне корневой шейки:

- толщина клеточных стенок трахеид последних трех радиальных приростов ксилемы при обработке ЭМП заметно больше по сравнению с контрольной группой;

- вертикальные смоляные ходы встречаются достаточно часто у обоих вариантов эксперимента; наибольшая частота их наблюдается в 2017–2018 гг., спад — в 2019 г.; эта тенденция объясняется отдаленными последствиями действия постпересадочного стресса у всех саженцев;

- упорядоченность сечений трахеид в радиальных рядах годичных колец выше у варианта с обработкой ЭМП, за исключением годичного кольца, образованного на следующий год после обработки; кольца 2018 г. у опытного варианта часто содержат массивные слои кренивой древесины (рис. 7, а) и реже аномально разупорядоченных рядов трахеид с мелкой такгенциальной свилеватостью и повышенной паренхиматизацией (рис. 7, б).

Выводы

Таким образом, сравнительный анатомический анализ вторичной ксилемы опытной и контрольной группы сеянцев показал, что обработка низкочастотным ЭМП привела к усиленному формированию вторичной ксилемы стволика сеянцев сосны обыкновенной, начиная с первого вегетационного сезона после обработки. Формирующиеся после воздействия низкочастотным ЭМП анатомические элементы ксилемы чаще всего более упорядочены и имеют преимущественно более толстые клеточные стенки. Также наблюдаемая тенденция увеличения размеров сечений трахеид свидетельствует о большем транспортном потенциале древесины опытных сеянцев. Полагаем, что выявленные изменения в строении древесины опытных сеянцев после воздействия низкочастотного ЭМП, несомненно, способствуют повышению приживаемости сеянцев, а также более ускоренному росту молодых культур, заложенных с использованием обработанного ЭМП посадочного материала, поэтому целесообразно создание лесных культур сосны обыкновенной с использованием посадочного материала в виде сеянцев, обработанных ЭМП перед посадкой.

Т а б л и ц а 5

**Гистометрические характеристики сеянцев, обработанных ЭМП,
по сравнению с контрольными**

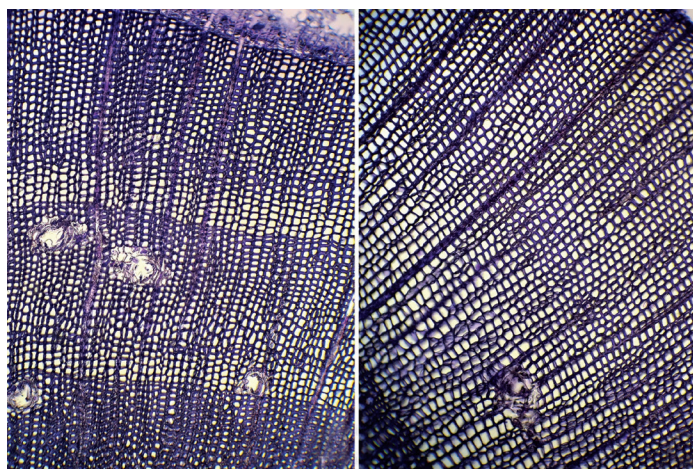
Histometric characteristics of seedlings treated with EMF, compared with the controlled

Вариант опыта	Гистометрический показатель	Год образования радиального прироста ксилемы					Среднее за 5 лет $M \pm m_M$	Среднее за последние три года		
		2015	2016	2017	2018	2019		$M \pm m_M$	Процент к контролю	$t_{расч.}$
Группа «Контрольные»	Ширина годичного кольца, мм	0,46	1,31	0,74	0,40	0,80	$0,742 \pm 0,191$	$0,647 \pm 0,123$	100	—
	Число сечений трахеид в радиальном ряду, ряд ⁻¹	33	78	53	25	46	$47,1 \pm 9,15$	$41,3 \pm 8,40$	100	—
	Средний радиальный диаметр трахеиды, мкм	14,0	16,8	14,0	15,7	17,5	$15,60 \pm 0,71$	$15,73 \pm 1,01$	100	—
Группа «Обработанные ЭМП»	Ширина годичного кольца, мм	0,48	1,23	0,86	0,88	1,02	$0,895 \pm 0,122$	$0,921 \pm 0,050$	142	2,12
	Число сечений трахеид в радиальном ряду, ряд ⁻¹	34	78	53	48	47	$52,0 \pm 7,21$	$49,4 \pm 1,85$	120	0,94
	Средний радиальный диаметр трахеиды, мкм	14,3	15,7	16,3	18,4	21,5	$17,25 \pm 1,25$	$18,75 \pm 1,51$	119	1,66

Примечание. Объемы сравниваемых выборок — 10 шт.; стандартное значение t -критерия достоверности различий $t_{ст} = 2,1$ при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Рис. 6. Поперечные срезы последних годичных колец стволиков саженцев сосны при одном увеличении (объектив GF-Plan 12,5/0,25/∞/—, окраска генцианвиолетом): *a* — группа «Контрольные»; *б* — группа «Обработанные ЭМП»

Fig. 6. Cross sections of the last tree rings of pine seedlings at one magnification (lens GF-Plan 12,5/0,25/∞/—, coloring with gentian violet): *a* — «Control» group; *б* — group «Treated EMF»

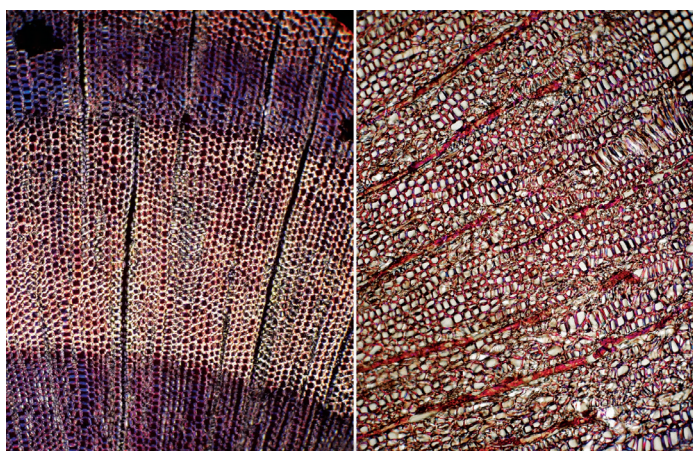


a

б

Рис. 7. Поперечные срезы стволиков сеянцев сосны, обработанных ЭМП. Снимки зоны кольца 2018 г (объектив GF-Plan 12,5/0,25/∞/—, окраска генцианвиолетом, поляризационный режим): *a* — центральное светлое кольцо реакционной древесины; *б* — частичная разупорядоченность рядов трахеид

Fig. 7. Cross sections of pine seedling stems treated with EMF. Pictures of the 2018 ring zone (lens GF-Plan 12,5/0,25/∞/—, gentian violet coloring, polarization mode): *a* — central light ring of reaction wood; *б* — partial disorder of the tracheids rows



a

б

Список литературы

- [1] Редько Г.И., Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Лесные культуры. СПб.: Изд-во ГЛТА, 2005. 556 с.
- [2] Родин А.Р. Интенсификация выращивания лесопосадочного материала. М.: Агропромиздат, 1989. 78 с.
- [3] De Lucas M., Etchhells J.P. (Eds.) Xylem – Methods and Protocols. New York: Publishing Humana Press, 2017, p. 260.
- [4] Schweingruber F.H. Wood Structure and Environment (Springer Series in Wood Science). Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2007, p 280.
- [5] Penuelas J., Llusia J., Martinez B., Fontcuberta J. Diamagnetic Susceptibility and Root Growth Responses to Magnetic Fields in *Lens culinaris*, *Glycine soja*, and *Triticum aestivum* // *Electromagnetic Biologu and Medicine*, 2004, v. 23, no. 2, pp. 97–112.
- [6] Gordon G.A. Seed manual for forest trees. UK London: Forestry Commission, 1992, 132 p.
- [7] Get transplanting right for seedling survival. Lloyd Phillips, September 11, 2012. URL: <https://www.farmer-sweekly.co.za/agri-technology/farming-for-tomorrow/get-transplanting-right-for-seedling-survival/> (дата обращения 21.08.2020).
- [8] Смирнов А.И., Орлов Ф.С. Способ предпосевной обработки семян и устройство для его осуществления. Пат.№ 2591969 РФ, заявитель и патентообладатель ООО «Разносервис», 2014. Бюл. № 20.
- [9] Старухин Р.С., Белицын И.В., Хомутов О.И. Метод предпосевной обработки семян с использованием эллиптического электромагнитного поля // *Ползуновский вестник*, 2009. № 4. С. 97–103.
- [10] Лебедев В.М. Эколого-физиологические особенности реакции сосны обыкновенной на уровень плодородия почвы как показатель адаптации к условиям среды // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2019. № 6. С. 92–103.
- [11] Любимов В.В. Биотропность естественных и искусственно созданных электромагнитных полей. Аналитический обзор. Препринт. № 7. (1103). М.: ИЗМИРАН, 1997. 85 с.
- [12] Смирнов А.И., Орлов Ф.С. Устройство для предпосевной обработки посевного материала. Пат. № 155132 РФ, заявитель и патентообладатель ООО «Разносервис», 2014. Бюл. № 26.
- [13] Mudhanganyi A., Maravanyika C., Ndagurwa H.G.T., Mwase R. The Influence of Hydrogel Soil Amendment on the Survival and Growth of Newly Transplanted *Pinus patula* Seedlings // *J. of Forestry Research*, 2018, v. 29, iss. 1, pp. 103–109. DOI: 10.1007/s11676-017-0428-1.
- [14] Fischer G., Tausz M., Köck M., Grill D. Effect of Weak 16½ Hz Magnetic Fields on Growth Parameters of Young Sunflower and Wheat Seedlings // *Bioelectromagnetics*, 2004, v. 25, iss. 8, pp. 638–641. DOI: 10.1002/bem.20058/
- [15] Рубцова Е.И. Влияние импульсного электрического поля на энергию прорастания семян сои // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 2009. № 12. С. 26–27.
- [16] Смирнов А.И. Влияние низкочастотного электромагнитного поля на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной в питомниках зоны смешанных лесов: дис. ... канд. с.-х. наук. Москва, МГУЛ, 2016. С. 58.
- [17] Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. Дендрология. М.: МГУЛ, 2001. 528 с.
- [18] Свалов Н.Н. Вариационная статистика. М.: МГУЛ, 2001. 80 с.
- [19] Комиссаров Г.Г. Влияние флуктуирующего электромагнитного поля на ранние стадии развития растений // *Доклады РАН*, 2006. Т. 406. № 1. С. 108–110.
- [20] Ксенз Н.В., Качеишвили С.В. Анализ электрических и магнитных воздействий на семена // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 2000. № 5. С. 10–12.
- [21] Кораблев Р.А. Влияние физических факторов на свойства семян и рост сеянцев сосны обыкновенной и березы повислой: дис. ...канд. с.-х. наук. Воронеж, 2003. 201 с.
- [22] Куликова Н.Н. Экологические аспекты действия низкочастотного электромагнитного поля на биологические объекты растительного происхождения: дис. ...канд. биол. наук. Москва, 2006. 145 с.
- [23] Willan R.L. A Guide to Forest Seed Handling with Special Reference to the Tropics. FAO, Rome: Forestry Paper, 1987, no. 20/2.

Сведения об авторах

Смирнов Алексей Иванович — канд. с.-х. наук, ООО «Разносервис», 3642737@mail.ru

Орлов Федор Станиславович — канд. с.-х. наук, ООО «Разносервис», ar-6@yandex.ru

Аксенов Петр Андреевич — канд. с.-х. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), ahenov.pa@mail.ru

Васильев Сергей Борисович — канд. с.-х. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), svasilyev@mgul.ac.ru

Поступила в редакцию 30.12.2020.

Принята к публикации 15.01.2021.

COMMON PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) SURVIVAL ABILITY AND SEEDLINGS GROWTH AFTER TREATMENT WITH LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD

A.I. Smirnov¹, F.S. Orlov¹, P.A. Aksenov², S.B. Vasil'ev²

¹LLC Raznoservice, 10, Likhov per., 127051, Moscow, Russia

²BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

axenov.pa@mail.ru

The results of studies carried out in the Pravdinsky nursery of the Pushkin Forestry Technical College in the Moscow Region and in the laboratory of the department «Forest cultures, selection and dendrology» at the BMSTU (Mytishchi branch) since May 2015 until September 2019 are presented. The results of the study confirmed the significant advantage of experimental indicators over the control. Thus, the treatment of seeds and two-year-old seedlings of Scots pine with a low-frequency electromagnetic field using the POSEP technology, in general had a positive effect not only on their survival rate and biometric parameters, but also on their anatomical structure. Based on the results of the studies, it can be stated that the POSEP technology is an effective method of physical impact on the survival rate and growth increase of Scots pine seedlings.

Keywords: seedling survival, POSEP technology, *Pinus sylvestris*, forest crops

Suggested citation: Smirnov A.I., Orlov F.S., Aksenov P.A. *Prizhivaemost' i rost seyantsev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) posle obrabotki nizkочастотным электромагнитным полем* [Common pine (*Pinus sylvestris* L.) survival ability and seedlings growth after treatment with low-frequency electromagnetic field]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 25–34. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-25-34

References

- [1] Red'ko G.I., Merzlenko M.D., Babich N.A. *Lesnye kul'tury* [Forest crops]. St. Petersburg: GLTA, 2005, 556 p.
- [2] Rodin A.R. *Intensifikatsiya vyrashchivaniya lesoposadochnogo materiala* [Intensification of growing forest planting material]. Moscow: Agropromizdat, 1989, 78 p.
- [3] De Lucas M., Etchells J.P. (Eds.) *Xylem – Methods and Protocols*. New York: Publishing Humana Press, 2017, p. 260.
- [4] Schweingruber F.H. *Wood Structure and Environment* (Springer Series in Wood Science). Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2007, p. 280.
- [5] Penuelas J., Llusia J., Martinez B., Fontcuberta J. Diamagnetic Susceptibility and Root Growth Responses to Magnetic Fields in *Lens culinaris*, *Glycine soja*, and *Triticum aestivum*. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2004, v. 23, no. 2, pp. 97–112.
- [6] Gordon G.A. *Seed manual for forest trees*. UK London: Forestry Commission, 1992, 132 p.
- [7] Get transplanting right for seedling survival. Lloyd Phillips, September 11, 2012. Available at: <https://www.farmersweekly.co.za/agri-technology/farming-for-tomorrow/get-transplanting-right-for-seedling-survival/> (accessed 21.08.2020).
- [8] Smirnov A.I., Orlov F.S. *Sposob predposevnoy obrabotki semyan i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [The method of presowing treatment of seeds and a device for its implementation]. Pat. 2591969 of the Russian Federation, applicant and patent holder of LLC Raznoservice, 2014, byul. no. 20.
- [9] Starukhin R.S., Belitsyn I.V., Khomutov O.I. *Metod predposevnoy obrabotki semyan s ispol'zovaniem ellipticheskogo elektromagnitnogo polya* [Method of pre-sowing seed treatment using an elliptical electromagnetic field]. *Polzunovskiy Vestnik*, 2009, no. 4, pp. 97–103.
- [10] Lebedev V.M. *Ekologo-fiziologicheskie osobennosti reaktsii sosny obyknovennoy na uroven' plodorodiya pochvy kak pokazatel' adaptatsii k usloviyam sredy* [Ecological and physiological features of the reaction of Scots pine to the level of soil fertility as an indicator of adaptation to environmental conditions]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2019, no. 6, pp. 92–103.
- [11] Lyubimov V.V. *Biotropnost' estestvennykh i iskusstvenno sozdannykh elektromagnitnykh poley. Analiticheskiy obzor* [Biotropy of natural and artificially created electromagnetic fields. Analytical review]. Preprint, no. 7 (1103). Moscow: IZMIRAN, 1997, 85 p.
- [12] Smirnov A.I., Orlov F.S. *Ustroystvo dlya predposevnoy obrabotki posevnoy materiala* [Device for pre-sowing treatment of seed]. Pat. 155132 RF, applicant and patent holder LLC Raznoservice, 2014, byul. no. 26.
- [13] Mudhanganyi A., Maravanyika C., Ndagurwa H.G.T., Mwase R. The Influence of Hydrogel Soil Amendment on the Survival and Growth of Newly Transplanted *Pinus patula* Seedlings. *J. of Forestry Research*, 2018, v. 29, iss. 1, pp. 103–109. DOI: 10.1007/s11676-017-0428-1.
- [14] Fischer G., Tausz M., Köck M., Grill D. Effect of Weak 16% Hz Magnetic Fields on Growth Parameters of Young Sunflower and Wheat Seedlings. *Bioelectromagnetics*, 2004, v. 25, iss. 8, pp. 638–641. DOI: 10.1002/bem.20058/
- [15] Rubtsova E.I. *Vliyanie impul'snogo elektricheskogo polya na energiyu prorastaniya semyan soi* [Influence of a pulsed electric field on the germination energy of soybeans]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva* [Mechanization and electrification of agriculture], 2009, no. 12, pp. 26–27.
- [16] Smirnov A.I. *Vliyanie nizkочастотного электромагнитного поля na vskhozhest' semyan i rost seyantsev sosny obyknovennoy v pitomnikakh zony smeshannykh lesov* [Influence of low-frequency electromagnetic field on seed germination and growth of Scots pine seedlings in nurseries of mixed forest zone]. Diss. Cand. Sci. (Agric.). Moscow: MGUL, 2016, p. 58.
- [17] Bulygin N.E., Yarmishko V.T. *Dendrologiya* [Dendrology]. Moscow: MSFU, 2001, 528 p.
- [18] Svalov N.N. *Variatsionnaya statistika* [Variational statistics]. Moscow: MGUL, 2001, p. 80.

- [19] Komissarov G.G. *Vliyaniye fluktuiruyushchego elektromagnitnogo polya na rannie stadii razvitiya rasteniy* [Influence of fluctuating electromagnetic field on the early stages of plant development]. Doklady RAN, 2006, v. 406, no. 1, pp. 108–110.
- [20] Ksenz N.V., Kacheishvili S.V. *Analiz elektricheskikh i magnitnykh vozdeystviy na semena* [Analysis of electrical and magnetic effects on seeds]. Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva [Mechanization and electrification of agriculture], 2000, no. 5, pp. 10–12.
- [21] Korablev R.A. *Vliyaniye fizicheskikh faktorov na svoystva semyan i rost seyantsev sosny obyknovnoy i berezy povisloy* [The influence of physical factors on the properties of seeds and the growth of seedlings of Scots pine and silver birch]. Dis. Cand. Sci. (Agric.). Voronezh, 2003, 201 p.
- [22] Kulikova N.N. *Ekologicheskie aspekty deystviya nizkochastotnogo elektromagnitnogo polya na biologicheskie ob'ekty rastitel'nogo proiskhozhdeniya* [Environmental aspects of the action of a low-frequency electromagnetic field on biological objects of plant origin]. Dis. Cand. Sci. (Biol.). Moscow, 2006, 145 p.
- [23] Willan R.L. *A Guide to Forest Seed Handling with Special Reference to the Tropics*. FAO, Rome: Forestry Paper, 1987, no. 20/2.

Authors' information

Smirnov Aleksey Ivanovich — Cand. Sci. (Agriculture), LLC «Raznoservis», 3642737@mail.ru

Orlov Fedor Stanislavovich — Cand. Sci. (Agriculture), LLC «Raznoservis», ap-6@yandex.ru

Aksenov Petr Andreevich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), axenov.pa@mail.ru

Vasil'ev Sergey Borisovich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), svasilyev@mgul.ac.ru

Received 30.12.2020.

Accepted for publication 15.01.2021.

УДК 630*470.11

DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-35-40

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАГИ ПО СЕЧЕНИЮ СТВОЛА ДЕРЕВА В ЕЛЬНИКАХ ЧЕРНИЧНЫХ

П.А. Феклистов¹, А.В. Грязькин², И.Н. Болотов¹, О.Н. Тюкавина³

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики УрО РАН им. Н.П. Лаверова, 163000, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, д. 23

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5

³ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова» (САФУ), 163002, Россия, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, д. 17

o.tukavina@narfu.ru

Рассмотрено изменение влажности древесины по сечению стволов ели, проанализировано влияние возраста деревьев и диаметра ствола на влажность древесины. Исследования проведены в Архангельском лесничестве, в ельниках черничных разных классов возраста (с IV по VIII). Заложено 10 пробных площадей в чистых древостоях или с небольшой примесью березы и сосны. Для изучения влажности древесины стволов ели на каждой пробной площади отобрали 15 учетных деревьев (всего 150). Влажность древесины определяли на кернях, последовательно разделенных на 5-ти миллиметровые отрезки. Образцы древесины взвешивали на торсионных весах ВТ-500 и высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С до абсолютно сухого состояния. Рассчитывали относительную влажность древесины. В результате проведенных исследований установлена влажность заболонной (от 44,8 до 45,9 %) и ядровой древесины ели (от 32,2 до 36,1%). Выявлены две модели изменения количества воды на разном расстоянии от камбия. Для большинства деревьев (78–98 %) характерна четко выраженная водопроводящая зона, влажность древесины которой максимальна на расстоянии до 25 мм от камбия, после чего она резко снижается. Водопроводящая зона представлена примерно 40...50 наружными годичными кольцами. Вторая модель характеризуется плавным снижением влажности древесины по радиусу от периферии к центру ствола. Такая модель изменения влажности древесины в поперечном сечении ствола встречается редко в основном у молодых деревьев. С увеличением диаметра ствола влажность заболонной древесины уменьшается. Значимого различия во влажности водопроводящей зоны стволов елей разного класса возраста не выявлено. Влажность заболонной древесины уменьшается от шейки корня до 1,5 м по высоте ствола изменяясь от 52 ... 53 % до 49,0 ... 49,5 %.

Ключевые слова: влажность древесины, ель обыкновенная, ядровая древесины, заболонная древесина, класс возраста, диаметр

Ссылка для цитирования: Феклистов П.А., Грязькин А.В., Болотов И.Н., Тюкавина О.Н. Распределение влаги по сечению ствола дерева в ельниках черничных // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 35–40. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-35-40

Вода имеет первостепенное значение в жизнедеятельности дерева, ценность ее чрезвычайно многогранна. Для нормального функционирования живая ткань дерева должна быть достаточно снабжена водой [1–4], которая необходима для фотосинтеза, растворяет многочисленные вещества, образующиеся в растении, перемещает минеральные элементы по ксилеме ствола, поддерживает определенное тургорное давление в живых клетках и таким образом сохраняет их форму, в замыкающих клетках устьиц определяет их состояние (закрыты или открыты) и соответственно, осуществляет газообмен и, наконец, транспирация, т. е. испарение воды наземными частями растений, и особенно через устьица, приводит в действие механизмы поглощения веществ и передвижения воды по растению. Несмотря на важность водного режима для жизнедеятельности и продуктивности деревьев, он изучен недостаточно, хотя издавна привлекал внимание исследователей на родине лесоводства — в Германии [5].

Вода, находящаяся в ксилеме, имеет важное значение, поскольку от ее содержания зависит водообеспечение ассимиляционного аппарата, а он, в свою очередь, обеспечивает фотосинтез и формирование органических веществ, т. е. продуктивность как отдельных деревьев, так и древостоев в целом. Кроме того, эта вода обеспечивает транспирацию, от ее количества зависит степень открытия устьиц в хвое [6]. Наличие и изменение содержания воды в ксилеме может быть показателем водного баланса, т. е. ее приходом и расходом. [7].

Расход определяется транспирацией. Если он выше, чем приход, количество влаги в ксилеме ствола уменьшается, и наоборот [7]. Вода, находящаяся в ксилеме ствола, может перемещаться в молодые побеги, что позволяет деревьям переносить засушливый период за счет внутренних запасов воды в стволе в течение всего месяца [1]. Следовательно, содержание воды в древесине, выражающееся в виде ее влажности, и в зависимости от протяженности в поперечном сечении

заболони, позволяет оценивать физиологическую активность дерева, а также его способность переносить экстремальные условия. Некоторые авторы указывали на зависимость содержания влаги в стволах деревьев от их состояния и устойчивости к неблагоприятным факторам [2, 4, 8–10], на изменение содержания воды в стволах в зависимости от высоты деревьев, удаленности от камбия, времени суток, сезона года [8, 11–16].

Особенно следует отметить, что мало изучены региональные особенности водного режима ели. Имеются сведения о влажности ядра и заболони для ельников черничных [17], однако показатели влажности приведены относительно сухой массы, что затрудняет восприятие и оценку.

Влажность древесины и хвои нас интересовала с точки зрения функционирования деревьев для объяснения ростовых процессов. Известно, что вода движется по стволу по внешним периферийным годичным кольцам или по заболонной древесине. Однако размеры водопротягивающей поверхности или зоны площади сечения деревьев практически неизвестны. Приводятся только отдельные общие сведения [7] по редко встречающимся в нашей стране породам [18]. На проведение воды наружными годичными кольцами указывал Б.С. Чудинов [19].

Принцип сбалансированности системы водного транспорта, сформулированный в виде пайп-модели [20, 21], а также заключение о том, что вода проводится столькими годичными кольцами ксилемы, сколько имеется живых мутовок [22], представляется чрезмерно упрощенным для физиологического объяснения проведения воды. Последнее никак не согласуется с известным положением о связи очищения ствола от сучьев с низкой освещенностью, т. е. является результатом существования ветвей в условиях освещенности ниже компенсационного пункта [1]. Вопросы о содержании воды, ее проведении по сечению ствола изучены недостаточно, особенно с позиций географии [18] и применительно к отечественным древесным породам.

В исследованиях за рабочую гипотезу был принят тот факт, что часть сечения ствола, которая имеет наибольшую влажность, является водопротягивающей зоной в первую очередь.

Цель работы

Цель работы — изучение влажности древесины по сечению ствола в ельниках черничных и влияния на показатели влажности возраста деревьев и диаметра стволов.

Материалы и методы

Для изучения были подобраны ельники черничные разного возраста в Архангельском лесни-

честве (Приморский район Архангельской обл., северная подзона тайги). На 10 пробных площадях, заложенных в чистых древостоях или с небольшой примесью березы и сосны, были взяты 15 учетных деревьев на каждой пробной площади (всего 150) для изучения влажности древесины. Для этого возрастным буровом отбирались образцы древесины — керны, которые подразделялись на фрагменты через каждые 5 мм, впоследствии они взвешивались на торсионных весах ВТ-500, высушивались в сушильном шкафу до постоянного веса при температуре 105 °С и снова взвешивались. По этим данным рассчитывалась влажность древесины в процентах относительно сырого веса.

Результаты и обсуждение

Оценка результатов проводилась с помощью методов математической статистики [23–24].

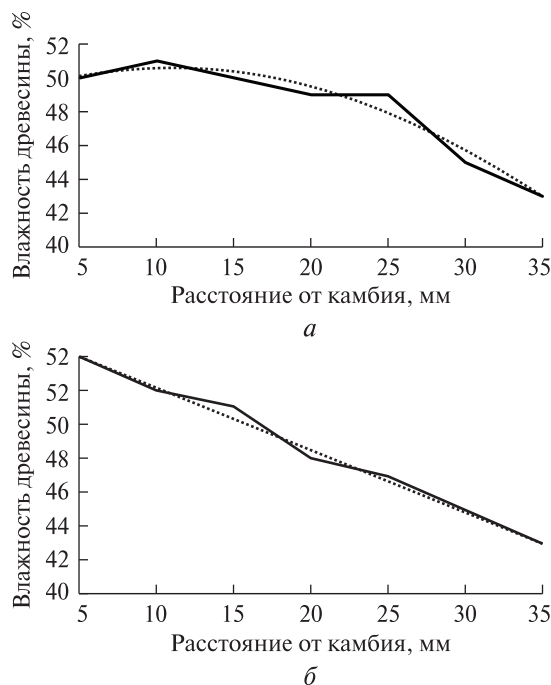


Рис. 1. Модели изменения количества воды на разном расстоянии от камбия: а — модель с выраженной водопротягивающей зоной; б — модель с плавным снижением влажности по радиусу ствола

Fig. 1. Models of changes in the amount of water at different distances from the cambium: a — a model with a clear water-conducting zone; б — model with a smooth decrease in moisture along the radius of the trunk

Детальное изучение распределения влажности по сечению ствола у 150 деревьев ели свидетельствует о том, что характер этого распределения очень сходен, но можно выделить две модели (рис. 1). Их объединяет неизменное уменьшение влажности древесины от периферии (наружных годичных колец) к центру ствола. Но в первой модели вблизи камбия

Т а б л и ц а 1

Содержание влаги в заболонной части ксилемы
ствола деревьев разных классов возраста, %Moisture content in the sapwood part of the xylem
of tree trunks of different age classes, %

Расчетный показатель	Возрастная группа дерева (класс возраста)				
	IV	V	VI	VII	VIII
Среднее значение	44,8	45,2	45,8	45,9	45,9
Ошибка среднего значения	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
Среднеквадратичное отклонение	2,5	1,9	1,6	2,7	2,5
Коэффициент изменчивости	5,8	4,1	3,6	5,9	5,4
Достоверность	224	226	458	229	229

Т а б л и ц а 2

Содержание влаги в ядровой части ксилемы
ствола деревьев разных классов возраста, %Moisture content in the core part of the xylem of tree
trunks of different age classes, %

Расчетный показатель	Возрастная группа дерева (класс возраста)				
	IV	V	VI	VII	VIII
Среднее значение	36,1	35,6	34,7	32,2	32,2
Ошибка среднего значения	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Среднеквадратичное отклонение	4,1	4,2	3,5	2,8	5,5
Коэффициент изменчивости	11,3	11,8	10,2	8,9	10,7
Достоверность	180	178	347	322	161

Т а б л и ц а 3

Дисперсионный анализ влияния фактора диаметра ствола на влажность древесины

Dispersion analysis of the influence of the trunk diameter factor on wood moisture

Источник вариации	Дисперсия	Число степеней свободы	Сила влияния и ее ошибка	Критерий Фишера расчетный	Критерий Фишера критический при уровне значимости 0,05
Между групп	672,50	6	0,97 ± 0,018	64,32	3,22
Внутри групп	17,42	10			
Итого:	689,92	16			

влажность древесины составляет 50...51 %, несколько снижаясь до 49 % на расстоянии от камбия 25 мм, а затем наблюдается ее отчетливое уменьшение. Следовательно, можно предположить, что водопроводящая функция ксилемы наиболее выражена до расстояния 25 мм от камбия. Это примерно 40...50 наружных годовичных колец. Воду проводят, прежде всего, трахеиды, располагающиеся в узком внешнем кольце, внешний диаметр которого соответствует диаметру ствола без коры, а внутренний — на 25 мм меньше него. Трахеиды, расположенные ближе к центру постепенно утрачивают функцию проведения воды. Такой характер присущ для деревьев ели разного возраста: для древостоев VII класса возраста наблюдается у 97 % деревьев, для VI — у 98, для V — у 92, для IV — у 78 %. Подобные результаты были получены для сосны — у большинства деревьев наибольшая влажность наблюдалась в 20-миллиметровой зоне, прилегающей к камбию [25]. Иной характер распределения влаги наблюдался во второй модели — постоянное снижение ее содержания в древесине от камбия к сердцевине. Эта модель характерна для древостоев IV класса возраста, а также и у отдельных деревьев в других возрастных группах.

Влажность древесины постепенно уменьшается по мере удаления от камбия, т. е. нет четко

выраженной водопроводящей зоны. При этом возрастает значение периферийных годовичных колец.

Влажность для учетных деревьев разного класса возраста представлена в табл. 1. В среднем влажность заболони IV класса возраста составляет 44,8 %, VI — 45,8, VII — 45,9, VIII — 45,9 %. Все показатели достоверны, критерий Стьюдента во много раз превышает критическое значение для уровня значимости 0,05. Наблюдается некоторый тренд изменения влажности по классам возраста, но различия между средними значениями по классам возраста по критерию Стьюдента недостоверны.

Влажность внутренней (ядровой) части деревьев составляет от 32 до 36 % в зависимости от возраста деревьев (табл. 2). Имеется четко выраженный тренд: чем выше класс возраста, тем меньше влажность. Однако следует отметить, что различия во влажности недостоверны между деревьями IV и V классов возраста, так же, как и между деревьями VII и VIII классов возраста. В то же время различия достоверны при сравнении V и VI; VI и VII классов возраста.

Проведение воды осуществляется по годовичным кольцам (по ксилеме). При этом, вероятнее всего, важен не возраст, а диаметр ствола дерева, хотя понятно, что он прямо связан с возрастом. Однако от диаметра ствола дерева зависит еще и площадь годовичного кольца (колец), по которому



Рис. 2. Изменение влажности древесины при удалении от шейки корня

Fig. 2. Change in moisture content of wood with distance from the root collar

проходит ток воды. Проверка показала, что влажность древесины изменяется в зависимости от диаметра ствола дерева. Установлено, что влажность заболонной части уменьшается с увеличением этого диаметра, что подтверждает дисперсионный анализ (табл. 3). Как он показал, фактор диаметра (ступень толщины) определяет влажность древесины. Критерий Фишера составляет 64,32, что больше табличного значения (3,2 для уровня значимости 0,05).

Влажность с 12-й по 24-ю ступень толщины уменьшается примерно на 17 %.

Влажность ксилемы изменяется с высотой взятия образца. Самая влажная древесина у шейки корня, затем она уменьшается и стабилизируется на высоте от земной поверхности 1,5...3 м (рис. 2), изменяясь от 52...53 % до 49,0...49,5 %. К сожалению, на высоте более 3 м от земной поверхности были затруднения с отбором образцов, поэтому данных нет.

Выводы

У абсолютного большинства деревьев (78–98 %) влажность древесины наибольшая у периферийной части ксилемы, примерно на расстоянии 25 мм от камбия, после чего ее значение резко снижается. Это соответствует 40...50 наружным годичным кольцам. Влажность этой части древесины находится в пределах от 49 до 50 %, что фактически свидетельствует о ней как о водопроницающей поверхности.

У части более молодых деревьев (2...22 %) влажность древесины снижается от периферии к центру ствола фактически по прямой — от 54 % и ниже — и водопроницающая поверхность не выражена.

В среднем влажность заболонной части древесины изменяется от 44,8 до 45,9 %, а ядровой — от 32,2 до 36,1 %.

Влажность заболонной части уменьшается с увеличением диаметра ствола дерева.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН (проект № 0409-2019-0039; № ГР ААА-А-118-118011690221-0).

Список литературы

- [1] Веретенников А.В. Физиология растений с основами биохимии. Воронеж: Изд-во ВГЛА, 1987. 255 с.
- [2] Сенькина С.Н. Водный режим сосны и ели в фитоценозах Севера. Екатеринбург: Редакционно-издательский отдел УрО РАН, 2013. 104 с.
- [3] Шатерникова А.Н., Терехов Ф.И. Передвижение воды в стволах подсоченных сосен // Исследование по лесному хозяйству. М.;Л.: Гослесбуиздат, 1952. С. 26–51.
- [4] Чжан С.А., Пузанов О.А. Особенности распределения влаги в стволах деревьев, в зонах длительного технического воздействия // Лесотехнический журнал, 2015. Т. 5, № 4 (20). С. 16–25.
- [5] Бюсен М. Строение и жизнь наших лесных деревьев. М.;Л.: Гослесбуиздат, 1961. 424 с.
- [6] Иванов Л.А. Свет и влага в жизни наших древесных пород. М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1946. 60 с.
- [7] Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-И. Физиология древесных растений. М.: Лесная пром-сть, 1974. 421 с.
- [8] Карасев В.Н., Карасева М.А. Особенности водного режима деревьев ели европейской в ранневесенний период // Лесной журнал, 2011. № 1. С. 37–42.
- [9] Тюкавина О.Н., Чуркина Ю.В. Влажность древесины тополя бальзамического // Уч. зап. Петрозаводского государственного университета, 2015. № 6. С. 89–94.
- [10] Платонов А.Д., Курьянова Т.К., Макаров А.В. Распределение влаги по стволу дерева пораженного огнем // Лесотехнический журнал, 2011. № 3 (3). С. 27–31.
- [11] Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды и пути их решения. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 96 с.
- [12] Вакин А.Т. К методике определения влажности непросушенной древесины // Лесной журнал, 1959. № 1. С. 126–131.
- [13] Феклистов П.А., Тюкавина О.Н. Особенности ассимиляционного аппарата, водного режима и роста деревьев сосны в осушенных сосняках. Архангельск: Издательский дом САФУ, 2014. 179 с.
- [14] Brough D.W., Jones H.G., Grace J. Diurnal changes water content of the stems of apple trees, as influenced by irrigation // Plant Cell Environ, 1986, no. 9, pp. 1–7.
- [15] Schulze E.D., Beck E., Muller-Hohenstein K. Plant ecology. Springer: Berlin-Heidelberg, 2005, 440 p.
- [16] Senelwa K., Sims R.E.H. Fuel Characteristics of Shot Rotation Forest Biomass // Biomass and Bioenergy, 1999, v. 17 (2), pp. 127–140.
- [17] Овсянникова Н.В., Феклистов П.А., Худяков В.В., Третьяков С.В., Мерзленко М.Д., Гельфанд Е.Д. Влажность древесины деревьев ели в черничном типе леса // ИВУЗ Лесной журнал. 2012, № 2. С. 53–57.
- [18] Крамер П.Д., Козловский Е.Е. Физиология древесных растений. М.: Лесная пром-сть, 1983. 462 с.
- [19] Чудинов Б.С. Вода в древесине. Новосибирск: Наука, 1984. 270 с.
- [20] Shinozaki K., Yoda K., Hozumi K., Kira T. A quantitative analysis of plant form — the pipe model theory // Japanese J. of Ecology, 1964, v. 14, no. 3, 1. Basic analysis, pp. 97–105.
- [21] Усольцев В.А. Применение инвариантных взаимосвязей при оценке массы крон деревьев. Екатеринбург: Изд-во Уральского лесотехнического института, 1993. Ч. 1. 37 с.
- [22] Кайбияйнен Л.К., Хари П., Сазонова Т.А., Мякеля А. Сбалансированность системы водного транспорта у сосны обыкновенной. III. Площадь проводящей ксилемы и масса хвон // Лесоведение, 1986. № 1. С. 31–37.

- [23] Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований. Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2016. 123 с.
- [24] Никитин К.Е., Швиденко А.З. Методы и техника обработки лесохозяйственной информации. М.: Лесная пром-сть, 1978. 270 с.
- [25] Тюкавина О.Н., Феклистов П.А. Формирование водопроводящей зоны ствола при адаптации деревьев сосны к водному режиму почв // Проблемы лесоведения и лесоводства: Материалы III Мелеховских чтений посвященных 100-летию со дня рождения И.С.Мелехова, Архангельск, 15–16 сентября 2005. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2005. С. 67–70.

Сведения об авторах

Феклистов Павел Александрович — д-р с.-х. наук, профессор, гл. науч. сотр. лаборатории экологии популяций и сообществ Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики УрО РАН им. Н.П. Лаверова, pfeklistov@yandex.ru

Грязькин Анатолий Васильевич — д-р биол. наук, профессор кафедры лесоводства Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, lesovod@bk.ru

Болотов Иван Николаевич — д-р биол. наук, член-кор. РАН, директор Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики УрО РАН им. Н.П. Лаверова, inepras@yandex.ru

Тюкавина Ольга Николаевна — канд. с.-х. наук, доцент кафедры биологии, экологии и биотехнологии Высшей школы естественных наук и технологий, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, o.tukavina@narfu.ru

Поступила в редакцию 24.12.2020.

Принята к публикации 27.01.2021.

MOISTURE DISTRIBUTION OVER TREE TRUNK CROSS-SECTION IN BILBERRY SPRUCE FORESTS

P.A. Feklistov¹, A.V. Gryazkin², I.N. Bolotov¹, O.N. Tyukavina³

¹N.P. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 23, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 163000, Arkhangelsk, Russia

²S.M. Kirov Saint-Petersburg State Forestry University, 5, Institutsky lane, 194021, St. Petersburg, Russia

³Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 163002, Arkhangelsk, Russia

o.tukavina@narfu.ru

The article considers the change in the moisture content in the wood along the cross-section of spruce trunks, it also analyzes the influence of the trees age and the diameter of the trunk on the wood moisture content. The research was carried out in the Arkhangelsk Forestry in the bilberry spruce forests of different age classes (from IV to VIII). 10 trial plots were laid in clear stands or with a small mixture of birch and pine. To study the moisture content of spruce trunks, 15 sample trees (150 in total) were selected for each trial plot. The wood moisture content was determined on cores sequentially divided into 5-millimeter segments. Wood samples were weighed on a VT-500 torsion balance and dried in a drying cabinet at a temperature of 105 °C to a completely dry state. The relative moisture of wood was calculated. As a result of the conducted studies, the moisture of sapwood (from 44,8 to 45,9 %) and heartwood (from 32,2 to 36,1 %) was established. Two models of changes in the amount of water at different distances from the cambium were identified. The majority of trees (78–98 %) are characterized by a well-defined water supply zone, the moisture content of which is maximum at a distance of up to 25 mm from the cambium, after which it decreases sharply. The water supply zone is represented by approximately 40...50 outer annual rings. The second model is characterized by a gradual decrease in wood moisture along the radius from the periphery to the center of the trunk. Such a model of changes in the moisture content of wood in the cross-section of the trunk is rare, mainly in young trees. As the trunk diameter increases, the moisture content of sapwood decreases. There was no significant difference in the sapwood moisture of spruce trunks of different age classes. The sapwood moisture decreases from the root neck to 1.5 m in height of the trunk, varying from 52...53 % to 49,0...49,5 %.

Keywords: wood moisture content, Norway spruce, heartwood, sapwood, tree age class, diameter

Suggested citation: Feklistov P.A., Gryazkin A.V., Bolotov I.N., Tyukavina O.N. *Raspredelenie vlagi po secheniyu stvola dereva v el'nikakh chernichnykh* [Moisture distribution over tree trunk cross-section in bilberry spruce forests]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 35–40. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-35-40

References

- [1] Veretennikov A.V. *Fiziologiya rasteniy s osnovami biokhimi* [Plant physiology with basic biochemistry]. Voronezh: Voronezh State Forestry Academy Publishing House, 1987, 255p.
- [2] Sen'kina S.N. *Vodnyy rezhim sosny i eli v fitotsenozakh Severa* [Water regime of pine and spruce in phytocenoses of the North]. Yekaterinburg: Editorial and Publishing Department UrD RAN, 2013, 104 p.

- [3] Shaternikova A.N., Terekhov F.I. *Peredvizhenie vody v stvolakh podsochennykh sosen* [The movement of water in trunks of pine trees podmazannykh]. Issledovanie po lesnomu khozyaystvu [Forestry research]. Moscow; Leningrad: State forest paper publishing house, 1952, pp. 26–51.
- [4] Chzhan S.A., Puzanov O.A. *Osobennosti raspredeleniya vlagi v stvolakh derev'ev, v zonakh dlitel'nogo tekhnicheskogo vozdeystviya* [Features of moisture distribution in tree trunks, in areas of long-term technical impact]. Lesotekhnicheskii zhurnal [Forest engineering journal], 2015, v. 5, no. 4 (20), pp. 16–25.
- [5] Byusgen M. *Stroenie i zhizn' nashikh lesnykh derev'ev* [Structure and life of our forest trees]. Moscow; Leningrad: State forest paper publishing house, 1961, 424 p.
- [6] Ivanov L.A. *Svet i vlaga v zhizni nashikh drevesnykh porod* [Light and moisture in the life of our tree species]. Moscow; Leningrad: Publishing house AN SSSR, 1946, 60 p.
- [7] Lir Kh., Pol'ster G., Fidler G.-I. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy* [Physiology of woody plants]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest industry], 1974, 421 p.
- [8] Karasev V.N., Karaseva M.A. *Osobennosti vodnogo rezhima derev'ev eli evropeyskoy v rannevesenniy period* [Features of the water regime of European spruce trees in the early spring period]. Lesnoy zhurnal [Forest journal], 2011, no. 1, pp. 37–42.
- [9] Tyukavina O.N., Churkina Yu.V. *Vlazhnost' drevesiny topolya bal'zamicheskogo* [Humidity of balsamic poplar wood]. Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific notes of Petrozavodsk state University], 2015, no. 6, pp. 89–94.
- [10] Platonov A.D., Kur'yanova T.K., Makarov A.V. *Raspredelenie vlagi po stvolu dereva porazhennogo ognem* [Distribution of moisture on the trunk of a tree affected by fire]. Lesotekhnicheskii zhurnal [Forest engineering journal], 2011, no. 3 (3), pp. 27–31.
- [11] Izrael' Yu.A. *Ekologiya i kontrol' sostoyaniya prirodnoy sredy i puti ih resheniya* [Ecology and control of the state of the natural environment and ways to solve them]. Leningrad: Hydrometeorological publishing house, 1983, 96 p.
- [12] Vakin A.T. *K metodike opredeleniya vlazhnosti neprosushennoy drevesiny* [To the method of determining the moisture content of untreated wood]. Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal), 1959, no. 1. pp. 126–131.
- [13] Feklistov P.A., Tyukavina O.N. *Osobennosti assimilyatsionnogo apparata, vodnogo rezhima i rosta derev'ev sosny v osushennykh sosnyakakh* [Features of the assimilation apparatus, water regime and growth of pine trees in drained pine forests]. Arkhangel'sk: Publishing house SAFU, 2014, 179 p.
- [14] Brough D.W., Jones H.G., Grace J. Diurnal changes water content of the stems of apple trees, as influenced by irrigation. *Plant Cell Environ*, 1986, no. 9, pp. 1–7.
- [15] Schulze E.D., Beck E., Muller-Hohenstein K. *Plant ecology*. Springer: Berlin-Heidelberg, 2005, 440 p.
- [16] Senelwa K., Sims R.E.H. Fuel Characteristics of Shot Rotation Forest Biomass. *Biomass and Bioenergy*, 1999, v. 17 (2), pp. 127–140.
- [17] Ovsyannikova N.V., Feklistov, P.A. Khudyakov V.V., Tret'yakov, S.V. Merzlenko M.D., Gel'fand E.D. *Vlazhnost' drevesiny derev'ev eli v chernichnom tipe lesa* [Wood moisture of spruce trees in the blueberry forest type]. Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal), 2012, no. 2, pp. 53–57.
- [18] Kramer P. D., Kozlovskiy E.E. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy* [Physiology of woody plants]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest industry], 1983, 462 p.
- [19] Chudinov B.S. *Voda v drevesine* [The water in the wood]. Novosibirsk: Nauka [The science. Siberian Department], 1984, 270 p.
- [20] Shinozaki K., Yoda K., Hozumi K., Kira T. A quantitative analysis of plant form — the pipe model theory. *Japanese J. of Ecology*, 1964, v. 14, no. 3, 1. Basic analysis, pp. 97–105.
- [21] Usol'tsev V.A. *Primenenie invariantnykh vzaimosvyazey pri otsenke massy kron derev'ev* [Application of invariant relationships in estimating the crown mass of trees]. P. 1. Yekaterinburg: Publishing house of the Ural forestry engineering Institute, 1993, 37 p.
- [22] Kaybiyaynen L.K., Khari P., Sazonova T.A., Myakelya A. *Sbalansirovannost' sistemy vodnogo transporta u sosny obyknovnoy. III. Ploshchad' provodyashchey ksilemy i massa khvoi* [Balance of the water transport system in Scots pine. III. Area of conducting xylem and weight of needles], Lesovedenie [Forest science], 1986, no. 1. pp. 31–37.
- [23] Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. *Statisticheskaya obrabotka materialov lesovodstvennykh issledovaniy* [Statistical processing of forest research materials]. Saint Petersburg: Publishing house of the Polytechnic University, 2016, 123 p.
- [24] Nikitin K.E., Shvidenko A.Z. *Metody i tekhnika obrabotki lesokhozyaystvennoy informatsii* [Methods and techniques for processing forestry information]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest industry], 1978, 270 p.
- [25] Tyukavina O.N., Feklistov P.A. *Formirovanie vodoprovodyashchey zony stvola pri adaptatsii derev'ev sosny k vodnomu rezhimu pochv* [Formation of the trunk water supply zone when pine trees adapt to the water regime of soils]. Problemy lesovedeniya i lesovodstva: Materialy III Melekhovskikh chteniy posvyashchennykh 100-letiyu so dnya rozhdeniya I.S. Melekhova [Problems of forest science and forestry: Materials of III Melekhov readings dedicated to the 100th anniversary of the birth of I. S. Melekhov]. Arkhangel'sk, September 15–16, 2005. Arkhangel'sk: Arkhangel'sk State Technical University Publishing House, 2005, pp. 67–70.

Authors' information

Feklistov Pavel Aleksandrovich — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the N.P. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Principal Investigator of the Lab for Ecology of Populations and Communities, p.feklistov@narfu.ru

Gryaz'kin Anatoliy Vasil'evich — Dr. Sci. (Biology), Professor of the S.M. Kirov Saint-Petersburg State Forestry University, lesovod@bk.ru

Bolotov Ivan Nikolaevich — Dr. Sci. (Biology), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Principal Investigator of the N.P. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, inepras@yandex.ru

Tyukavina Ol'ga Nikolaevna — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, o.tukavina@narfu.ru

Received 24.12.2020.

Accepted for publication 27.01.2021.

КОРРЕКТИРОВКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЗЮРАТКУЛЬ» (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПО ГРАНИЦАМ МЕСТ ОБИТАНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

А.Р. Сибиркина, Л.В. Трофимова, Н.Н. Кузьмищев

ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», 454001, г. Челябинск, ул. Бр. Кашириных, д. 129

sibirkina_alfira@mail.ru

Представлена информация о местах обитания на территории Национального парка «Зюраткуль» 18 видов позвоночных животных, внесенных в Красную книгу Российской Федерации и Красную книгу Челябинской области. Представлена разработанная система функциональных зон Национального парка «Зюраткуль» в целях обеспечения сохранности животных, обитающих на его территории. Приведен анализ литературных источников, описывающих краснокнижные виды позвоночных животных, обитающих на этой территории, на основании чего охарактеризованы необходимые требования к условиям их обитания и описаны климатические условия, сформировавшиеся в пределах рассматриваемой территории. Выявлены общие географические особенности местности, установлены закономерности природных и хозяйственных территориальных комплексов. Выделены и нанесены на карты-схемы установленные границы мест обитания позвоночных животных. Разработаны предложения по корректировке границ ранее определенных функциональных зон. Внесены предложения по проведению мониторинга численности представителей редких и исчезающих видов позвоночных животных и мониторинга антропогенной нагрузки. **Ключевые слова:** функциональное зонирование, Национальный парк «Зюраткуль», редкие и исчезающие виды, Красная книга Челябинской области

Ссылка для цитирования: Сибиркина А.Р., Трофимова Л. В., Кузьмищев Н. Н. Корректировка функциональных зон Национального парка «Зюраткуль» (Челябинская область) по границам мест обитания редких видов позвоночных животных // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 41–50. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-41-50

Современная система функционального зонирования территории Национального парка «Зюраткуль» не обеспечивает должного уровня защищенности редких и исчезающих видов позвоночных животных, внесенных в Красную книгу Челябинской области и Красную книгу России, от антропогенной нагрузки. Хозяйственная и рекреационная деятельность на территории национального парка обусловила необходимость в систематизации имеющихся данных по редким видам позвоночных животных, населяющих парк для корректировки границ уже существующих и выделения дополнительных зон с особым режимом охраны, заповедных зон для усиления защищенности редких видов фауны от антропогенного воздействия. В связи с этим интересна и перспективна, на наш взгляд, идея создания многофункциональной системы инвентаризации лесов, предложенная в работе [1], которая предполагает разработку принципов зонирования территории, составление схемы сбора детальных наземных и спутниковых данных.

Цель работы

Цель работы — корректировка границ функциональных зон Национального парка «Зюраткуль», установление изменений площади и конфигурации ранее установленных функциональных зон и выделение новых особо охраняемых участков

с вероятным местом обитания редких видов позвоночных животных, встречающихся на этой территории в целях усиления их защищенности.

По данным Красной книги Челябинской области, на территории парка обитает 18 видов позвоночных животных, занесенных в Красную книгу Челябинской области и Красную книгу России [2, 3] (таблица).

Национальный парк «Зюраткуль» расположен в Саткинском районе Челябинской обл. Это один из наиболее известных и посещаемых национальных парков Урала, создан в 1993 г. Общая площадь парка — 88 249 га, протяженность с севера на юг — 49 км, с запада на восток — 28 км. Парк получил свое название по высокогорному оз. Зюраткуль. Территория парка раскинулась в наиболее высокогорной части Южного Урала, отличающейся гористым рельефом, сильно пересеченным долинами рек и мелкими речками. На территории парка преобладают еловые и елово-пихтовые, а также березовые леса, в которых произрастает 653 вида растений, в том числе пихта сибирская, ель европейская и др. Животный мир насчитывает 214 видов [4].

Материалы и методы

В качестве объекта исследования были выбраны позвоночные животные, ареалы обитания которых легче определить камеральным методом

**Редкие и исчезающие виды
Национального парка «Зюраткуль» [2]
Rare and endangered species of the «Zyuratkul»
National Park [2]**

Класс	Вид	Категория статуса
Млекопитающие	Летяга (<i>Pteromys volans</i> Linnaeus, 1758)	III
	Садовая соя (<i>Eliomys quercinus</i> Linnaeus, 1766)	III
	Лесной лемминг (<i>Myopus schisticolor</i> Lilljeborg, 1844)	III
	Европейская норка (<i>Mustela lutreola</i> Linnaeus, 1761)	I
	Речная выдра (<i>Lutra lutra</i> Linnaeus, 1758)	III
Пресмыкающиеся	Веретеница ломкая (<i>Anquis fragilis</i> Linnaeus, 1758)	III
	Обыкновенная медянка (<i>Coronella austriaca</i> Laurenti, 1768)	III
Птицы	Беркут (<i>Aquila chrysaetos</i> Linnaeus, 1758)	III
	Сапсан (<i>Falco peregrinus</i> Tunstall, 1771)	III
	Филин (<i>Bubo bubo</i> Linnaeus, 1758)	III
	Чернозобая гагара (<i>Gavia arctica</i> Linnaeus, 1758)	III
	Лебедь-кликун (<i>Cygnus cygnus</i> Linnaeus, 1758)	III
	Обыкновенный осоед (<i>Pernis apivorus</i> Linnaeus, 1758)	III
	Мохноногий сыч (<i>Aegolius funereus</i> Linnaeus, 1758)	III
	Воробьиный сычик (<i>Glaucidium passerinum</i> Linnaeus, 1758)	III
	Ястребиная сова (<i>Surnia ulula</i> Linnaeus, 1758)	III
	Оляпка (<i>Cinclus cinclus</i> Linnaeus, 1758)	III
Рыбы	Европейский хариус (<i>Thymallus thymallus</i> Linnaeus, 1758)	II

дешифрирования аэрокосмических фотоснимков. Для построения карт-схем использовали программу MapInfo. На растровый снимок местности наносили границы национального парка, заповедной зоны, мест наибольшей рекреационной нагрузки (стоянок, туристических маршрутов, достопримечательностей). После этого на карту-схему наносили приблизительные границы обитания видов, которые можно выявить методом камерального дешифрирования. По литературным источникам были получены данные об исчезающих и редких видах позвоночных, об их местах обитания, повадках, активности и особенностях. При проведении исследования использовали кадастровую информацию по Национальному парку «Зюраткуль» за период 2013–2016 гг.

Результаты и обсуждение

Охранные статусы I и II категорий на территории национального парка имеют такие виды позвоночных животных, как Европейская норка (*Mustela lutreola* Linnaeus, 1761) и Европейский хариус (*Thymallus thymallus* Linnaeus, 1758), находящиеся под угрозой исчезновения и сокращающиеся в численности и/или в распространении соответственно. Категорию редкие (III категория) имеют 16 видов, в том числе 3 вида из класса пресмыкающиеся, 10 видов птиц и 4 вида млекопитающих (см. таблицу). Согласно последним данным некоторые виды позвоночных были переведены из IV категории (виды с неопределенным статусом) в III категорию [2].

Несмотря на то, что позвоночные животные обитают здесь в различных ландшафтах, т. е. населяют самые глухие безлюдные места, предпочитая крупные лесные массивы, также встречаются на открытых местах с небольшими массивами леса и участками скал, в разных внутренних пресноводных водоемах, предпочитая чистые реки с каменистым дном и облесенными берегами или берега быстрых речек с прозрачной водой [2]. Все они испытывают схожие потенциальные угрозы негативного антропогенного воздействия в виде прямого (сетевого лова рыбы, интенсивного браконьерства и любительского лова, гибели на автодорогах) и опосредованного истребления человеком (пожаров, вырубок лесов, дуплистых деревьев, нарушения покоя в период гнездования, загрязнения и трансформации коренных местообитаний, оскудения кормовой базы в результате применения пестицидов и выпаса скота), а также по естественным причинам, например, сужение пищевой специализации, низкой плодовитости вида, вытеснения другими видами и др. Агрессивным фактором антропогенного воздействия признаются лесные пожары, которые возникают главным образом по вине человека [5]. Для уменьшения частоты их появления важно проводить системную профилактическую работу с сотрудниками парка в виде инструктажей, бесед, обучать их действиям, которые следует выполнять при возникновении лесных пожаров и их тушении. Агитационно-разъяснительная работа с населением не менее важна в пожароопасный период и должна проводиться в форме лекций, бесед по противопожарной безопасности с учетом возрастных и социальных особенностей групп населения, проживающих в близко расположенных населенных пунктах, уделяя особое внимание профилактической работе с молодежью [6].

Научно-исследовательские и просветительские функции национального парка подтверждают функционирующие на его территории 13 ту-






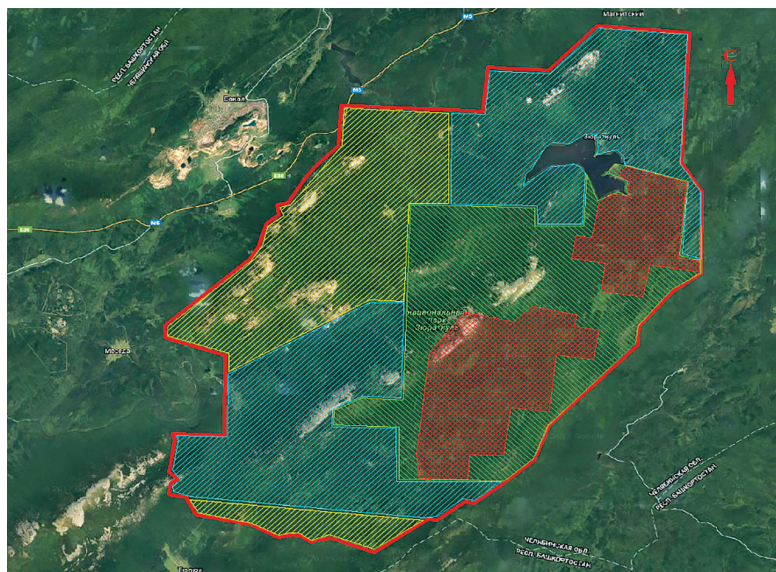
-  Границы Национального парка «Зюраткуль»
-  Особо-охраняемая зона
-  Рекреационная зона
-  Хозяйственная зона
-  Заповедная зона

Рис. 1. Функциональное зонирование (М 1:300 000)
Fig. 1. Schematic map of the existing functional zoning (M 1: 300 000)










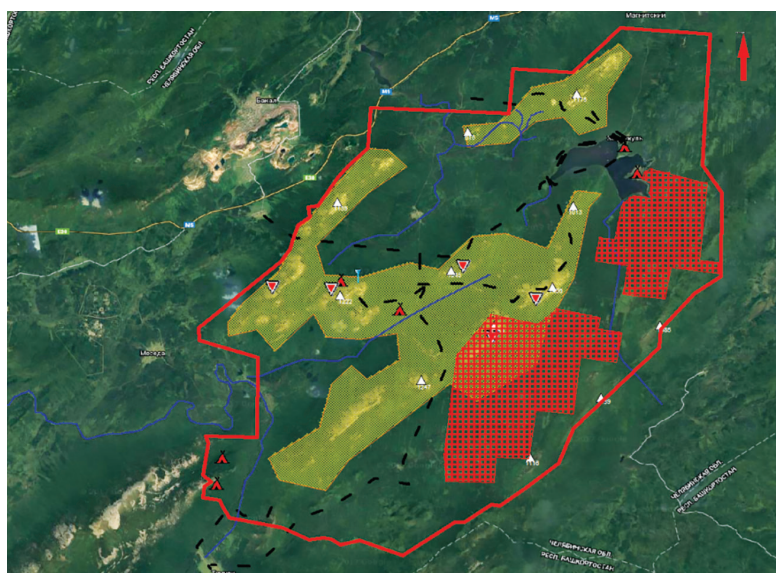
-  Высоты
-  Реки
-  Фонтан
-  Скалы-останцы
-  Туристические маршруты
-  Оборудованные места отдыха
-  Вид беркут (*Aquila chrysaetos* Linnaeus, 1758)

Рис. 2. Места обитания беркута (*Aquila chrysaetos* Linnaeus, 1758) (М 1:300 000)
Fig. 2. Prospective habitat of the Golden eagle (*Aquila chrysaetos* Linnaeus, 1758) (M 1:300 000)



ристических маршрутов разной протяженности и сложности, некоторые из которых проходят через особо охраняемую зону. По маршрутам можно передвигаться пешком, верхом на лошади, велосипеде, в зимнее время на лыжах, но ни один из маршрутов не затрагивает заповедную (закрытую) территорию [4].

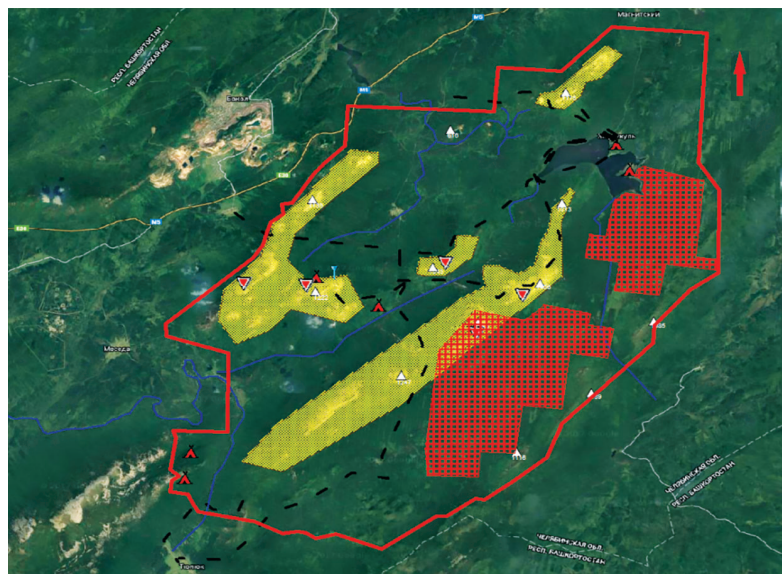
Следует отметить, что ранее разработанное функциональное зонирование для Национального парка «Зюраткуль» не учитывает ареалы редких и исчезающих видов позвоночных, обитающих в его приделах в настоящее время [4] (рис. 1).

Анализ имеющихся научных литературных данных по климатическим условиям парка «Зюраткуль», жизненным особенностям редких и исчезающих видов, обитающих на его территории, показал нижеследующие особенности.

Исходя из того, что беркут (*Aquila chrysaetos* Linnaeus, 1758) гнездится в горно-лесной и лесостепной местности на высоких старых деревьях, вероятным местом гнездования являются верхние точки хребтов Большая Сукá, Нургуш, Москаль, Зюраткуль [7] (рис. 2).

Перелетный и пролетный вид сапсан (*Falco peregrinus* Tunstall, 1771), гнездящийся на меньших, чем беркут, высотах, имеет более широкий ареал гнездования — сапсаны населяют открытые местности, чаще всего встречаются в тундре, лесотундре, лесостепях, тяготеют к речным поймам, избегая сплошных лесных массивов и пустынь, охотно селятся в урбанистических ландшафтах, включая мегаполисы [7, 8] (рис. 3).

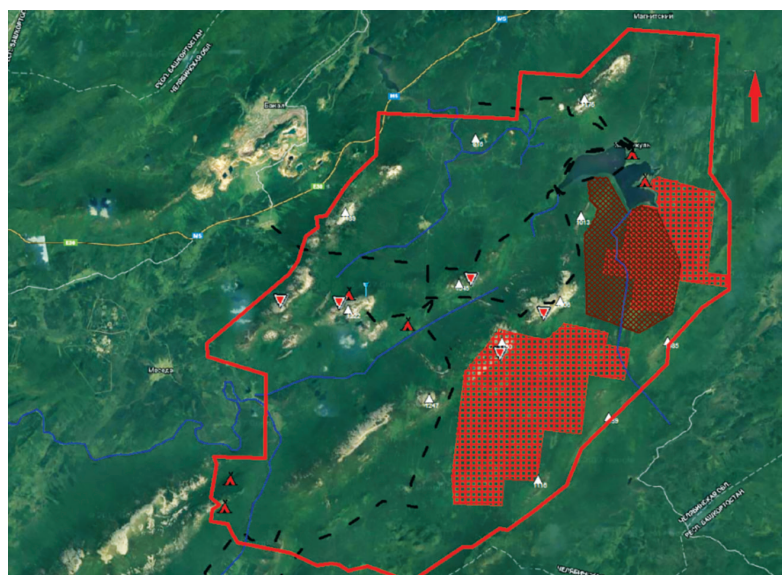
Вместе с тем оба вида имеют общие территории кормовой базы, представленные горными



Вид сапсан (*Falco peregrinus Tunstall, 1771*)

Рис. 3. Места обитания сапсана (*Falco peregrinus Tunstall, 1771*) (М 1:300 000)

Fig. 3. Prospective habitat of the Peregrine falcon (*Falco peregrinus Tunstall, 1771*) (М 1:300 000)



Вид обыкновенный осоед (*Pernis apivorus Linnaeus, 1758*)

Рис. 4. Места обитания обыкновенного осоеда (*Pernis apivorus Linnaeus, 1758*) (М 1:300 000)

Fig. 4. Prospective habitat of the Common wasp eater (*Pernis apivorus Linnaeus, 1758*) (М 1:300 000)

котловинами между хребтами. Характер их миграции имеет и вертикальный характер, зависящий от температуры окружающей среды, и горизонтальный, зависящий от насыщенности кормовой базы.

В высокоствольных осветленных смешанных и лиственных лесах вблизи открытых пространств, избегая таежные местообитания, гнездится обыкновенный осоед (*Pernis apivorus Linnaeus, 1758*), устраивая гнездо на высоте от 8 до 20 м. Исходя из основного рациона птиц — личинок ос, шмелей и диких пчел, при нехватке пищи рацион расширяется до лягушек, ящериц, мелких грызунов и птиц, жуков и кузнечиков [7, 9], предполагаем, что осоед, гнездится в горной котловине между хребтами Нургуш и Уреньга и южнее оз. Зюраткуль, а также между хребтами Большая Сука́ и Зюраткуль (рис. 4).

Схожие повадки, места гнездования и кормовую базу имеют представители семейства совиных (*Strigidae*): филин (*Bubo bubo Linnaeus,*

1758), мохноногий сыч (*Aegolius funereus Linnaeus, 1758*), воробьиный сычик (*Glaucidium passerinum Linnaeus, 1758*). Для них соответственно характерны такие биотопы, как горы, пустыни, степи, лесные массивы.

Филины предпочитают жить поодиночке, придерживаясь конкретной территории. На Южном Урале вид *Bubo bubo* встречается в хвойных и смешанных лесах, практически не боится людей, часто в поисках более комфортных территорий с достаточным количеством пропитания селится в городских парках и вблизи сельскохозяйственных угодий [10,11]. На территории парка предположительно может встречаться в горных котловинах.

В отличие от филина сычи — птицы очень осторожные и никогда не селятся на открытой местности, предпочитая высокоствольные, преимущественно хвойные, леса, вследствие этого встретить их в дикой природе крайне сложно.


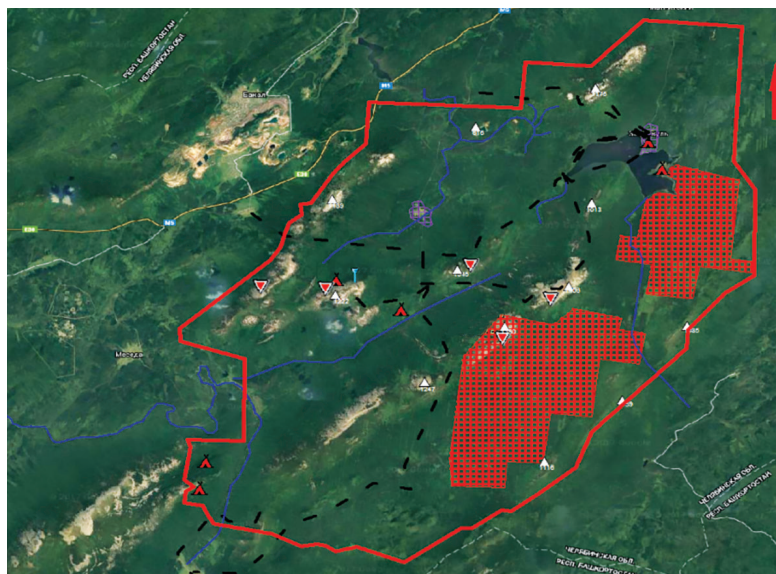
 Вид садовая соня
(*Eliomys quercinus* Linnaeus, 1766)

Рис. 5. Места обитания садовой сони
(*Eliomys quercinus* Linnaeus, 1766)
(М 1:300 000)

Fig. 5. Prospective habitat of the Garden dormouse (*Eliomys quercinus* Linnaeus, 1766) (М 1:300 000)




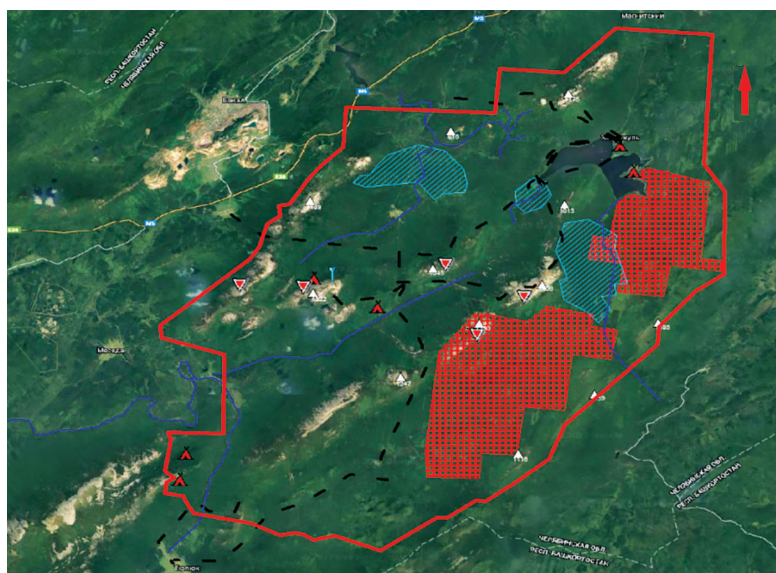
 Вид лесной лемминг
(*Myopus schisticolor* Liljeborg, 1844)

Рис. 6. Места обитания лесного лемминга
(*Myopus schisticolor* Liljeborg, 1844)
(М 1:300 000)

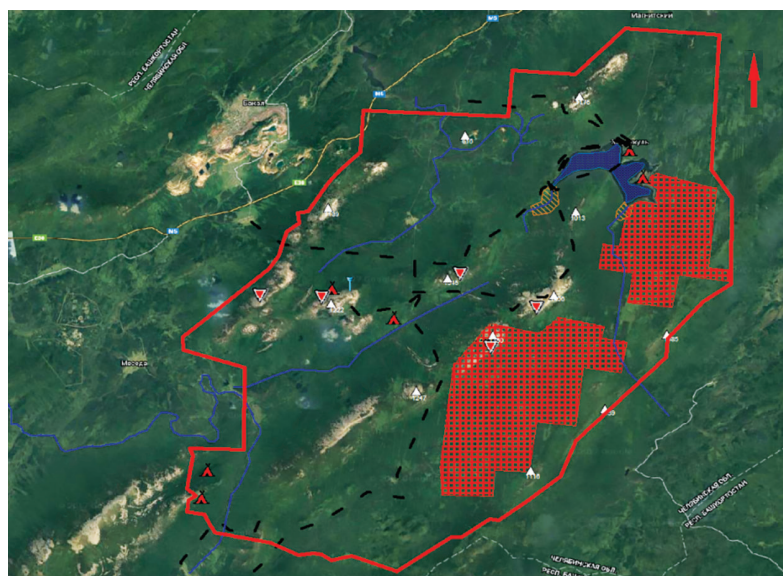
Fig. 6. Prospective habitat of the Forest lemming (*Myopus schisticolor* Liljeborg, 1844) (М 1:300 000)



Единственным видом рода совы ястребиные (*Surnia*) является ястребиная сова (*Surnia ulula* Linnaeus, 1758). Это — единственная из сов, которая ведет не ночной, а дневной образ жизни и внешне напоминает больше дневных хищных птиц. Строение тела и окрас ястребиной совы похожи на ястреба-тетеревятника, а лицевой диск и голос — на сов. Ястребиная сова является малоизученным и редким (IV категория) видом [12], и точных данных о гнездовании ястребиной совы нет. Известно, что птица предпочитает зрелые хвойные и смешанные леса, но с преобладанием хвойных пород, примыкающих к болотам, пустошам или гарям, вырубкам, охотнее всего птица селится в разреженных ельниках и сосняках, не превышающих по высоте 15 м, на зарастающих болотах. Будучи от природы неосторожным видом, сова не избегает соседства с человеком, отмечены случаи гнездования в 100–200 м от

жилищ людей. Часто птица становится жертвой браконьеров, особенно в период осенне-зимних странствий на открытых биотопах. Схожие повадки с другими представителями семейства совиные (*Strigidae*) и подтвержденный факт гнездования на территории области свидетельствуют о вероятности их обитания на территории парка.

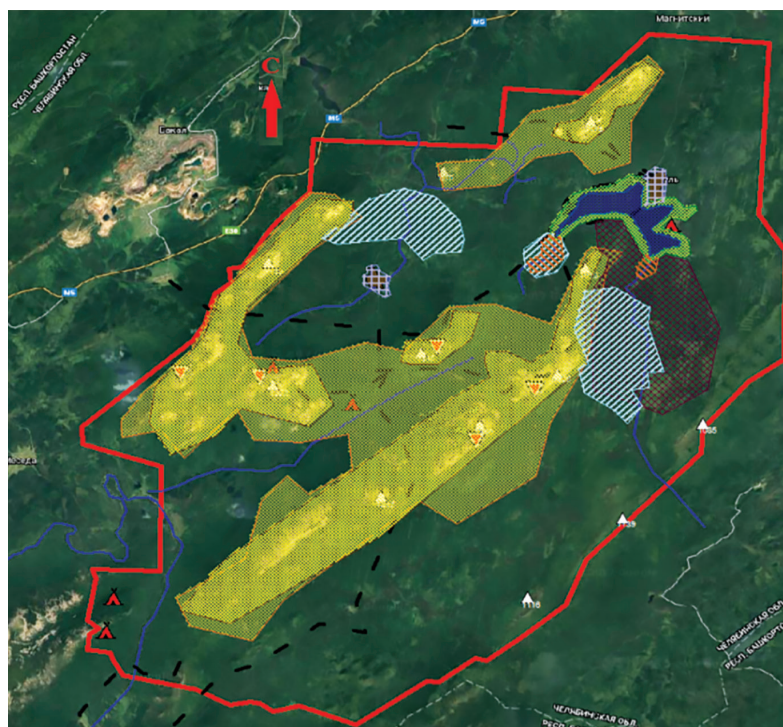
К водоплавающим и перелетным видам птиц, предпочитающим средние и большие водоемы, относятся чернозобая гагара (*Gavia arctica* Linnaeus, 1758) и лебедь-кликун (*Cygnus cygnus* Linnaeus, 1758) [13]. Оз. Зюраткуль служит для них местом обитания в летний период времени. Чернозобая гагара встречается довольно редко. Птица селится в глухих местностях, в водоемах с пресной водой, глубиной не менее 2 м, богатых рыбой, с большими массивами славин. Гнездо (утоптанная площадка) располагается вплотную к воде, обычно на отлогах берега с травянистой растительностью [7, 14].



Вид европейская норка (*Mustela lutreola* Linnaeus, 1761)

Рис. 7. Места обитания вида европейская норка (*Mustela lutreola* Linnaeus, 1761) (М 1:300 000)

Fig. 7. Prospective habitat of the European mink (*Mustela lutreola* Linnaeus, 1761) (M 1:300 000)



Предполагаемые места обитания редких видов позвоночных

- Чернозобая гагара и лебедь-кликун
- Беркут
- Сапсан
- Обыкновенный осоед
- Садовая соня
- Лесной лемминг
- Европейская норка
- Европейский хариус

Рис. 8. Единая карта-схема ареалов возможного обитания некоторых редких и исчезающих видов позвоночных и рекреационной нагрузки (М 1:300 000)

Fig. 8. Unified map-scheme of possible habitats of some rare and endangered species of vertebrates and recreational load (M 1:300 000)

В отличие от чернозобой гагары лебедь-кликун старается не подплывать к берегам, держится в широкой части водоема [11]. Лебедь практически всеяден: питается мелкой рыбой, беспозвоночными, предпочитает растительную пищу (корни, побеги, клубни водной растительности).

На камнях среди воды, на берегах горных рек и ручьев с прозрачной водой и каменистым дном предпочитает держаться поодиночке и парами оляпка (*Cinclus cinclus* Linnaeus, 1758). Вид из отряда воробьинообразных и семейства оляпковых, поэтому оляпку часто называют водяным воробьем или водяным дроздом. Гнездовыми местообитаниями этих птиц выступают камени-

стые русла быстротекущих ручьев и рек или скальные теснины с шумными бурными потоками и преимущественно с облесенными берегами. Гнездо располагается неподалеку от воды среди камней, в расщелинах и нишах на скалах, под обрывистым берегом с нависшим дерном, в полостях между корнями, некоторые пары могут использовать для обустройства гнезда, сооруженные человеком [15].

Садовая соня (*Eliomys quercinus* Linnaeus, 1766) селится преимущественно в широколиственных лесах, садах, реже в хвойных лесах, а в зимнее время впадает в кратковременные периоды спячки. Можно предположить, что ос-

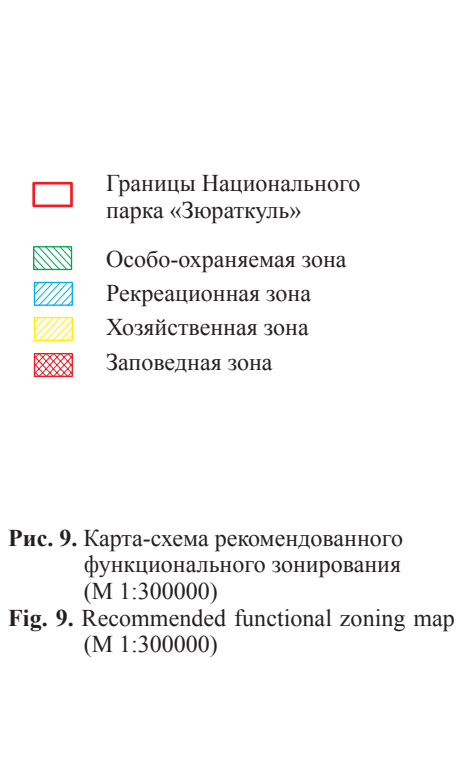


Рис. 9. Карта-схема рекомендованного функционального зонирования (М 1:300000)

Fig. 9. Recommended functional zoning map (M 1:300000)

новым местом ее обитания являются территории вблизи населенных пунктов Зюраткуль и Сибирка (рис. 5). В Челябинской обл. вид обнаружен в Катав-Ивановском районе в мелколиственных, смешанных, широколиственных и сосново-мелколиственных лесах на горе Большой Ирмель и прилегающих хребтах на высоте 500–700 м н. у. м. [1, 16], в Саткинском районе у пещеры Сквозная (пещерный комплекс «Сикияз-Тамак»), на Ягодном хребте близ границы Национального парка «Зюраткуль», в Ашинском районе в окрестностях с. Бианки [16].

Учитывая особенности вида летяга (*Pteromys volans Linnaeus*, 1758), которая обитает как в лесах, так и в кустарниках вдоль рек и ручьев, может встречаться на большей территории парка — в темнохвойных и светлохвойных лесах, предпочитая участки с примесью лиственных пород (особенно березы, осины, ольхи) [1, 17, 18].

Впервые вид лесной лемминг (*Myopus schisticolor Liljeborg*, 1844) был обнаружен на Южном Урале на горе Большой Ирмель в 1978 г. Современный ареал распространения вида занимает всю таежную и всю лесотундровую зоны Урала, обитает в хвойных и смешанных лесах с обильным моховым покровом из зеленых и печеночных мхов, встречается на склонах всех хребтов, на заболоченных местностях [1, 19, 20]. Можно предположить, что наибольшая концентрация его особей должна отмечаться на территории горной котловины между хребтами Нургуш и Уреньга. Обитание

возможно и на территории, расположенной на северо-восток от хребта Большая Сука́, до горы Нукаш, характеризующейся заболоченностью (рис. 6).

По берегам у заросших тростником пресноводных водоемов, выбирая болотистые озера и небольшие речки, селится европейская норка (*Mustela lutreola Linnaeus*, 1761), используя такие естественные укрытия, как трещины, углубления, старые норы водных крыс или сама роет норы [1, 21, 22]. Учитывая особенности вида, предполагаем, что ее можно встретить на территории притока р. Большая Калагаза, впадающего в оз. Зюраткуль (рис. 7).

К единственному виду рыб, занесенному в Красную книгу России и обитающему на территории парка, относится европейский хариус (*Mustela lutreola Linnaeus*, 1758). Известно, что вид предпочитает участки рек с быстрым течением и чистой водой, где перекааты чередуются с ямами; иногда встречается и в озерах. Соответственно, в пределах ареала обитания образуется несколько экологических форм — озерные, озерно-речные, речные и ручьевые [1, 23, 24]. Вид активен круглый год, а большое количество рек и ручьев, являющихся в пределах парка местами наибольшей плотности его обитания, позволяет ему свободно мигрировать вне зависимости от климатического сезона.

Околоводным хищником и предпочитающим реки с прозрачной водой и быстрым течением, богатых рыбой, является речная выдра (*Lutra lutra*

Linnaeus, 1758). Животное ведет оседлый образ жизни, совершая локальные кочевки, обусловленные изменениями кормовой базы. Проявляет активность как в течение всего года, так и в течение суток [1, 25], предположительно вид обитает на крупных и средних реках парка.

На основе полученных данных нами была построена единая карта-схема ареалов редких и исчезающих видов (рис. 8).

Предложения по корректировке системы функционального зонирования территории Национального парка «Зюраткуль». Сопоставив данные по редким и исчезающим видам позвоночных на основе выделенных границ обитания с существующим функциональным зонированием, можно внести несколько предложений по корректировке функционального зонирования Национального парка «Зюраткуль» (рис. 9):

1) расширить границы, существующей особо охраняемой зоны до западной границы хребта Нургуш и к северу от хребта Нургуш до оз. Зюраткуль;

2) учитывая вероятную высокую концентрацию гнездования и обитания редких и исчезающих видов позвоночных, создать дополнительные особо охраняемые зоны, покрывающие хребты Большая Сука́, Москаль и хребет Зюраткуль;

3) в целях сохранения возможности проведения познавательного и рекреационного туризма закрепить за рекреационной зоной территории между особо охраняемыми зонами, а именно котловины между хребтами Нургуш и Москаль, Москаль и Большая Сука́, Большая Сука́ и Нургуш, Большая Сука́ и Зюраткуль;

4) следует ограничить пользование хозяйственной зоной и оставить это право исключительно за проживающим на территории парка населением, в целях снижения антропогенного воздействия на флору и фауну парка.

Выводы

Предложенная корректировка схемы функционального зонирования территории Национального парка «Зюраткуль» предусматривает изменение площади и конфигурации имеющихся зон и выделения, дополнительных особо охраняемых зон, и направлена на разрешение имеющихся или предполагаемых конфликтов интересов на отдельных участках территории парка.

Скорректированная схема функционального зонирования территории парка позволит установить оптимальное соотношение мер использования и особой охраны, и послужит основой для принятия решений по управлению всеми видами деятельности на территории парка с целью сохранения редких и исчезающих видов.

Список литературы

- [1] Жирин В.М., Лукина Н.В. Развитие системы инвентаризации лесов в России // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 2. С. 4–14. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-2-4-14.
- [2] Красная книга Челябинской области: Животные. Растения. Грибы. М.: Министерство экологии Челябинской области, Областное государственное учреждение «Особо охраняемые природные территории Челябинской области». 2017. 511 с.
- [3] Красная книга Российской Федерации (животные) / под ред. В.И. Данилова-Данильяна. М.: АСТ: Астрель, 2001. 862 с.
- [4] Кадастровые сведения о Национальном парке «Зюраткуль» за период 2013–2015 гг. / Составитель: Н.В. Рахимова. Сатка: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Национальный парк «Зюраткуль», 2016. 77 с.
- [5] Провин К.Н. Осуществление мониторинга пожарной опасности в лесах на территории Российской Федерации // Леса Евразии — Сербские леса: Материалы XVIII Междунар. конф. молодых ученых, посвященной акад. проф. Жарку Милетичу (1891–1968), Белград, 23–29 сентября 2018 г. Белград: Лесной факультет Белградского университета. 2019. С. 162–165. URL: http://lesaevrasii.ru/content/uploads/officialnye-dokumenty/sbornik_le_2018.pdf (дата обращения 08.09.2020).
- [6] Иванов В.П., Марченко С.И., Нартов Д.И. Противопожарная профилактика лесных объектов // ИВУЗ Лесной журнал, 2019. № 3. С. 43–54. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.3.43
- [7] Рябцев В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: Справочник-определитель. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2008. 634 с.
- [8] Энциклопедия животных. Сапсан. URL: <http://animalsglobe.ru/sapsan/> (дата обращения: 21.09.2020).
- [9] Животный мир. Осоед. URL: <https://givotniymir.ru/osoed-ptica-obraz-zhizni-i-sreda-obitaniya-osoeda/> (дата обращения: 21.09.2020).
- [10] Захаров В.Д. Птицы Южного Урала (видовой состав, распространение, численность). Екатеринбург; Миасс: Ильменский государственный заповедник им. В.И. Ленина УрО РАН, 2006. 228 с.
- [11] Жизнь животных. В 7 т. / гл. ред. В.Е. Соколов. Т. 6. Птицы / под ред. В.Д. Ильичева, А.В. Михеева. М.: Просвещение, 1986. 527 с.
- [12] Гильфанова С. Ястребиная сова: описание, среда обитания, гнездование, питание. URL: <https://www.syl.ru/article/329612/yastrebinaya-sova-opisanie-sreda-obitaniya-gnezдование-pitanie> (дата обращения: 20.09.2020).
- [13] Шварев А.В., Таусамжи О.П. Гнездование лебедя-кликуна *Cygnus cygnus* в окрестностях Челябинска // Русский орнитологический журнал, 2019. Т. 28. № 1751. С. 1463.
- [14] Красная книга Челябинской области. Чернозобая гагара. URL: http://igz.ilmeny.ac.ru/RED_BOOK/jiv_ptits_gagar_gagara_chnozobaia_evropeika_01.html (дата обращения: 22.09.2020).
- [15] Птицы Средней Азии: справочник-определитель: в 2 т. / под ред. В.К. Рябцева. М.: Екатеринбург: Кабинетный ученый, 2019. Т. 1. 392 с.
- [16] Красная книга Челябинской области. Животные — Садовая сова (Челябинская область). URL: <https://cicon.ru/sadovaya-sonya-ch-obl.html> (дата обращения: 20.09.2020).
- [17] Россоломо О.Л., Павлинов И.Я., Крускоп С.В., Лисовский А.А., Спасская Н.Н., Борисенко А.В., Панютина А.А. Разнообразие млекопитающих. М.: Изд-во КМК, 2004. 992 с.

- [18] Большакова Н.В., Бердюгин К.И., Кузнецова И.А. Млекопитающие Среднего Урала: справочник-определитель. Екатеринбург: Сократ, 2006. 224 с.
- [19] Харченко Н.А., Лихацкий Ю.П., Харченко Н.Н. Биология зверей и птиц. М.: Академия, 2003. 384 с.
- [20] Жизнь животных. В 7 т. Т. 7. Млекопитающие / под ред. В.Е. Соколова. М.: Просвещение, 1989. 558 с.
- [21] Млекопитающие. Большой энциклопедический словарь / под ред. И.Я. Павлинова. М.: АСТ, 1999. С. 49–50. 416 с.
- [22] Матвеев А.С., Бакунин В.А. Промысловые звери и птицы Челябинской области. Челябинск: Челябинский областной комитет по экологии и природопользованию. Челябинский областной экологический фонд, 1994. 383 с.
- [23] Богданов В.Д., Большаков В.Н., Госькова О.А. Рыбы Среднего Урала: Справочник-определитель. Екатеринбург: Сократ, 2006. 208 с.
- [24] Атлас пресноводных рыб России. В 2 т. Т.1. / под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2003. 379 с.
- [25] Аристов А.А., Барышников Г.Ф. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Хищные и ластоногие. СПб: Наука, 2001. 558 с.

Сведения об авторах

Сибиркина Альфира Равильевна — д-р биол. наук, доцент, декан факультета экологии ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», sibirkina_alfira@mail.ru

Трофимова Любовь Валентиновна — канд. биол. наук, доцент, факультет экологии ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», ecol.nature@csu.ru

Кузьмищев Николай Николаевич — магистрант ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», ecol.nature@csu.ru

Поступила в редакцию 01.12.2020.

Принята к публикации 24.12.2020.

NATIONAL PARK «ZYURATKUL» (CHELYABINSK REGION) FUNCTIONAL ZONES CORRECTION ALONG HABITAT BORDERS OF VERTEBRATE RARE SPECIES

A.R. Sibirkina, L.V. Trofimova, N.N. Kuzmishchev

Chelyabinsk State University, 129, Br. Kashirin's st., 454001, Chelyabinsk, Chelyabinsk reg., Russia

sibirkina_alfira@mail.ru

Information on the 18 species of vertebrates included in the Red Book of the Russian Federation and the Red Book of the Chelyabinsk Region habitats in the territory of the Zyuratkul National Park is presented. The developed system of functional zones in the Zyuratkul National Park is presented in order to ensure the safety of animals living on its territory. The analysis of literary sources describing the Red Book species of vertebrates inhabiting this territory is presented, on the basis of which the necessary requirements for their habitat are characterized and the climatic conditions formed in the studied territory are described. The general geographical features of the area are revealed, the laws of natural and economic territorial complexes are established. The established boundaries of the habitats of vertebrates are highlighted and plotted on schematic maps. Proposals have been developed to adjust the boundaries of previously defined functional areas. Proposals have been made for monitoring the number of rare and endangered species of vertebrates and monitoring anthropogenic load.

Keywords: functional zoning, National Park «Zyuratkul», rare and endangered species, Red Book of the Chelyabinsk Region

Suggested citation: Sibirkina A.R., Trofimova L.V., Kuzmishchev N.N. *Korrektirovka funktsional'nykh zon Natsional'nogo parka «Zyuratkul» (Chelyabinskaya oblast') po granitsam mest obitaniya redkikh vidov pozvonochnykh zhivotnykh* [National park «Zyuratkul» (Chelyabinsk region) functional zones correction along habitat borders of vertebrate rare species]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 41–50.

DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-41-50

References

- [1] Zhirin V.M., Lukina N.V. *Razvitie sistemy inventarizatsii lesov v Rossii* [The development of forest inventory system in Russia]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, vol. 21, no. 2, pp. 4–14. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-2-4-14
- [2] *Krasnaya kniga Chelyabinskoy oblasti: Zhivotnye. Rasteniya. Griby* [Red Book of the Chelyabinsk Region: Animals. Plants. Mushrooms]. Moscow: Ministry of Ecology of the Chelyabinsk Region, Regional State Institution «Specially Protected Natural Territories of the Chelyabinsk Region», 2017, 511 p.
- [3] *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (zhivotnye)* [Red Book of the Russian Federation (animals)]. Ed. V.I. Danilov-Danilyan. Moscow: AST; Astrel, 2001, 862 p.
- [4] *Kadastruyemye svedeniya o natsional'nom parke «Zyuratkul» za period 2013–2015 gg.* [Cadastral information about the national park «Zyuratkul» for the period 2013–2015]. Comp. N.V. Rakhimova. Satka: Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, Zyuratkul National Park, 2016, 77 p.

- [5] Provin K.N. *Osushchestvlenie monitoringa pozharной opasnosti v lesakh na territorii Rossiyskoy Federatsii* [Monitoring fire hazard in forests on the territory of the Russian Federation]. *Lesy Evrazii — Serbskie lesa: Materialy XVIII Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchennykh, posvyashchennoy akad. prof. Zharku Miletichu (1891–1968)* [Forests of Eurasia — Serbian forests: Proceedings of the XVIII International Conference of Young Scientists dedicated to Acad. prof. Jarku Miletic (1891–1968)], Belgrade, 23–29 September 2018 Belgrade: Faculty of Forestry, University of Belgrade. 2019, pp. 162–165. Available at: http://lesaevrazii.ru/content/uploads/oficialnye-dokumenty/sbornik_le_2018.pdf (accessed 08.09.2020).
- [6] Ivanov V.P., Marchenko S.I., Nartov D.I. *Protivopozharnaya profilaktika lesnykh ob'ektov* [Fire prevention of forest objects]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2019, no. 3, pp. 43–54. DOI: 10.17238 / issn0536-1036.2019.3.43
- [7] Ryabitsev V.K. *Ptitsy Urala, Priural'ya i Zapadnoy Sibiri: Spravochnik-opredelitel'* [Birds of the Urals, Cisurals and Western Siberia: Reference Guide]. Yekaterinburg: USU, 2008, 634 p.
- [8] *Entsiklopediya zhivotnykh. Sapsan* [Encyclopedia of Animals. Peregrine Falcon]. Available at: <http://animalsglobe.ru/sapsan/> (accessed 21.09.2020).
- [9] *Zhivotnyy mir. Osoed* [Animal world. Wasp eater]. Available at: <https://givotniymir.ru/osoed-ptica-obraz-zhizni-i-sreda-obitaniya-osoeda/> (accessed 21.09.2020).
- [10] Zakharov V.D. *Ptitsy Yuzhnogo Urala (vidovoy sostav, rasprostraneniye, chislennost')* [Birds of the Southern Urals (species composition, distribution, abundance)]. Ekaterinburg: Miass: Ilmensky State Reserve named after IN AND. Lenin UB RAS, 2006, 228 p.
- [11] *Zhizn' zhivotnykh* [Animal life]. In 7 volumes. Ed. V.E. Sokolov. T. 6. Birds. Eds. V.D. Ilyicheva, A.V. Mikheeva. Moscow: Education, 1986, 527 p.
- [12] Gil'fanova S. *Yastrebinaya sova: opisaniye, sreda obitaniya, gnezdovaniye, pitaniye* [Hawk owl: description, habitat, nesting, nutrition]. Available at: <https://www.syl.ru/article/329612/yastrebinaya-sova-opisaniye-sreda-obitaniya-gnezdovaniye-pitaniye> (accessed 20.09.2020).
- [13] Shvarev A.V., Tausamzhi O.P. *Gnezdovaniye lebedya-klikuna Sygnus cygnus v okrestnostyakh Chelyabinskaya* [Nesting of whooper swan *Cygnus cygnus* in the vicinity of Chelyabinsk]. *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal* [Russian Ornithological Journal], 2019, t. 28, no. 1751, p. 1463.
- [14] *Krasnaya kniga Chelyabinskoy oblasti. Chernozobaya gagara* [Red Data Book of the Chelyabinsk Region. Black-throated loon]. Available at: http://igz.ilmenny.ac.ru/RED_BOOK/jiv_ptits_gagar_gagara_chernozobaia_evropeika_01.html (accessed 22.09.2020).
- [15] *Ptitsy Sredney Azii: spravochnik-opredelitel'* [Birds of Central Asia: guide-guide]. In 2 vol. Ed. V.C. Ryabitsev. Moscow; Yekaterinburg: Cabinet Scientist, 2019, v. 1, 392 p.
- [16] *Krasnaya kniga Chelyabinskoy oblasti. Zhivotnyye — Sadovaya sonya (Chelyabinskaya oblast')* [Red Data Book of the Chelyabinsk Region. Animals — Garden dormouse (Chelyabinsk region)]. Available at: <https://cicon.ru/sadovaya-sonya-ch-obl.html> (accessed 20.09.2020).
- [17] Rossolimo O.L., Pavlinov I.Ya., Kruskop S.V., Lisovskiy A.A., Spasskaya N.N., Borisenko A.V., Panyutina A.A. *Raznoobraziye mlekopitayushchikh* [A variety of mammals]. Moscow: KMK, 2004, 992 p.
- [18] Bol'shakova N.V., Berdyugin K.I., Kuznetsova I.A. *Mlekopitayushchie Srednego Urala: spravochnik-opredelitel'* [Mammals of the Middle Urals: a reference guide]. Ekaterinburg: Socrates, 2006, 224 p.
- [19] Kharchenko N.A., Likhatskiy Yu.P., Kharchenko N.N. *Biologiya zverey i ptits* [Biology of animals and birds]. Moscow: Academy, 2003, 384 p.
- [20] *Zhizn' zhivotnykh* [Animal life]. In 7 vol. V. 7. Mammals. Ed. V.E. Sokolov. Moscow: Education, 1989, 558 p.
- [21] *Mlekopitayushchie. Bol'shoy entsiklopedicheskiy slovar'* [Mammals. Big Encyclopedic Dictionary]. Ed. I.Ya. Pavlinov. Moscow: ACT, 1999, pp. 49–50, 416 p.
- [22] Matveev A.S., Bakunin V.A. *Promyslovyye zveri i ptitsy Chelyabinskoy oblasti* [Game animals and birds of the Chelyabinsk region]. Chelyabinsk: Chelyabinsk Regional Committee for Ecology and Nature Management. Chelyabinsk Regional Ecological Fund, 1994, 383 p.
- [23] Bogdanov V.D., Bol'shakov V.N., Gos'kova O.A. *Ryby Srednego Urala: Spravochnik-opredelitel'* [Pisces of the Middle Urals: Reference Guide]. Ekaterinburg: Sokrat, 2006, 208 p.
- [24] *Atlas presnovodnykh ryb Rossii* [Atlas of freshwater fish of Russia]. In 2 vol. Vol. 1. Ed. Yu.S. Reshetnikov. Moscow: Nauka, 2003, 379 p.
- [25] Aristov A.A., Baryshnikov G.F. *Mlekopitayushchie fauny Rossii i sopredel'nykh territoriy. Khishchnyye i lastonogie* [Mammals of the fauna of Russia and adjacent territories. Predatory and pinnipeds]. St. Petersburg: Nauka, 2001, 558 p.

Authors' information

Sibirskina Al'fira Ravil'evna — Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Dean of the Faculty of Ecology, Federal State Budgetary Educational Institution Chelyabinsk State University, sibirskina_alfira@mail.ru

Trofimova Lyubov Valentinovna — Cand. Sci. (Biology), Associate Professor of the Faculty of Ecology, Federal State Budgetary Educational Institution Chelyabinsk State University, ecol.nature@csu.ru

Kuzmishchev Nikolai Nikolaevich — Master's student of the Faculty of Ecology, Federal State Budgetary Educational Institution Chelyabinsk State University, ecol.nature@csu.ru

Received 01.12.2020.

Accepted for publication 24.12.2020.

УТОЧНЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВЛИЯНИИ АЛЛЕЛОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

И.В. Горепекин¹, Г.Н. Федотов¹, В.С. Шалаев², Ю.П. Батырев²

¹ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

²МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

gennadiy.fedotov@gmail.com

Проведена оценка влияния аллелотоксичности 12 образцов почв Восточно-Европейской равнины на прорастание семян яровой пшеницы различных сортов. На основе полученных данных сделан вывод о том, что влияние биологически активных веществ на прорастание семян обусловлено, с одной стороны, содержанием этих веществ в почвах, а с другой — различной обеспеченностью семян необходимыми для развития биологически активными веществами. Высказано предположение о наличии единого механизма защиты семян от негативного влияния почвенных аллелотоксинов.

Ключевые слова: аллелотоксичность, биологически активные вещества, история землепользования

Ссылка для цитирования: Горепекин И.В., Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Батырев Ю.П. Уточнение представлений о влиянии аллелотоксичности почв на прорастание семян зерновых культур // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 51–56. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-51-56

Почва является одним из наиболее активных компонентов биосферы, а ее биохимическая активность во многом определяется деятельностью живых организмов [1]. В свою очередь, деятельность последних является источником разнообразных биологически активных веществ (БАВ), в значительной мере влияющих на продуктивность агроэкосистем [2, 3]. Важное значение в этом процессе имеют аллелотоксины, которые являются основной причиной формирования известного в сельском хозяйстве явления — почвоутомления [2, 4–9]. Наиболее существенно влияние аллелотоксичности почв на растения проявляется на начальном этапе их развития [10]. Наблюдаемые при этом негативные эффекты, в том числе ослабление защитных реакций растений по отношению к факторам внешней среды, а также замедление прорастания семян и развития из них растений, не нивелируются в ходе жизненного цикла [3] и вызывают снижение количества и ухудшение качества получаемого сырья для сельскохозяйственной продукции [3].

Все это обуславливает исключительную важность изучения явления аллелотоксичности почв и ее влияния на растения.

Несмотря на это до середины XX в. исследованиям в сфере аллелотоксичности почв уделяли недостаточно внимания, прежде всего в связи со сложностью процесса изучения аллелотоксичности почв и реакции на нее растений. К тому же методы химического анализа содержания в почвах аллелотоксинов не могут дать объективной оценки уровня их воздействия на растения.

Во-первых, соединений, которые могут ингибировать развитие растений, достаточно много (в работах [5, 11] приводятся данные о том, что

несколько тысяч химических соединений, производных фенолов, обладают биологической активностью) [9], что делает количественный анализ содержания этих веществ в почвах трудновыполнимой задачей.

Во-вторых, токсины закреплены в почвах связями с сильно отличающейся энергией [2]. Поэтому практически невозможно определить, какая часть молекул аллелотоксинов, находящихся в почве, будет оказывать негативное влияние на растения, а к каким из них растения будут нечувствительны. Как следствие, практически невозможно подобрать растворитель, позволяющий количественно извлекать только те аллелотоксины, которые доступны растениям.

В-третьих, аллелотоксины во многих случаях представляют собой смесь различных веществ, причем концентрация каждого из компонентов смеси может быть ниже порога ингибирования, а суммарное угнетение — достаточно сильным [7]. Более того, эти вещества не действуют независимо одно на другое, а проявляются лишь в совокупном влиянии, усиливая или ослабляя эффекты.

В-четвертых, какие-то вещества сами по себе не токсичны (сахара, нитрат-ионы), но значительно усиливают действие части аллелотоксинов [7].

Таким образом, в настоящее время основными методами изучения аллелотоксичности почв являются методы биотестирования, хотя и имеющие некоторые ограничения, в частности:

1) проведение исследований на почвах, а не на вытяжках из почвы, аллелотоксичность которых заметно отличается от исходных образцов [2, 5];

2) выполнение экспериментов в водно-воздушных условиях, обеспечивающих максимальную скорость развития семян в данной почве;

3) использование в опытах выборки семян в количестве 1000...1200 шт. для обеспечения точности эксперимента с ошибкой среднего не более 5...7 % [12].

Цель работы

В связи с разработкой нового метода биотестирования [13], учитывающего перечисленные ограничения, возник интерес рассмотреть механизмы влияния аллелотоксичности почв с различными агрохимическими свойствами и историей землепользования на прорастание семян и развитие из них растений и внести научно обоснованные уточнения.

Материалы и методы

В работе использовали семена яровой пшеницы (*Triticum*) сортов Лиза, Злата, Агата, Любава, РИМА и Эстер.

Испытания проводили на следующих образцах почв:

– окультуренной дерново-подзолистой глубокоподзолистой глубокопахотной легкосуглинистой на покровных суглинках, подстилаемых флювиогляциальными отложениями, после викоовсяной смеси (1), после горчицы (2), после картофеля (3), после ячменя (4);

– дерново-неглубокоподзолистой освоенной глубокопахотной легкосуглинистой на покровных суглинках, подстилаемых мореной, залежь с 2015 г. (5);

– дерново-неглубокоподзолистой освоенной глубокопахотной легкосуглинистой на покровных суглинках, подстилаемых мореной, залежь с 2015 г., иллювиальный горизонт (6);

– дерново-подзолистой освоенной глубокопахотной сильноосмытой на покровных суглинках, подстилаемых флювиогляциальными отложениями, после картофеля, залежь с 2015 г. (7);

– глубокодерново-подзолистой слабодифференцированной легкосуглинистой на покровных суглинках, подстилаемых флювиогляциальными отложениями, старопахотной под лесом, лесная подстилка (8);

– агродерново-глубокоподзолистой легкосуглинистой на водно-ледниковых (древнеозерных) отложениях, подстилаемой с глубины 92 см бескарбонатными лессовидными (покровными) суглинками, после пшеницы (9);

– чернозема типичного среднесуглинистого на лессовидных суглинках, после картофеля (10);

– серой лесной освоенной слабосмытой среднесуглинистой на лессовидных суглинках, подстилаемых мореной, после пшеницы (11);

– каштановой среднесуглинистой на элювиально-делювиальных суглинках, залежь более 20 лет (12).

Использование широкого спектра объектов исследования позволило провести широкую объективную оценку аллелотоксичности почв.

В качестве субстрата сравнения, который не содержит аллелотоксинов, был выбран отмытый речной песок с размером частиц 0,5...0,8 мм.

Изучено влияние почв на изменение длины проростков 7,5 г семян (~200 шт.) при их прорастании в различных почвах по сравнению с песком. Длину проростков определяли, используя экспресс-метод, основанный на линейной зависимости между насыпным объемом проросших семян в воде и длиной их проростков [13]. Семена, проросшие в почве или песке, отмывали от субстрата и порционно помещали в 100-миллитровый мерный цилиндр с водой, колеблющийся, с частотой 50 Гц. После помещения в цилиндр каждой порции проросших семян, которые создавали ажурную пористую структуру, на них для уплотнения структуры на 15...20 с помещали небольшой груз массой 8 г в виде резиновой пробки. После помещения всех проросших семян в цилиндр на них клали груз и проводили дополнительное уплотнение структуры легкими постукиваниями (30...40) цилиндра с семенами о стол. Эти операции позволяли создать достаточно однородную структуру, по нижней границе груза можно было определить насыпной объем с точностью до 0,5 мл. Полученные результаты по изменению суммарной длины проростков семян яровой пшеницы на почвах относительно песка выражали в процентах. Так, например, значение ингибирования яровой пшеницы сорта «Эстер» на образце почвы номер 1 составляет — 55 %. Это означает, что на момент проведения измерений длина проростков данного сорта пшеницы при проращивании в почве была на 55 % ниже по сравнению с длиной проростков семян, развивавшихся в песке.

При проведении экспериментов на дно чашки диаметром 95 мм помещали 30 г почвы или песка, затем ровным слоем размещали 7,5 г семян, а сверху — 30 г почвы или песка соответственно. После этого в чашку равномерно из мерной пипетки добавляли воду. Использовали шестикратную повторность с последующей статистической обработкой результатов. В связи с использованием в одном опыте 1000...1200 семян удавалось минимизировать погрешность, связанную с их разным качеством [14]. В результате погрешность опыта не превышала 7 % при 95%-й доверительной вероятности. Большинство экспериментов проводили при температуре 23...26 °С.

Определяли следующие химические свойства почв: рН_{KCl}, содержание обменного калия (K₂O_{обм}), подвижного фосфора (P₂O₅_{подв}), обменного кальция (Ca_{обм}), общее содержание углерода

Химические свойства и предыстория использования изученных почв

Chemical properties and history of the use of the studied soils

Номер образца почвы	Предыстория использования	pH _{KCl}	Ca _{обм}	P ₂ O ₅ _{подв}	K ₂ O _{обм}	N _{общ}	S _{общ}	C _{общ}
1	Викоовсяная смесь	6,2	208	31,5	36,90	0,29	0,09	3,33
2	Горчица	6,3	216	32,5	25,90	0,35	0,10	3,91
3	Картофель	5,9	167	31,5	29,80	0,23	0,07	2,57
4	Ячмень	6,1	117	31,0	22,00	0,20	0,06	2,23
5	Залежь с 2015 года	5,5	83	14,5	6,48	0,17	0,05	1,82
6	Залежь с 2015 года	5,1	67	3,0	3,25	0,04	0,02	0,26
7	После картофеля с 2015 года	5,1	67	17,5	7,15	0,17	0,04	1,71
8	Старопахотная почва под лесом	3,6	117	6,0	11,00	1,18	0,39	35,10
9	Пшеница	6,6	133	29,0	19,40	0,14	0,05	1,65
10	Картофель	5,3	316	4,0	—	0,24	0,08	3,58
11	Пшеница	5,0	100	18,5	15,50	0,12	0,05	1,07
12	Залежь более 20 лет	6,2	150	5,5	11,00	0,09	0,05	0,80

Примечание. Номера почв соответствуют нумерации, приведенной в разделе «Материалы и методы». Содержание Ca_{обм}, P₂O₅_{подв}, K₂O_{обм} — в мг/100 г, N_{общ}, S_{общ}, C_{общ} — в %.

(C_{общ}), азота (N_{общ}) и серы (S_{общ}). Измерение pH и содержания в почвах калия (K₂O_{обм}), фосфора (P₂O₅_{подв}) и обменного кальция (Ca_{обм}) проводили по стандартным методикам [15, 16] с использованием фотоколориметра КФК-3 и пламенного фотометра ПФМ. Определение содержания в почвах азота (N_{общ}), серы (S_{общ}) и углерода (C_{общ}) проводили на CHNS-анализаторе Vario EL III, Elementar, Germany.

Результаты и обсуждение

Перед изучением аллелотоксичности почв был проведен их химический анализ, который показал, что агрохимические свойства почв не могли лимитировать прорастание семян и развитие из них растений (таблица).

Сорта пшеницы отличаются по реакции на аллелотоксины. Установлена закономерность в их отклике: в большинстве случаев, когда один сорт проявляет большую устойчивость к аллелотоксинам одной почвы, данное свойство сохраняется и при переходе на другие почвы. Это иллюстрирует наличие определенной последовательности в ряду ингибирования сортов яровой пшеницы на различных почвах (рис. 1). Так, например, яровая пшеница сорта Лиза проявляет наибольшую устойчивость к аллелотоксинам дерново-подзолистой почвы № 1 (см. таблицу) (ингибирование на уровне -5 %) и при переходе на другие почвы сохраняет свое положение относительно других сортов, в то время как сорт Эстер оказывается наименее устойчивым к аллелотоксинам всех изученных почв.

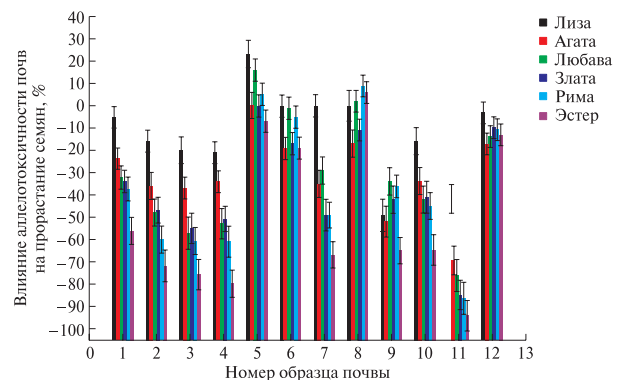


Рис. 1. Влияние аллелотоксичности почв с различной историей землепользования на прорастание семян некоторых сортов яровой пшеницы

Fig. 1. Influence of allelopathy of soils with different history of land use on seed germination of some varieties of spring wheat

Из физиологии растений известно [17], что на начальном этапе прорастание семян определяется двумя составляющими: водно-воздушными условиями и наличием БАВ. В связи с проведением опытов в водно-воздушных условиях, обеспечивающих максимальную скорость развития семян в каждом субстрате [13], можно предположить наличие двух факторов, определяющих отклик семян в соответствии с полученными данными: а) содержание БАВ в почвах; б) содержание (обеспеченность) БАВ в семенах.

В случае одинакового содержания БАВ в почвах и различной потребности сортов яровой пшеницы в этих веществах влияние почв на прорастание семян определенного сорта оставалось бы

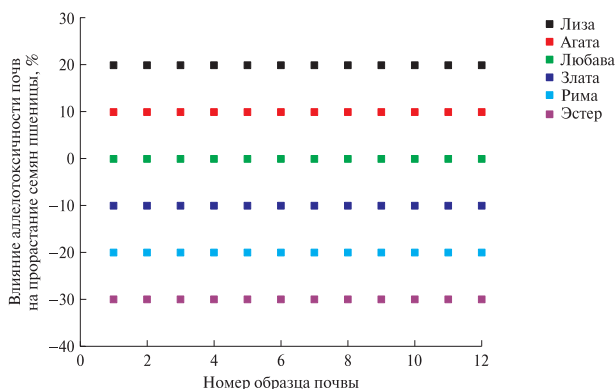


Рис. 2. Возможное влияние аллелотоксичности почв с одинаковым содержанием биологически активных веществ на прорастание семян различных сортов яровой пшеницы

Fig. 2. Possible influence of allelopathicity of soils with the same content of biologically active substances on seed germination of different varieties of spring wheat

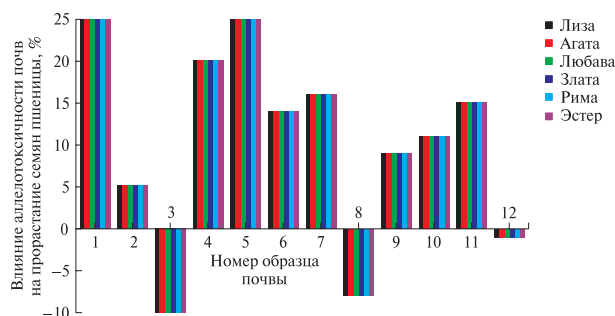


Рис. 3. Возможное влияние аллелотоксичности почв с различным содержанием биологически активных веществ на прорастание семян различных сортов яровой пшеницы при равном исходном содержании в них БАВ

Fig. 3. Possible influence of allelopathicity of soils with different content of biologically active substances on seed germination of different varieties of spring wheat with an equal initial content of biologically active substances

неизменным. При этом сохранялась бы последовательность в ряду скорости прорастания сортов. Тогда влияние почв можно описать представленными зависимостями (рис. 2), т. е. семена растений должны реагировать одинаково на разные почвы.

В случае, если семена разных сортов в равной степени обеспечены собственным запасом БАВ, но содержание этих веществ варьируется от почвы к почве, то отклик семян в пределах одной почвы был бы одинаков и получаемые зависимости должны были бы определяться только уровнем обеспеченности почв БАВ. В таком случае влияние почв должно иметь следующий вид (рис. 3).

Таким образом, сравнивая модельные графики (см. рис. 2, 3) с результатами экспериментов (см. рис. 1), можно сделать вывод, о том, что распределение полученных данных связано как с неодинаковым содержанием БАВ в почвах, так и с различной исходной обеспеченностью семян этими веществами.

Кроме того, с позиции учета аллелотоксичности почв и наличия закономерности во влиянии изученных почв на прорастание семян (см. рис. 1), можно предположить несколько объяснений природы воздействия аллелотоксинов на семена:

1) состав аллелотоксинов в различных почвах по своему действию схож и изменяется только действующая концентрация этой смеси;

2) семена различных сортов яровой пшеницы обладают однотипным механизмом защиты от почвенных аллелотоксинов.

Реализация первого варианта, основанного на одинаковом составе почвенных БАВ, в природных условиях маловероятна даже в пределах почв одного типа, так как, во-первых, состав поступающих в почву БАВ определяется видовой принадлежностью растений, которые произрастают на этих почвах [2, 18]. Во-вторых, содержание БАВ может варьировать в зависимости от используемой системы ведения сельского хозяйства [19].

В связи с этим можно ожидать наличие сходного механизма защиты семян зерновых культур от негативного воздействия аллелотоксинов.

Выводы

Таким образом, из проведенных экспериментов следуют два очевидных вывода:

1) семена изученных сортов яровой пшеницы обеспечены БАВ по-разному;

2) исследованные почвы отличаются по содержанию БАВ. При этом у семян различных сортов яровой пшеницы, по-видимому, существует единый механизм защиты от действия почвенных аллелотоксинов, независимо от их природы.

Список литературы

- [1] Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 464 с.
- [2] Гродзинский А.М., Богдан Г.П., Головкин Э.А., Дзюбенко Н.Н., Мороз П.А., Прутенская Н.И. Аллелопатическое почвоутомление. Киев: Наукова думка, 1979. 248 с.
- [3] Лобков В.Т. Использование почвенно-биологического фактора в земледелии: монография. Орел: Орловский ГАУ, 2017. 166 с.
- [4] Берестецкий О.А. Фитотоксины почвенных микроорганизмов и их экологическая роль // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов / под ред. О.А. Берестецкого. Л., ВНИИСХМ, 1978. С. 7–30.
- [5] Вольнец А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений. Минск: Беларус. навука, 2013. 283 с.
- [6] Лобков В.Т. Почвоутомление при выращивании полевых культур. М.: Колос, 1994. 112 с.
- [7] Allelopathy. A Physiological Process with Ecological Implications / Ed. M.J. Reigosa, N. Pedrol, L. Gonzalez. Springer, 2006, 637 p.
- [8] McCalla T.M., Haskins F.A. Phytotoxic Substances from Soil Microorganisms and Crop Residues // Bacteriological Reviews, 1964, v. 28, no. 2, pp. 181–207.
- [9] Rice E.L. Allelopathy. New York — London: Academic Press, 1984. 422 p.

- [10] Коношина С.Н. Влияние различных способов использования почвы на ее аллелопатическую активность: дис. ... канд. с.-х. наук. Орел: Орловский ГАУ. 2000. 145 с.
- [11] Прусакова Л.Д., Кефели В.И., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В., Кузнецова С.А. Роль фенольных соединений в растениях // *Агрохимия*, 2008. Т. 7. С. 86–96.
- [12] Дмитриев А.М., Страцкевич Л.К. Стимуляция роста растений / Под ред. Н.Ф. Батыгина. Минск: Ураджай, 1986. 118 с.
- [13] Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Горепекин И.В. Методика для оценки эффективности действия стимуляторов прорастания семян // *Лесной вестник / Forestry Bulletin*, 2018. Т. 22. № 6. С. 95–101. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-6-95-101
- [14] Сечняк Л.К., Киндрук Н.А., Слюсаренко О.К., Иващенко В.Г., Кузнецов Е.Д. Экология семян пшеницы. М.: Колос, 1983. 349 с.
- [15] Практикум по агрохимии / под ред. В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 1989. 304 с.
- [16] Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
- [17] Обручева Н.В., Антипова О.В. Физиология инициации прорастания семян // *Физиология растений*, 1997. Т. 44. № 2. С. 287–302.
- [18] Кравченко Л.В., Шапошников А.И., Макарова Н.М., Азарова Т.С., Львова К.А., Костюк И.И., Тихонович И.А. Видовые особенности состава корневых выделений растений и его изменение в ризосфере под влиянием почвенной микрофлоры // *Сельскохозяйственная биология*, 2011. Т. 46. № 3. С. 71–75.
- [19] Meysner T., Szajdak L., Kuś J. Impact of the farming systems on the content of biologically active substances and the forms of nitrogen in the soils // *Agronomy research*, 2006, v. 4, no. 2, pp. 531–542.

Сведения об авторах

Горепекин Иван Владимирович — аспирант факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, decembrist96@yandex.ru

Федотов Геннадий Николаевич — д-р биол. наук, вед. науч. сотр., факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, gennadiy.fedotov@gmail.com

Шалаев Валентин Сергеевич — д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотр. МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), shalaev@mgul.ac.ru

Батырев Юрий Павлович — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), batyrev@bmstu.ru

Поступила в редакцию 15.12.2020.

Принята к публикации 25.01.2021.

INFLUENCE OF SOIL ALLETOXICITY ON GRAIN SEEDS GROWTH

I.V. Gorepyokin¹, G.N. Fedotov¹, V.S. Shalaev², Yu.P. Batyrev²

¹M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science, GSP-1, 1, p. 12, Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russia

²BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

gennadiy.fedotov@gmail.com

The allelotoxicity influence of 12 samples of Great Russian Plain soils on the seed germination of different cultivars of spring wheat was assessed. Based on the obtained data it is concluded that the effect of biologically active substances (BAS) on seed germination is due, on the one hand, to the content of these substances in the soils, and on the other hand, to the various content in seeds of BAS required for their development. The supposition about the existence of a common mechanism to protect the seed from the negative influence of soil allelotoxins is made.

Keywords: allelotoxicity, biologically active substances, land use history

Suggested citation: Gorepekin I. V., Fedotov G. N., Shalaev V. S., Batyrev Yu.P. *Utochnenie predstavleniy o vliyaniy allelotoksichnosti pochv na prorastanie semyan zernovykh kul'tur* [Influence of soil allelotoxicity on grain seeds growth]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 51–56. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-51-56

References

- [1] Krasil'nikov N.A. *Mikroorganizmy pochvy i vysshie rasteniya* [Soil microorganisms and higher plants]. Moscow: AN SSSR Publ., 1958, 464 p.
- [2] Grodzinskiy A.M., Bogdan G.P., Golovko E.A., Dzyubenko N.N., Moroz P.A., Prutenskaya N.I. *Allelopaticeskoe pochvoutomlenie* [Allelopathic soil fatigue]. Kiev: Naukova dumka, 1979, 248 p.
- [3] Lobkov V.T. *Ispol'zovanie pochvenno-biologicheskogo faktora v zemledelii: monografiya* [Use of the soil-biological factor in agriculture: monograph]. Oryol: Oryol State Agrarian University, 2017, 166 p.
- [4] Berestetskiy O.A. *Fitotoksiny pochvennykh mikroorganizmov i ikh ekologicheskaya rol'* [Phytotoxins of soil microorganisms and their ecological role]. *Fitotoksicheskie svoystva pochvennykh mikroorganizmov* [Phytotoxic properties of soil microorganisms]. Leningrad: VNIISHM, 1978, pp. 7–30.
- [5] Volynets A.P. *Fenol'nye soedineniya v zhiznedeyatel'nosti rasteniy* [Phenolic compounds in plant life]. Minsk: Belarus. navuka, 2013, 283 p.

- [6] Lobkov V.T. *Pochvoutomlenie pri vyrashchivanii polevykh kul'tur* [Soil fatigue when growing field crops]. Moscow: Kolos, 1994, 112 p.
- [7] Allelopathy. A Physiological Process with Ecological Implications. Ed. M.J. Reigosa, N. Pedrol, L. Gonzalez. Springer, 2006, 637 p.
- [8] McCalla T.M., Haskins F.A. Phytotoxic Substances from Soil Microorganisms and Crop Residues. *Bacteriological Reviews*, 1964, v. 28, no. 2, pp. 181–207.
- [9] Rice E.L. Allelopathy. New York–London: Academic Press, 1984. 422 p.
- [10] Konoshina S.N. *Vliyanie razlichnykh sposobov ispol'zovaniya pochvy na ee allelopateskuyu aktivnost'* [Influence of different methods of soil use on its allelopathic activity]. Dis. Cand. Sci. (Agric.). Oryol: Oryol GAU, 2000, 145 p.
- [11] Prusakova L.D., Kefeli V.I., Belopukhov S.L., Vakulenko V.V., Kuznetsova S.A. *Rol' fenol'nykh soedineniy v rasteniyakh* [Role of phenolic compounds in plants]. *Agrokhimiya* [Agricultural Chemistry], 2008, t. 7, pp. 86–96.
- [12] Dmitriev A.M., Stratskevich L.K. *Stimulyatsiya rosta rasteniy* [Stimulation of plant growth]. Ed. N.F. Batygin. Minsk: Uradzhay, 1986, 118 p.
- [13] Fedotov G.N., Shalaev V.S., Batyrev Yu.P., Gorepekin I.V. *Metodika dlya otsenki effektivnosti deystviya stimulyatorov prarastaniya semyan* [Methodology for assessing seeds germination stimulants effectiveness] // *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 6, pp. 95–101. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-6-95-101
- [14] Sechnyak L.K., Kindruk N.A., Slyusarenko O.K., Ivashchenko V.G., Kuznetsov E.D. *Ekologiya semyan pshenitsy* [Ecology of wheat seeds]. Moscow: Kolos, 1983, 349 p.
- [15] *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on agrochemistry]. Ed. V.G. Mineev. Moscow: MGU Publ., 1989, 304 p.
- [16] *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv* [Theory and practice of chemical analysis of soils]. Ed. L.A. Vorob'eva. Moscow: GEOS, 2006, 400 p.
- [17] Obrucheva N.V., Antipova O.V. *Fiziologiya initsiatsii prarastaniya semyan* [Physiology of seed germination initiation]. *Fiziologiya rasteniy* [Russian Journal of Plant Physiology], 1997, t. 44, no. 2, pp. 287–302.
- [18] Kravchenko L.V., Shaposhnikov A.I., Makarova N.M., Azarova T.S., L'vova K.A., Kostyuk I.I., *Tikhonovich I.A. Vidovye osobennosti sostava korneykh vydeleniy rasteniy i ego izmenenie v rizosfere pod vliyaniem pochvennoy mikroflory* [Specific features of the composition of plant root secretions and its changes in the rhizosphere under the influence of soil microflora]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2011, t. 46, no. 3, pp. 71–75.
- [19] Meysner T., Szajdak L., Kuś J. Impact of the farming systems on the content of biologically active substances and the forms of nitrogen in the soils. *Agronomy research*, 2006, v. 4, no. 2, pp. 531–542.

Author's information

Gorepekin Ivan Vladimirovich — Ph.D. Student of the Lomonosov Moscow State University, decem-
brist96@yandex.ru

Fedotov Gennadiy Nikolaevich — Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher of the Lomonosov Moscow State
University, gennadiy.fedotov@gmail.com

Shalaev Valentin Sergeevich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the BMSTU (Mytishchi branch),
shalaev@mgul.ac.ru

Batyrev Yuriy Pavlovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch),
batyrev@mgul.ac.ru

Received 15.12.2020.

Accepted for publication 25.01.2021.

О МЕТОДАХ ВИЗУАЛЬНО-ЛАНДШАФТНОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ОБЪЕКТОВ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

В.С. Теодоронский

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1
vst01@mail.ru

Рассмотрены вопросы разработки метода визуально-ландшафтной оценки территорий, предназначенных для создания объектов ландшафтной архитектуры, которое в урбанизированной среде предопределяется комплексом предпроектных исследований, включающих в себя работы по определению восприятия разнообразных пространственных факторов, которые непосредственно влияют на принятие того или иного проектного решения. Показано большое значение изучения системы пространств различных типов как особо ценных элементов архитектурно-ландшафтной среды и ее компонентов: объектов, предназначенных для отдыха, туризма, т. е. основных ландшафтных ресурсов. При разработке метода визуально-ландшафтной оценки территорий установлена необходимость решения следующих методических вопросов: о соотношении крупномасштабных открытых пространств и локальных объектов с деталями объекта ландшафтной архитектуры; о типологических характеристиках пространств; об архитектурно-ландшафтной, функционально-планировочной значимости и эстетической выразительности; об условиях восприятия и условиях оценки локальных объектов и их отдельных компонентов (сооружений, деталей, малых архитектурных форм, зеленых насаждений); о маршрутных сетях, объединяющих пространственную структуру объекта с его функциональным назначением, о социальной значимости и времени, движения.

Ключевые слова: визуально-ландшафтная оценка, городская среда, территории объектов ландшафтной архитектуры

Ссылка для цитирования: Теодоронский В.С. О методах визуально-ландшафтной оценки территорий при создании объектов ландшафтной архитектуры // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 57–63. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-57-63

Исследования, проводимые на кафедре «Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), направлены на поиск подходов к решению проблемы взаимодействия человека с городской средой. На кафедре реализуется программа академической магистратуры, ориентированной на научно-исследовательский вид деятельности. При этом немаловажное значение приобретает постановка научно-исследовательской работы по исследованию метода визуально-ландшафтной оценки территорий по дисциплине «Архитектурно-ландшафтная организация открытых пространств в урбанизированной среде» в рамках действующего учебного плана и программ.

Актуальность исследования обусловлена формированием качественной архитектурно-ландшафтной среды, имеющей высокие экологические, эстетические, функциональные характеристики. Немаловажное значение при этом, на наш взгляд, имеет разработка визуально-ландшафтной оценки на стадии предпроектного исследования территории в целях усовершенствования последующих проектных работ по созданию новых объектов ландшафтной архитектуры или реконструкции (восстановлению) созданных ранее. При проектировании крупных для того или иного ландшафта объектов возникают вопросы, требующие объективной

оценки всей территории проектируемого объекта. В ходе предпроектного анализа зачастую невозможно в полной мере учесть *воздействие окружающей среды и ее отдельных компонентов на человека* на различных уровнях восприятия пространства. Кроме того, недостаточно внимания уделяется такому понятию, как *учет и качество пространственных условий*, влияющих на психофизиологическое состояние человека [1]. Пространство как основной ландшафтный ресурс имеет важное значение для формирования визуально комфортной среды объекта ландшафтной архитектуры. Такая среда должна отличаться широким охватом и большим разнообразием удаленных зрительных элементов [2]. Поэтому очень важны обсуждение и анализ оценки проектируемой территории с позиции комфортности среды с широким охватом окружающего ее пространства, особенно в условиях мегаполиса, отличающегося наличием множества памятников природы, рельефных особенностей, разнообразных акваторий и их прибрежных участков, набережных, пристаней и т. п. [2–4].

Общие положения

Метод визуально-ландшафтной оценки городской среды и ее анализ базируются на предварительной оценке градостроительной ситуации и проектных работ при подготовке предпроектной документации. Применение данного метода

призвано решать конкретные архитектурно-градостроительные проблемы и способствовать формированию базы данных о ценностных характеристиках природной и антропогенной составляющих ландшафта, об особо значимых панорамах и видах города и высотных ограничениях проектируемых объектов [1, 5]. Преимущество остается за изучением пространственного фактора, т. е. *условий восприятия* отдельных элементов пространства и их оценки.

Установлено, что воздействие ландшафта на человека и его оценка пространственных ландшафтных характеристик должны вызывать конкретные эмоции и определенное психологическое состояние [2, 6]. Анализируя среду, проектировщик воспринимает пространственный объект целостно, как определенную эмоционально-эстетическую согласованность его компонентов, и только после этого рассматривает достоинства или недостатки этих компонентов [4]. Понятие «восприятие» отображает момент осмысления и оценки объекта, формирование образа объекта, прежде всего с точки зрения исторической значимости исследуемого пространства городской архитектурно-ландшафтной среды и его эстетической выразительности. Визуальное восприятие территории объекта ландшафтной архитектуры и его элементов является избирательным, предметным, осмысленным, контрастным и целостным.

Физическими характеристиками восприятия являются пространство, форма, объемность, величина, глубина, удаленность, линейная и воздушная перспектива [7, 8].

Цель работы

Цель работы — разработка концептуального метода визуально-ландшафтной оценки территории и восприятия ее компонентов на стадии предпроектных работ, исходя из пространственных характеристик крупных проектируемых объектов ландшафтной архитектуры с учетом специфики урбанизированной среды.

Материалы и методы

Рассмотрим следующие методические вопросы:

1) о соотношении крупномасштабных открытых пространств и локальных объектов с деталями территории объекта ландшафтной архитектуры (т. е., от общего — к частному);

2) о типологических характеристиках открытых пространств с уделением внимания оценке *восприятия анализируемого типа пространства* с точки зрения его архитектурно-ландшафтной, функционально-планировочной значимости и эстетической выразительности [3, 7];

3) об *условиях восприятия* и степени оценки локальных объектов и их отдельных компонен-

тов (сооружений, деталей, малых архитектурных форм, зеленых насаждений);

4) о маршрутных сетях, объединяющих пространственную структуру объекта с функциональным назначением во времени и пространстве.

Основные положения метода визуально-ландшафтной оценки территории должны прежде всего заключаться на сравнительном анализе plano-картографических материалов и архивных данных, нормативно-справочных материалов, а также в тщательном натурном исследовании территории, в определении и классификации *типов пространств* и условий их визуального восприятия.

Объектами и границами исследований в рамках методической работы являются открытые пространства урбанизированной среды: городские площади, набережные рек, водохранилищ, озер, открытые пространства, проспекты и магистрали. В качестве примера рассмотрим пространство прибрежных зон набережных Москвы-реки, несущих в себе элементы исторического, архитектурно-ландшафтного и природного характера (монастыри, усадьбы, мосты, малые архитектурные формы, скульптуры, подходы к воде, пристани конца XIX — середины XX вв., современные пешеходные и велотрассы).

Предварительно следует подготовить исходные данные — топографические планы и рабочие карты-схемы. На них графически наносится информация — общепринятые знаки в виде различных условных обозначений:

– основные маршруты движения, функциональные и локальные направления движения (велосипедная и пешеходная сеть);

– специализированные *точки обзора* с указанием координат (широты, долготы, высоты н. у. м.);

– особенности поверхности (рельефа) территории, уклоны маршрутов движения, перемещение пешеходных потоков;

– здания, сооружения, инертные типы плоскостных сооружений, ограждения, рекламные щиты и т. п., а также естественная растительность и искусственно созданные зеленые насаждения.

Для проведения дальнейшей визуально-ландшафтной оценки важно установить *степень информативности* объекта и его доступность для обзора, выделить наиболее характерные участки с доминирующими и функционально-значимыми участками, зафиксировать элементы навигации (видимость, дорожные знаки и указатели, схемы движения и его основные направления).

Фотофиксации по маршруту функционального движения подлежат архитектурно-ландшафтные доминанты — мосты, малые архитектурные формы, лестницы, пандусы, откосы, площадки, зеленые насаждения [7].

При разработке метода визуально-ландшафтной оценки в основу было положено представление о том, что в процессе восприятия ландшафтного пространства как серии визуальных картин появляется возможность восстановить сферу и образ проектируемого объекта ландшафтной архитектуры [2, 4]. Для этого необходимо классифицировать условия восприятия в контексте архитектурно-ландшафтных особенностей исследуемой территории, обеспечивающих возможности видовых, перспективных и панорамных раскрытий пространств с отмеченных точек наблюдения, и выявить оптимальные зоны восприятия и точки обзора характерных панорам, перспективы на плане-схеме по маршруту движения и в натуре для каждой функциональной зоны.

Предлагаем структурирование функционально-значимых пространств в качестве зон восприятия в ниже следующей трактовке.

Панорамы (макроуровень), дальние перспективы, включают в себя многоплановую видовую картину вдоль линии горизонта по статичному восприятию:

- длина линии от точки наблюдения условно устанавливается порядка $L = 500 \dots 1500$ м;
- угол широты панорамного кругового обзора — $120 \dots 240^\circ$;
- длина линии кругового обзора $L \geq 1500$ м;
- угол широты — более 240° .

По каждому территориальному объекту предлагается взять по несколько характерных информационно-значимых панорам.

Перспективы (мезоуровень), перспективы средней дальности, включают в себя сектор об-

зора (видовую картину, объект видимости) по линии основного функционального направления восприятия:

- длине линии от условно намеченной по маршруту точки наблюдения $L =$ от $50 \dots 100$ м;
- точке секторного обзора с углами $30^\circ \dots 115^\circ$.

Видимость, глубина перспективы зависят от рельефа местности и выбора точки обзора.

Вид, акцент (микроуровень), характерный обзор объекта, включает в себя узкий сектор обзора с объекта исследования в условиях статичного восприятия по линии направления восприятия отдельных акцентирующих элементов:

- длине линии от точки наблюдения $L = 10 \dots 15$ м;
- точке узкого секторного обзора с углом кругозора менее 30° ;
- точке обзора ближайшего вида в пределах 10 м [3, 4, 8–12].

При визуально-ландшафтной оценке территории возникает необходимость проанализировать распределение основных объемных и плоскостных элементов, их восприятие и характер воздействия на наблюдателя. С этой целью выявляются направления как *лучи видимости* и графически цветом наносятся на рабочие схемы-карты [3, 14–20].

Панорамные и перспективные раскрытия видов (видовых картин) как объектов видимости на маршрутах движения, оцениваются по степени выразительности, уникальности, характерным особенностям, функциональной значимости, диссонирующему эффекту.

Визуально-ландшафтная оценка панорам и перспектив проводится по следующим признакам:

Примеры таблиц по визуально-ландшафтной оценке, оценке элементов архитектурно-художественного оформления, состояния зеленых насаждений

Визуально-ландшафтная оценка панорамного ландшафтного объекта

Характерные показатели	Панорама 1	Панорама 2	Перспектива 1	Перспектива 1
Доминанты, градозначительная значимость	▲	–	–	–
Название объекта, координаты	–	■	–	–
Популярность места	–	–	—	–
Функциональность/открытость	–	–	–	▲
Общее впечатление, балл	▲	–	–	–
Масштаб обзора, длина линии L , м	–	■	–	–
Широта обзора угол обзора, S , \angle	–	–	—	–
Характерная деталь (точка) обзора	–	–	–	▲
Детализация пространства	▲	–	–	–
Освещенность/затененность	–	■	–	–
Выразительность, силуэт	–	–	—	–
Диссонирующие детали	–	–	–	▲

Примечание. ▲ — высокая степень; ■ — удовлетворительная степень; — — низкая степень

Визуально-ландшафтная оценка малых архитектурных форм и оборудования (по фрагментам)

Наименование групп малых архитектурных форм и садово-паркового оборудования на территории объекта	Наличие, шт.	Состояние	Функции	Эстетическая выразительность	Освещенность	Акустическое воздействие на пешехода	Цвет, колористичность	Интенсивность движения пешеходов	Общее эмоциональное состояние
Элементы архитектурно-художественного оформления									
– скульптура, бюсты;	▲	–	–	▲	–	–	▲	–	–
– мемориальные и памятные доски;	–	■	–	–	■	–	–	■	–
– фонтаны (без водосборных бассейнов)	–	–	—	–	–	—	–	–	—
Архитектурные элементы инженерного характера									
– лестницы (с перилами или без перил);	▲	–	–	▲	–	–	▲	–	–
– лестничные сходы, пандусы;	–	■	–	–	■	–	–	■	–
– балюстрады;	–	–	—	–	–	—	–	–	—
– арки;	▲	–	–	▲	–	–	▲	–	–
– мощение тротуаров;	–	■	–	–	■	–	–	■	–
– элементы освещения;	–	–	—	–	–	—	–	–	—
– подпорные стенки, откосы;	▲	–	–	▲	–	–	▲	–	–
– ограды	–	■	–	–	■	–	–	■	–
Оборудование									
– урны — стационарные, переносные, навесные;	▲	–	–	▲	–	–	▲	–	–
– скамьи, диваны садово-парковые, кресла;	–	■	–	–	■	–	–	■	–
– питьевые фонтанчики — отдельно стоящие, одиночные	–	–	—	–	–	—	–	–	—
Конструкции и элементы оформления									
– вазы, контейнеры съёмные;	▲	–	–	▲	–	–	▲	–	–
– деревья, обустройство (круг);	–	■	–	–	■	–	–	■	–
– цветочницы, декоративные кашпо;	–	–	—	–	–	—	–	–	—
– рекламные щиты;	▲	–	–	▲	–	–	▲	–	–
– флагштоки, флагодержатели	–	■	–	–	■	–	–	■	–
<i>Примечание.</i> ▲ — высокая степень; ■ — удовлетворительная степень; — — низкая степень									

– степени визуальной открытости окружающей местности;

– угла кругозора;

– аттрактивным элементам;

– глубине и ширине охвата;

– элементам с подчеркнутым выразительным цветовым решением;

– элементам, вызывающим дискомфорт восприятия и загрязняющим среду (например, свалка мусора);

– вертикальным доминантам, выразительным или диссонирующим, «ломающим» пространство.

Визуально-ландшафтная оценка отдельных элементов (на микроуровне) проводится по степени воздействия на человека. При этом оценивается конструктивность, прочность, декоративность покрытий, функциональность и художественная выразительность малых архитектурных форм, освещенность (в дневное или вечернее время), способность легко/затрудненно перемещаться

Визуально-ландшафтная оценка зеленых насаждений (сквера, улицы)

Объекты озеленения	Общее количество	Функции	Декоративность	Акцент, выразительность, пропорциональность	Колорит, живописность	Композиционная завершенность	Наличие повреждений	Взаимосвязь с окружением	Общее состояние
Типы насаждений	▲	—	—	▲	—	—	▲	—	—
Группы	—	■	—	—	■	—	—	■	—
Солитеры, одиночно	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Аллеи, ряды	▲	—	—	▲	—	—	▲	—	—
Цветники — летники; — многолетники	—	■	—	—	■	—	—	■	—

Примечание. ▲ — высокая степень; ■ — удовлетворительная степень; — — низкая степень

посетителям, распределение активности восприятия элементов объекта по установленному маршруту движения (спокойное, привлекательное/неспокойное/раздражающее акустическое воздействие).

Визуально-ландшафтная оценка таких условий по степени восприятия, как полихромность/монохромность, аттрактивность, эмоциональность, освещенность, взаимосвязанность отдельных объемно-пространственных и планировочных элементов проводится по степени воздействия на человека.

Полученные данные вносят в специально разработанные таблицы (ведомости). На рабочих планах-картах отдельными символами и условными изображениями устанавливаются взаимосвязи видов, акцентов с перспективами, отдельные перспективы с панорамами.

Материалы таблиц носят ориентировочный творческий характер, возможны методические дополнения в процессе практических разработок на конкретных объектах.

Выводы

Разработан метод визуально-ландшафтной оценки территории на стадии предпроектного создания объекта ландшафтной архитектуры. Предлагается алгоритм исследования на крупных по масштабу и площади объектов, имеющих важное архитектурно-ландшафтное значение в городских условиях, проведение типологии и структурирования пространств на *макроуровне* — панорам, дальних перспектив, на *мезоуровне* — перспектив, на *микроуровне* — видов, деталей, акцентов. Показано, что панорамные и перспективные раскрытия видовых картин и объектов видимости на маршрутах и по линии направления восприятия оцениваются по степени выразительности, уникальности, характерным

особенностям, диссонирующим эффектам. Разработанный метод прошел апробацию в г. Москве на крупных по площади объектах — набережных, площадях магистралей, парках в целях выявления проблемных территорий для проведения работ по восстановлению, реконструкции объектов ландшафтной архитектуры. Полученные данные по визуально-ландшафтной оценке можно учитывать при разработке регламента по проектированию и созданию объектов ландшафтной архитектуры.

Список литературы

- [1] Методические указания по проведению визуально-ландшафтного анализа. URL: https://www.mos.ru/dkn/documents/view/215632220/?utm_source=search&utm_term=serp (дата обращения: 09.11.2019).
- [2] Шимко В.Т. Архитектурно-дизайнерское проектирование. Основы теории (средовой подход). М.: Архитектура-С, 2009. 408 с.
- [3] Семенкова Е.В. Использование методики проведения обследования цветочного оформления улиц, площадей, набережных для целей реконструкции существующих или размещения новых объектов цветочного оформления // Леса России и хозяйства в них, 2018. № 2(65). С. 68–74.
- [4] Файлин В.А. Экология визуальной среды города // Экология и жизнь, 2007. № 7. С. 50–54.
- [5] Об оптимизации порядка утверждения архитектурно-градостроительных решений объектов капитального строительства в городе Москве. Постановление Правительства Москвы от 30 апреля 2013 г. № 284-ПП. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70273462/> (дата обращения: 09.11.2019).
- [6] Саймондс Дж. Ландшафт и архитектура / пер. с англ. А.И. Маньшавина. М.: Стройиздат, 1965. 193 с.
- [7] Киреева Т.В. Фотофиксация. Н. Новгород: Издательство ННГАСУ, 2008. 24 с.
- [8] Теодоронский В.С., Ерзин И.В. Основы архитектуры и градостроительства. Функциональное зонирование и планировка населенных мест. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. 93 с. URL: <http://ebooks.bmstu.press/catalog/341/book2022.html> (дата обращения: 09.11.2019).

- [9] СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89*. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054209> (дата обращения: 09.11.2019).
- [10] Гейл Я. Города для людей. М.: Альпина Паблшер, 2012. 276 с.
- [11] Степанов А.В., Иванова Г.И., Нечаев Н.Н. Архитектура и психология. М.: Стройиздат, 1993. 295 с.
- [12] Шубенков М.В. Структурные закономерности архитектурного формообразования. М.: Архитектура-С, 2006. 320 с.
- [13] Боговая И.О., Теодоронский В.С. Озеленение населенных мест. С.-Пб.: Лань, 2014. 240 с.
- [14] Разумовский Ю.В., Фурсова Л.М., Теодоронский В.С. Ландшафтное проектирование. М.: Форум, 2012. 136 с.
- [15] Вергунов А.П., Денисов М.Ф., Ожегов С.С. Ландшафтное проектирование. М.: Высшая школа, 1991. 239 с.
- [16] Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию / под ред. А.Д. Логвиненко. М.: Прогресс, 1988. 464 с.
- [17] Вильковский М. Социология архитектуры. М.: Фонд «Русский авангард», 2010. 592 с.
- [18] Вергунов А.П. Архитектурная композиция садов и парков. М.: Стройиздат, 1980. 254 с.
- [19] Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. М.: Прогресс, 1974. 386 с.
- [20] Боговая И.О., Фурсова Л.М. Ландшафтное искусство. М.: Агропромиздат, 1988. 223 с.

Сведения об авторе

Теодоронский Владимир Сергеевич — д-р с.-х. наук, профессор, член Союза архитекторов РФ, профессор кафедры «Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), vst01@mail.ru

Поступила в редакцию 07.12.2020.

Принята к публикации 15.01.2021.

VISUAL LANDSCAPE AREAS ASSESSMENT TECHNIQUES WHEN CREATING OBJECTS OF LANDSCAPE ARCHITECTURE

V.S. Teodoronsky

BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

vst01@mail.ru

The issues of developing the method of visual and landscape assessment of territories to create objects of landscape architecture are considered. It is shown that creation of landscape architecture objects in urbanized environment follows a complex of pre-project studies including works on perception of a number of spatial factors influencing directly the design decisions. Of great importance in this regard is the study of a system of spaces of various types, as particularly valuable elements of the landscape architecture environment and its components. The components of such an environment are space as the main landscape resource with facilities for recreation and tourism. A search has been made for a method of visual and landscape assessment of the territory of a landscape facility, including the need to address methodological issues to identify the relationship between large-scale open spaces and local objects and the details of the landscape architecture facility (i.e., from the general to the private); to determine the typological characteristics of the studied spaces, to assess the perception of the analyzed type of space in terms of its architectural and landscape, functional and planning importance and aesthetic expressiveness; to determine the conditions for perception and conditions for evaluation of local objects and their individual components (structures, parts, small architectural forms, greenery), to understand the route networks that unite the spatial structure of the studied object with its functional purpose.

Keywords: visual and landscape assessment, urban environment, territories of objects of landscape architecture

Suggested citation: Teodoronsky V.S. *O metodakh vizual'no-landshaftnoy otsenki territoriy pri sozdanii ob'etov landshaftnoy arkhitektury* [Visual landscape areas assessment techniques when creating objects of landscape architecture]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 57–63. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-57-63

References

- [1] *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu vizual'no-landshaftnogo analiza* [Guidelines for conducting visual landscape analysis]. Available at: https://www.mos.ru/dkn/documents/view/215632220/?utm_source=search&utm_term=serp (accessed 09.11.2019).
- [2] Shimko V.T. *Arkhitekturno-dizaynerskoe proektirovanie gorodskoy sredy* [Architectural and design of urban environment]. Moscow: Arkhitektura [Architecture], 2006, 382 p.
- [3] Semenkov E.V. *Ispol'zovanie metodiki provedeniya obsledovaniya tsvetochnogo oformleniya ulits, ploshchadey, naberezhnykh dlya tseley rekonstruktsii sushchestvuyushchikh ili razmeshcheniya novykh ob'ektov tsvetochnogo oformleniya* [Using the method of conducting a survey of flower decoration of streets, squares, embankments for the purpose of reconstruction of existing or placement of new objects of flower decoration]. *Lesnaya Rossiya i khozyaystva v nikh* [Forests of Russia and the economy in them], 2018, no. 2 (65), pp. 68–74.

- [4] Filin V.A. *Ekologiya vizual'noy sredy goroda* [Ecology of the visual environment of the city]. *Ekologiya i zhizn'* [Ecology and Life], 2007, no. 7, pp. 50–54.
- [5] *Ob optimizatsii poryadka utverzhdeniya arkhitekturno-gradostroitel'nykh resheniy ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva v gorode Moskve. Postanovlenie Pravitel'stva Moskvy ot 30 aprelya 2013 g. № 284-PP* [On the optimization of the order of approval of architectural and urban planning solutions for capital construction projects in the city of Moscow. Resolution of the Moscow Government dated April 30, 2013 No. 284-PP]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70273462/> (accessed 09.11.2019).
- [6] Saymonds J. *Landshaft i arkhitektura* [Landscape and Architecture]. Translation from English by A.I. Man'shavin. Moscow: Stroyizdat, 1965, 193 p.
- [7] Kireeva T.V. *Fotofiksatsiya* [Photo fixation]. N. Novgorod: Publishing house NNGASU, 2008, 24 p.
- [8] Teodoronskiy V.S., Erzin I.V. *Osnovy arkhitektury i gradostroitel'stva. Funktsional'noe zonirovaniye i planirovka naselennykh mest* [Fundamentals of architecture and urban planning. Functional zoning and planning of populated areas]. Moscow: Publishing house MSTU im. N.E. Bauman, 2019, 93 p. Available at: <http://ebooks.bmstu.press/catalog/341/book2022.html> (accessed 09.11.2019)
- [9] *SP 42.13330.2016 Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i sel'skikh poseleniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.07.01–89** [SP 42.13330.2016 Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements. Updated edition of SNIp 2.07.01–89*]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/456054209> (accessed 09.11.2019).
- [10] Geil Ya. *Goroda dlya lyudey* [Cities for people]. Moscow: Al'pina Publisher, 2012, 276 p.
- [11] Stepanov A.V., Ivanova G.I., Nechaev N.N. *Arkhitektura i psikhologiya* [Architecture and Psychology]. Moscow: Stroyizdat, 1993, 295 p.
- [12] Shubenkov M.V. *Strukturnye zakonomernosti arkhitekturnogo formoobrazovaniya* [Structural patterns of architectural shaping]. Moscow: Architecture-S, 2006, 320 p.
- [13] Bogovaya I.O., Teodoronskiy V.S. *Ozeleneniye naselennykh mest* [Greening of populated areas]. St. Petersburg: Lan', 2014, 240 p.
- [14] Razumovskiy Yu.V., Fursova L.M., Teodoronskiy V.S. *Landshaftnoe proektirovaniye* [Landscape design]. Moscow: Forum, 2012, 136 p.
- [15] Vergunov A.P., Denisov M.F., Ozhegov S.S. *Landshaftnoe proektirovaniye* [Landscape design]. Moscow: Higher school, 1991, 239 p.
- [16] Gibson J. *Ekologicheskiy podkhod k zritel'nomu vospriyatiyu* [Ecological approach to visual perception]. Ed. A.D. Logvinenko. Moscow: Progress, 1988, 464 p.
- [17] Vil'kovskiy M. *Sotsiologiya arkhitektury* [Sociology of architecture]. Moscow: Fond «Russkiy avangard», 2010, 592 p.
- [18] Vergunov A.P. *Arkhitekturnaya kompozitsiyasadov i parkov* [Architectural composition of gardens and parks]. Moscow: Stroyizdat, 1980, 254 p.
- [19] Arnkheym R. *Iskusstvo i vizual'noye vospriyatie* [Art and Visual Perception]. Moscow: Progress, 1974, 386 p.
- [20] Bogovaya I.O., Fursova L.M. *Landshaftnoye iskusstvo* [Landscape art]. Moscow: Agropromizdat, 1988, 223 p.

Author's information

Teodoronskiy Vladimir Sergeevich — Dr. Sci. (Agricultural), Professor, Member of the Union of Architects of the Russian Federation, Professor of the Department of Landscape Architecture and Garden and Park Construction of the BMSTU (Mytishchi branch), vst01@mail.ru

Received 07.12.2020.

Accepted for publication 15.01.2021.

АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ПРИРОДНОГО КАРКАСА ГОРОДА ВОРОНЕЖА

В.В. Кругляк

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, г. Воронеж,
ул. Мичурина, д. 1

kruglyak_vl@mail.ru

Представлено обоснование элементов адаптивной системы озеленения природного каркаса г. Воронежа. Определен лесопарковый зеленый пояс, компоненты которого составляют единую естественную экологическую систему. Указано, что дубравы городского округа г. Воронежа занимают площадь 4500 га. С помощью показателей нормального подпорного уровня, средней ширины, средней глубины, протяженности береговой линии, коэффициента зарегулирования определены морфометрические характеристики и нормативные подпорные уровни воды Воронежского водохранилища. На основании функционального зонирования в Воронежском водохранилище выделены три зоны и даны их характеристики. Установлено, что лесистость Центрального Черноземья составляет 9 %, что ниже нормативных показателей лесистости для создания природного каркаса г. Воронежа. Показано, что научные объекты Учебно-опытного лесхоза Воронежского государственного лесотехнического университета (ВГЛТУ) по созданию лесных культур основных лесообразующих пород Центрального Черноземья подтверждают концепцию создания адаптивных систем озеленения природного каркаса г. Воронежа. Выделены 140 видов в роде березы, которые можно использовать для адаптивных систем озеленения рассматриваемой территории. Изложенное описание Большой Воронежской экологической тропы (БВЭТ) вдоль всего маршрута, отличающегося наличием уникальных природных ландшафтных, ботанических, геологических, садово-парковых объектов. Зафиксирована тенденция увеличения по показателю рекреации адаптивных систем озеленения с 31904,3 га до 32421,2 га в 2020 г. Отмечено, что климатические и природные условия данной территории благоприятны для выращивания расширенного ассортимента древесных пород и кустарников, прежде всего, представителей главных лесообразующих пород.

Ключевые слова: адаптивные системы озеленения, природный каркас, показатель рекреации

Ссылка для цитирования: Кругляк В.В. Адаптивные системы озеленения природного каркаса города Воронежа // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 64–72. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-64-72

При проведении научных исследований, методически обоснованных системным подходом и комплексными принципами оценки [1], были использованы типовые и усовершенствованные методики, используемые в биологии [2]. На объектах закладывали ключевые участки с пробными площадями, на которых определяли количественный, видовой и возрастной состав древесных насаждений, оценивали их состояние с помощью методов ландшафтной таксации [3]. Оценка общего состояния зеленых насаждений определена методами детальной и ландшафтной инвентаризации [4]. Были также использованы принципы создания, содержания и охраны зеленых насаждений [5]. Оформление картографического материала, расчет количественных показателей и компьютерная обработка полученных данных проводили с использованием программ Corel Draw X3, MS Excel [6]. Статистическая обработка результатов исследований — с помощью программы STATISTICA 6.0 [7]. Современные ландшафтные композиции на территории объектов проектирования были созданы с учетом рекомендаций и по методикам Geoffrey Young [8]. Инновационный ассортимент декоративных древесных растений, кустарников и цветочные

композиции составлены по методическим рекомендациям Tim Newbury [9]. В исследованиях воспользовались данными лесного плана Воронежской обл. [10], дендрологической методикой [11]. Степень достоверности полученных результатов подтверждают многолетние, комплексные, многофакторные экспериментальные исследования [12].

Озелененное пространство какого-либо размера и типа является полифункциональным. Чем больше функций оно выполняет, тем больше его значение в природном каркасе и эффективнее вся система.

Развитие адаптивной системы озеленения — основное средство функционирования природного каркаса г. Воронежа, уникального по структуре и составу элементов.

Цель работы

Цель работы — обоснование формирования природного каркаса г. Воронежа на основе адаптивных систем озеленения.

Материалы и методы исследований

Территория Воронежской обл. согласно физико-географическому районированию Центрально-Черноземных областей [13] расположена в двух зонах, трех провинциях и десяти районах:

Лесостепная зона

I. Провинция Среднерусской возвышенности

II. Провинция Окско-Донской низменности

Степная зона

III. Степная Среднерусская провинция.

Особенность мегаполисов России состоит в том, что все они, являются крупными промышленными центрами. Природный каркас г. Воронежа — это система открытых озелененных пространств, природных ландшафтных комплексов, формирующихся на базе гидрографической сети с учетом рельефа во взаимосвязи с природным окружением на основе адаптивных систем озеленения. [14]

Адаптивные системы озеленения природного каркаса г. Воронежа включают в себя следующие элементы:

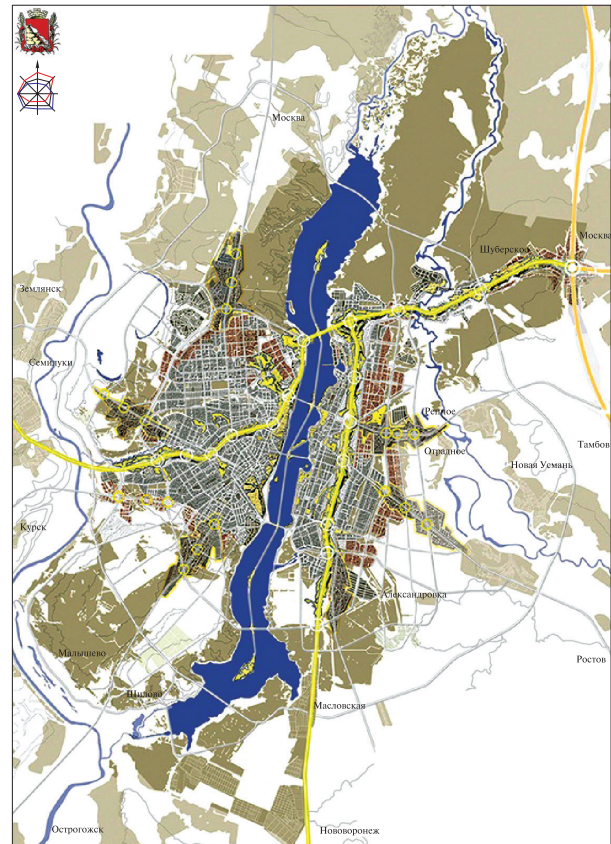
- лесопарки;
- защитные леса;
- особо охраняемые природные территории;
- особо защитные участки лесов зеленой зоны;
- сельскохозяйственные земли;
- естественные экосистемы;
- озелененные территории всех видов и категорий;
- зоны с особыми условиями использования территории;
- ботанические сады;
- кампусы высших учебных заведений;
- экологические тропы;
- лесные территории Учебно-опытного лесхоза

Воронежского государственного лесотехнического университета (ВГЛУ).

В законе Воронежской обл. от 06.07.2017 г. № 92-ОЗ «О лесопарковых зеленых поясах городских населенных пунктов в Воронежской области» приведено определение: *лесопарковый зеленый пояс* — это зоны с ограниченным режимом природопользования и иной хозяйственной деятельности, включающие в себя территории, на которых расположены леса, и территории зеленого фонда в границах городских населенных пунктов, которые прилегают к указанным лесам или составляют единую естественную экологическую систему (рис. 1, 2).

В границах городского округа г. Воронежа леса занимают 21 800 га, из них на дубравы приходится около 4500 га. Дубравы городского округа — это часть его экологической инфраструктуры, выполняющая водоохранную, противоэрозионную, природоохранную, рекреационную и эстетическую функции. На территории городского округа выделено пять особо охраняемых природных территорий связанных с дубравами:

- вековая дубрава в окрестностях пос. Тенистый;
- урочище Лысая гора в дубраве Правобережного лесничества;



- ★ Основное направление развития города (система железнодорожных путей правобережья и левобережья)
- ◆ Второстепенное направление развития города (система посадских территорий: Москва, Тамбов, Ростов, Нововоронеж, Острогожск, Курск, Землянк)
- Транспортно-градостроительные узлы основного направления
- Транспортно-градостроительные узлы второстепенного направления

Рис. 1. Схема концептуального развития адаптивных систем озеленения природного каркаса г. Воронежа

Fig. 1. Scheme of conceptual development of adaptive landscaping systems for the natural frame of Voronezh

- остепненная поляна в Шиловской дубраве;
- старовозрастные участки в дубраве Правобережного лесничества;

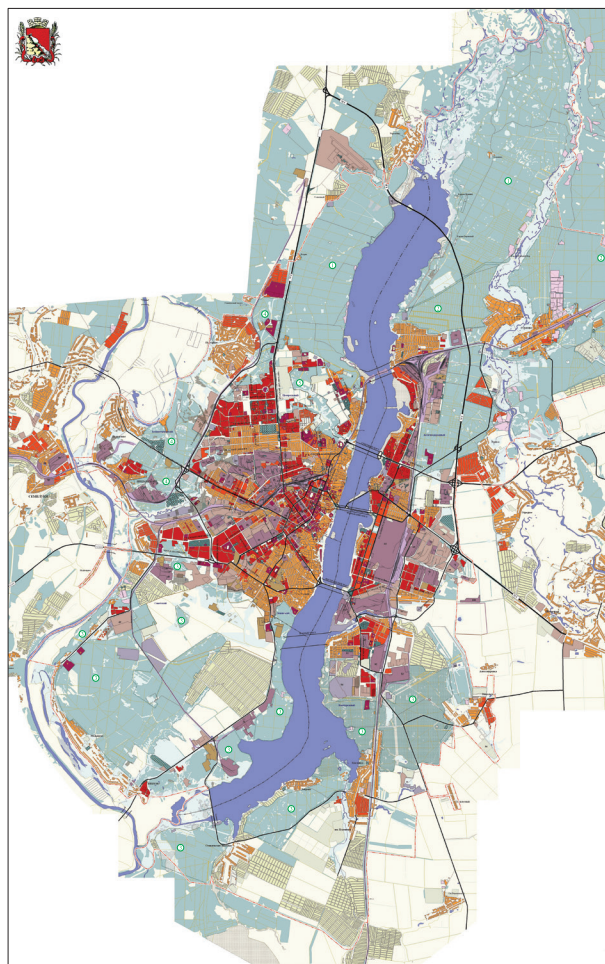
уникальное дерево — 300-летняя сосна обыкновенная на территории дубравы (квартал № 37).

Они имеют статус памятников природы на основании постановления администрации Воронежской обл. № 500 от 28.05.98 г. [15].

Важнейшим компонентом природного каркаса г. Воронежа являются водные объекты. Принципиальные методологические подходы к учету водных объектов обусловлены особенностями гидрографической сети:

- большой ландшафтно-эстетической значимостью открытых водных объектов;
- рекреационными потребностями города;
- взаимосвязью водных объектов с и гидрологической сетью лесов и их сохранностью.

Среди водных объектов на территории природного каркаса г. Воронежа главнейшим водным объектом является Воронежское водохранилище,



- Промышленные территории
- Коммунально-складские территории
- Территории многоэтажной жилой застройки
- Территории многоэтажной жилой застройки 5, 6, 7 этажей
- Территории малоэтажной коттеджной и усадебной жилой застройки
- Территории общественно-делового назначения
- Территории объектов инженерной инфраструктуры (ТЭЦ, водозабор, очистные сооружения, канализация, ГРС)
- Нормативные территории отчуждения магистральных трубопроводов высокого давления
- Полоса отвода высоковольтных линий электропередач
- Полоса отвода железной дороги
- Водные объекты
- Городские парки, скверы, бульвары (зеленые насаждения общего пользования)
- Территории лечебно-оздоровительных учреждений
- Садовые участки
- Сельскохозяйственные территории
- Городские леса
- Спецтерритории
- Территории кладбищ
- Автомагистрали федерального значения
- Автомагистрали областного значения
- Городские улицы и проезды
- Граница городского округа
- Граница административных районов
- Граница сельских населенных пунктов
- Граница ООПТ
- Граница лесхозов

Лесхозы, расположенные в черте города

- ① ВГЛА
- ② Сомовский лесхоз
- ③ Новоусманский лесхоз
- ④ Семилукский лесхоз
- ⑤ НИИЛГиС Воронежский лесхоз

Рис. 2. Схема природного каркаса г. Воронежа
Fig. 2. Scheme of the natural frame of the city of Voronezh

созданное в 1972 г. при строительстве плотины на р. Воронеж для гидроузла у с. Шилово. Это самый крупный искусственный водоем Центрального Черноземья. В 1993 г. это водохранилище внесли в международные каталоги озер мира. Водохранилище расположено в черте мегаполиса.

Рассмотрим морфометрические характеристики и нормативные подпорные уровни воды Воронежского водохранилища (табл. 1) [16].

Адаптивные системы озеленения состоят из подсистем с искусственными насаждениями, имеющими многофункциональное значение. Отечественными лесоводами накоплен большой опыт создания и выращивания лесных культур, особенно в Центральном Черноземье, где удельный вес искусственных насаждений в лесном фонде составляет около 35 %. Общая лесистость Центрального Черноземья — 9 %. Создание адаптивных систем озеленения позволяет решить следующие основные задачи:

- улучшения породного состава лесов;
- повышения продуктивности лесов;
- улучшения качества выращиваемой древесины;
- сокращения сроков выращивания лесов;
- повышения защитных и рекреационных функций леса.

Т а б л и ц а 1

Морфометрические характеристики и нормативные подпорные уровни вод Воронежского водохранилища

Morphometric characteristics and standard head water levels of the Voronezh reservoir

Показатель	Значение по проекту	Значения фактические
Нормальный подпорный уровень (НПУ), м	93,0	95,2
Полный объем водохранилища при НПУ, млн м ³	204,0	199,3
Площадь зеркала при НПУ, км ²	70,0	59,9
Длина при НПУ, км	35	35
Средняя ширина, км	2,0	1,7
Глубина максимальная средняя, м	8,4	19,4
Глубина средняя, м	2,9	3,3
Площадь мелководий глубиной до 2 м, км ²	24,1	19,7
Протяженность береговой линии, км	85,0	99,3
Коэффициент зарегулирования	0,11	0,11

Таблица 2

Продуктивность культур сосны обыкновенной разного географического происхождения

Scots pine crops productivity of different geographic origin

Регион, область	Номер образца	Направление переброски	Средняя высота ствола, м	Средний диаметр ствола, см	Бонитет	Запас стволовой древесины, м ³ /га
Воронежская обл.	11	Местная	14,5	11,0	I	447,2
Мурманская обл.	38	Север	10,7	8,0	III	97,4
Московская обл.	47	Север	13,3	8,4	II	231,3
Киевская обл.	15	Запад	14,3	11,4	I	452,1
Республика Татарстан	50	Восток	13,3	9,5	II	300,2
Республика Башкортостан	6	Восток	11,2	9,0	II	223,6

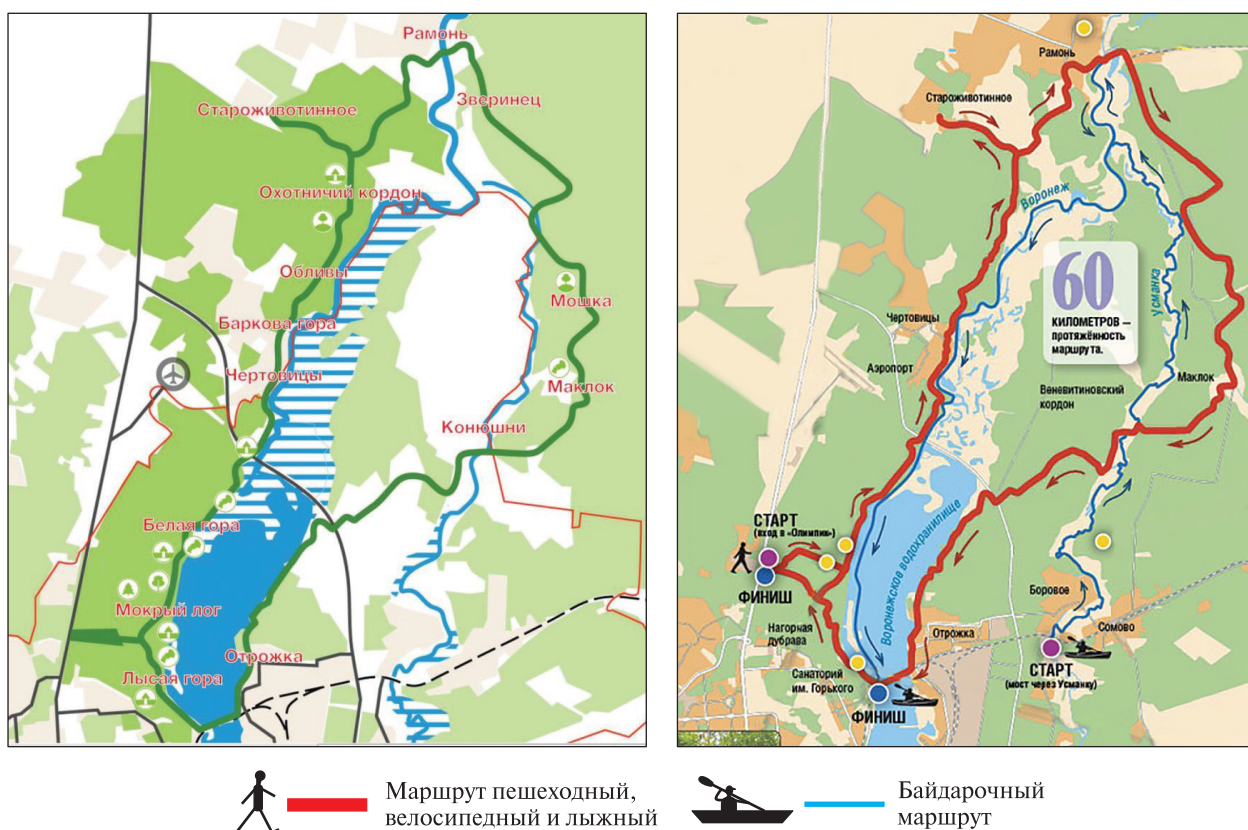


Рис. 3. Маршрут Большой Воронежской экологической тропы
 Fig. 3. The route of the Great Voronezh ecological trail

Лесные массивы Учебно-опытного лесхоза ВГЛУТУ расположены в северной части Воронежской и частично в Липецкой области. Основная часть территории (около 90 %) находится в Воронежской обл. на землях Рамонского административного района и г. Воронежа.

Площадь этих лесных массивов составляет 13 846 га. Они являются важнейшим элементом адаптивных систем озеленения.

Здесь создано более 70 опытных объектов. Объект № 1 — Географические культуры сосны обыкновенной в Левобережном лесничестве, квартал 94, площадь 37,6 га. Посадки представле-

ны сосной обыкновенной из 353 пунктов страны (табл. 2) [17].

Анализ продуктивности культур сосны обыкновенной (см. табл. 2) по показателям выделил образец № 15 из Киевской обл. и образец № 11 из Воронежской обл. как наиболее перспективные для адаптивных систем озеленения.

Лесные пожары 2010 г. нанесли значительный ущерб природному каркасу г. Воронежа. В целях снижения пирогенной опасности для лесных насаждений необходимо увеличить долю лиственных насаждений в составе зеленого пояса г. Воронежа, в частности березовые насаждения, которые

Т а б л и ц а 3

Характеристика Большой Воронежской экологической тропы

Characteristics of the Great Voronezh ecological trail

Наименование тропы	Протяженность, км	Функциональное назначение	Достопримечательности
Нагорная тропа	13,5	Лесное; дендрологическое	Археологический памятник «Кузнецовское городище»; урочище Лысая гора; клинический санаторий им. Горького; городище Вантит
Чертовицкая тропа	10,3	Лесное; садово-парковое	Воронежская нагорная дубрава; Райская поляна; Животинное городище; Дворцово-парковый комплекс принцессы Ольденбургской
Усманская тропа	14,0	Лесное; ботаническое	Урочище Кордон Зверинец; болото «Клюквенное»; усадьба «Сосновый бор»

признаны важнейшим компонентом экологической инфраструктуры. Из лиственных древесных пород береза наиболее распространена на территории Российской Федерации. В настоящее время в роде береза (*Betula L.*) насчитывается 140 видов, из них 73 естественно произрастают в пределах СНГ, 25 — интродуцированы. Наибольшее распространение получили такие виды березы, как береза повислая (*Betula pendula Roth.*) и береза пушистая (*Betula pubescens Ehrh.*). Пребывая на крайнем пределе своего естественного ареала, береза отличается значительным полиморфизмом, быстро растет, засухоустойчива, не требовательна к плодородию почвы. На ее долю приходится около 2 % общей площади лесных культур и 18 % площади защитных лесонасаждений [18].

Лесопарки, парки и экологические тропы как крупные структурные элементы природного каркаса имеют свои особенности:

- характерное состояние растительности;
- наличие природно-исторических и садово-парковых объектов;
- развитость адаптивных систем озеленения.

Насаждения этих элементов природного каркаса регулярно подвергаются ландшафтному анализу и таксации.

Большая Воронежская экологическая тропа (БВЭТ), представляет собой сеть троп и дорог, пролегающих по территории Центрального, Коминтерновского, Железнодорожного районов городского округа г. Воронежа, Новоусманского, Рамонского муниципальных районов Воронежской обл. (рис. 3). Около 4 тыс. лет тому назад на правом берегу р. Воронеж появились первые укрепленные поселения. Можно утверждать, что БВЭТ — одна из древнейших в России дорог, сохранившихся в первозданном виде, которая состоит из трех основных участков:

1) Нагорной тропы — пролегающей по территории областного заказника «Воронежская нагорная дубрава» мимо многочисленных археологических памятников, живописных природных урочищ, парка «Олимпик»;

Т а б л и ц а 4

Показатели адаптивных систем озеленения природного каркаса города Воронежа [20]

Indicators of adaptive landscaping systems for the natural frame of the city of Voronezh [20]

Показатели	Современное состояние на 01.01.2013 г.	Расчетный срок на 01.01.2025 г.
Рекреационные зоны: в том числе, га	31904,3 (53,3)	32421,2 (54,1)
Зеленые насаждения общего пользования, га	706,6	806,7
Зеленые насаждения специального назначения, га	985,1	985,1
Особо охраняемые природные территории, га	558,6	2960,1
Зона лесных насаждений, га	20152,1	18167,4
Прибрежная зона отдыха, га	2375,0	2375,0
Водные объекты, га	6778,5	6778,5
Лечебно-оздоровительные учреждения, га	348,4	348,4
Общая площадь земель городского округа город Воронеж, га (%)	59899,9 (100)	59899,9 (100)
<i>Примечание.</i> В скобках указан процент общей площади природного каркаса.		

2) Чертовицкой тропы — пролегающей по территории областного заказника «Воронежская нагорная дубрава» до р. Воронеж в районе с. Чертовицы;

3) Усманской тропы — пролегающей по территории заказника «Воронежский», через Усманский бор, р. Усмань.

Протяженность маршрута БВЭТ — 60 км. Здесь расположены уникальные природные, ландшафтные, ботанические, геологические и садово-парковые объекты. Маршрут функционирует круглый год (табл. 3) [19]

По классификации городских систем озелененных пространств, разработанной по домини-

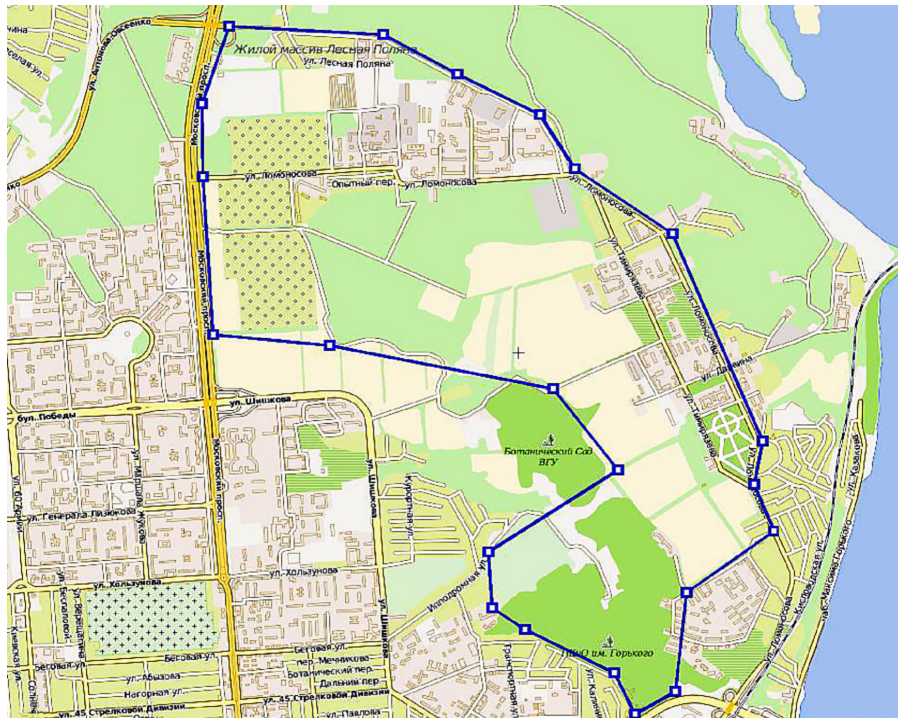


Рис. 4. Учебный полигон адаптивных систем озеленения Воронежского государственного аграрного университета

Fig. 4. Training ground for adaptive landscaping systems of the Voronezh State Agrarian University

рующему природному компоненту, в частности по принципам архитектурно-планировочной организации, для природного каркаса г. Воронежа (из известных классификаций) наиболее вероятны следующие системы: водно-зеленый диаметр без выраженной доминанты или комбинированная (рис. 4, табл. 4).

Адаптивные системы озеленения природного каркаса г. Воронежа по показателю «рекреационные зоны» увеличены с 31904,3 га до 32421,2 га в 2020 г. и значительно увеличены особо охраняемые природные территории — на 2401,5 га в 2020 г. Для природного каркаса г. Воронежа среди сочетаний вариантов городских озелененных пространств и систем озеленения наиболее вероятным является сложно-составной: водно-зеленый диаметр и дисперсная система.

Выявлено, что адаптивные системы озеленения представляют собой сложные взаимосвязанные системы озелененных территорий, которые состоят из подсистем, способных к адаптивному функционированию и имеющих возможность упорядочиваться и усложняться в целях сохранения или достижения оптимального состояния при изменении внешних условий, за счет которых реализуется их многофункциональное назначение. Развитие сложной адаптивной системы озеленения зависит от изменения параметров объектов озеленения и влияния внешних условий — экологических, ландшафтных, географических, ин-

женерно-градостроительных, которые действуют вследствие комплекса биологических, агротехнических, лесохозяйственных, мелиоративных и гидротехнических мероприятий.

Выводы

1. В природном каркасе г. Воронежа местоположение и границы озелененных территорий определяются генеральным планом развития города и градостроительным зонированием его территорий с учетом исторически сложившихся планировочных и уникальных природных компонентов — рельефа, акваторий и зеленых насаждений на основе адаптивных систем озеленения.

2. Природные условия территории природного каркаса г. Воронежа благоприятны для выращивания большого адаптивного ассортимента древесных пород и кустарников, в первую очередь видов главных лесообразующих пород.

3. Для повышения устойчивости и долговечности зеленых насаждений природного каркаса г. Воронежа рекомендуется вводить местные и адаптированные интродуцированные древесные породы и кустарники с учетом подбора ассортимента согласно разработанному дендрологическому районированию и технологиям выращивания на базе питомнического комплекса Воронежской обл.

4. Березовые леса Центральной лесостепи имеют промышленное, экологическое и защитное значение. Береза отличается значительным

полиморфизмом и составляет в структуре насаждений около 2 % общей площади лесных культур, 18 % — в защитных насаждениях и является одной из основных лесообразующих пород для природного каркаса г. Воронежа.

5. Важнейшим направлением реабилитации Воронежского водохранилища является создание намывных территорий в районе Петровской набережной и Вогресовского моста с дальнейшим созданием уникальной рекреационной территории в черте города.

6. Градостроительная организация ландшафтно-рекреационного экопарка «Воронеж — колыбель Русского флота» на основе главной лесообразующей породы — дуба в составе северной нагорной дубравы, Шиловской дубравы и дубовых насаждений Учебно-опытного лесхоза ВГЛУ как компонента адаптивных систем озеленения природного каркаса города Воронежа.

7. Для природного каркаса г. Воронежа из типичных вариантов расположения озелененных пространств пригородной зоны можно рассмотреть следующее сочетание: водно-зеленый диаметр, доминирующий ландшафтный фактор — Воронежское водохранилище в черте мегаполиса и дисперсное размещение с учетом действующих лесопарков, расположенных по территории пригородной зоны с включением большой воронежской экологической тропы.

Список литературы

- [1] Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов. М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1985. 112 с.
- [2] Биоразнообразие города Воронежа / под ред. О.П. Негрובה. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2004. 98 с.
- [3] Гальперин М.И. Организация хозяйства в пригородных лесах. М.: Лесная пром-сть, 1971. 231 с.
- [4] Теодоронский В.С., Боговая И.О. Объекты ландшафтной архитектуры. М.: МГУЛ, 2001. 330 с.
- [5] Правила создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы. М.: Изд-во Департамента природопользования и охраны окружающей среды, 2002. 140 с.
- [6] Кругляк В.В., Гурьева Е.И. Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство парков санаториев и курортов Воронежской области. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2010. 156 с.
- [7] Кругляк В.В. Зональные особенности паркостроения. Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2008. 295 с.
- [8] Young G. Walking Londons parks and gardens. Londons (UK): New Holland Publishers, 1998, p. 222.
- [9] Newbury T. The Ultimate Garden designer Word Losk. London: Ward Lock, 1995, p. 256.
- [10] Лесной план Воронежской области. URL: <http://ulh.govvtn.ru/Shared Documents/Лесной План Воронежской области.doc>. (дата обращения 10.11.2020).
- [11] Машкин С.И. Дендрология Центрального Черноземья. Систематика, кариология, география, генезис, экология и использование местных и интродуцированных деревьев и кустарников. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1971. 344 с.
- [12] Кругляк В.В., Гурьева Е.И. Древодводство. Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2011. 144 с.
- [13] Мильков Ф.Н., Михно Б.В., Федотов В.И. Эколого-географические районы Воронежской области. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1996. 216 с.
- [14] Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов. М.: Архитектура-С, 2010. 184 с.
- [15] Григорьевская А.Я., Зелепукин Д.С. Флора дубрав городского округа город Воронеж: биогеографический, экологический, природоохранный аспекты. Воронеж: Изд-во им. Е.А. Болховитинова, 2013. 260 с.
- [16] Сейдалиев Г.С., Косинова И.И., Соколова Т.В., Силкин К.Ю. Экологический менеджмент территории Воронежского водохранилища. Воронеж: Истоки, 2017. 186 с.
- [17] Сухов И.В. История и опыт создания лесных культур в Учебно-опытном лесхозе Воронежской государственной лесотехнической академии. Воронеж: Кварта, 2007. 143 с.
- [18] Попов В.К. Березовые леса Центральной лесостепи России. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. 424 с.
- [19] Саниев А.Р. Тропа Воронежская. Путеводитель по большой Воронежской экологической тропе. Воронеж: Новый взгляд, 2015. 104 с.
- [20] Материалы по обоснованию изменений в генеральный план городского округа город Воронеж. 15837-ПЗ. Воронеж: ООО «ВПИ», 2014. 64 с.

Сведения об авторе

Кругляк Владимир Викторович — д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», kruglyak_vl@mail.ru

Поступила в редакцию 24.12.2020.

Принята к публикации 25.01.2021.

ADAPTIVE LANDSCAPE SYSTEMS FOR NATURAL FRAME IN VORONEZH

V.V. Kruglyak

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 1, Mitchurina st., 394087, Voronezh, Russia

kruglyak_vl@mail.ru

The substantiation of an adaptive planting system for the natural frame of Voronezh is presented. A forest-park green belt has been identified, the components of which make up a single natural ecological system. It is indicated that the oak forests of the urban district of Voronezh occupy an area of 4500 hectares. Using the indicators of the normal head water level, average width, average depth, length of the coastline, regulation coefficient, the morphometric characteristics and standard head water levels of the Voronezh reservoir were determined. On the basis of functional zoning in the Voronezh reservoir, three zones are identified and their characteristics are given. It was identified that the forest cover of the Central Chernozem region is 9 %, which is lower than the normative indicators of forest cover for creating the natural frame in Voronezh. It is shown that the scientific objects of the Educational and Experimental Forestry Enterprise of the Voronezh State Forestry University (VGLTU) for the creation of forest cultures of the main forest-forming species in the Central Chernozem Region confirm the concept of creating adaptive landscaping systems for the natural frame of the city of Voronezh. 140 species in the genus of birch have been identified, which can be used for adaptive landscaping systems in the area under consideration. The stated description of the Great Voronezh Ecological Trail (BVET) along the entire route, characterized by the presence of unique natural landscape, botanical, geological, garden and park objects. An upward trend in the indicator of recreation of adaptive landscaping systems from 31,904.3 hectares was recorded up to 32421.2 hectares in 2020. It is noted that the climatic and natural conditions of this territory are favorable for growing an expanded range of tree species and shrubs, primarily the main forest-forming species.

Keywords: adaptive landscaping systems, natural frame, recreation indicator

Suggested citation: Kruglyak V.V. *Adaptivnye sistemy ozeleneniya prirodnogo karkasa goroda Voronezha* [Adaptive landscape systems for natural frame in Voronezh]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 64–72. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-64-72

References

- [1] *Metodika sistemnykh issledovaniy lesoagrarnykh landshaftov* [Methodology for systemic research of forest-agricultural landscapes]. Moscow: VASKHNIL, 1985, 112 p.
- [2] *Bioraznobraziye goroda Voronezha* [Biodiversity of the city of Voronezh]. Ed. O.P. Negrobov. Voronezh: Voronezh State University, 2004, 98 p.
- [3] Gal'perin M.I. *Organizatsiya khozyaystva v prigorodnykh lesakh* [The organization of the economy in the suburban forests]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1971, p. 231.
- [4] Teodoronskiy V.S., Bogovaya I.O. *Ob'ekty landshaftnoy arkhitektury* [Objects of landscape architecture]. Moscow: MGUL, 2001, 330 p.
- [5] *Pravila sozdaniya, sodержaniya i okhrany zelenykh nasazhdeniy goroda Moskvy* [Rules for the creation, maintenance and protection of green spaces in the city of Moscow]. Moscow: Departament prirodopol'zovaniya i okhrany okruzhayushchey sredy [Department of Nature Management and Environmental Protection], 2002, 140 p.
- [6] Kruglyak V.V., Gur'eva E.I. *Landshaftnaya arkhitektura i sadovo-parkovoe stroitel'stvo parkov sanatoriev i kurortov Voronezhskoy oblasti* [Landscape architecture and landscape gardening of parks of sanatoriums and resorts of the Voronezh region]. Voronezh: Voronezh State University, 2010, 156 p.
- [7] Kruglyak V.V. *Zonal'nye osobennosti parkostroeniya* [Zonal features of park construction]. Voronezh: VGLTA, 2008, 295 p.
- [8] Young G. *Walking Londons parks and gardens*. Londons (UK): New Holland Publishers, 1998, p. 222.
- [9] Newbury T. *The Ultimate Garden designer Word Losk*. London: Ward Lock, 1995, p. 256.
- [10] *Lesnoy plan Voronezhskoy oblasti* [Forest plan of the Voronezh region]. Available at: <http://ulh.govvrn.ru/Shared Documents / Forest Plan of the Voronezh Region.doc>. (accessed 10.11.2020).
- [11] Mashkin S.I. *Dendrologiya tsentral'nogo Chernozem'ya. Sistematika, kariologiya, geografiya, genesis, ekologiya i ispol'zovanie mestnykh i introdutsirovannykh derev'ev i kustarnikov* [Dendrology of the Central Black Earth Region. Taxonomy, karyology, geography, genesis, ecology and the use of native and introduced trees and shrubs]. Voronezh: Voronezh State University, 1971, 344 p.
- [12] Kruglyak V.V., Gur'eva E.I. *Drevovodstvo* [Tree breeding]. Voronezh: VGLTA, 2011, 144 p.
- [13] Mil'kov F.N., Mikhno B.V., Fedotov V.I. *Ekologo-geograficheskie rayony Voronezhskoy oblasti* [Ecological and geographical areas of the Voronezh region]. Voronezh: Voronezh State University, 1996, 216 p.
- [14] Krasnoshchekova N.S. *Formirovaniye prirodnogo karkasa v general'nykh planakh gorodov* [Formation of the natural framework in the master plans of cities]. Moscow: Architecture-S, 2010, 184 p.
- [15] Grigor'evskaya A. Ya., Zelepukin D.S. *Flora dubrav gorodskogo okruga gorod Voronezh: biogeograficheskiy, ekologicheskiy, prirodookhrannyy aspekty* [Flora of oak forests of the city district of Voronezh: biogeographic, ecological, nature conservation aspects]. Voronezh: Publishing house im. E.A. Bolkhovitinova, 2013, 260 p.

- [16] Seydaliev G.S., Kosinova I.I., Sokolova T.V., Silkin K.Yu. *Ekologicheskiy menedzhment territorii Voronezhskogo vodokhranilishcha* [Environmental management of the Voronezh reservoir territory]. Voronezh: Istoki, 2017, 168 p.
- [17] Sukhov I.V. *Istoriya i opyt sozdaniya lesnykh kul'tur v Uchebno-opytном leskhoze Voronezhskoy gosudarstvennoy lesotekhnicheskoy akademii* [History and experience of creating forest plantations in the Educational and experimental forestry enterprise of the Voronezh State Forestry Academy]. Voronezh: Kvarta, 2007, 143 p.
- [18] Popov V.K. *Berezovye lesa Tsentral'noy lesostepi Rossii* [Birch forests of the Central forest-steppe of Russia]. Voronezh: Voronezh State University, 2003, 424 p.
- [19] Saniev A.R. *Tropa Voronezhskaya. Putevoditel' po bol'shoy Voronezhskoy ekologicheskoy trope* [Voronezh trail. Guide to the great Voronezh ecological trail]. Voronezh: New look, 2015, 104 p.
- [20] *Materialy po obosnovaniyu izmeneniy v general'nyy plan gorodskogo okruga gorod Voronezh* [Materials for substantiation of changes in the general plan of the urban district of the city of Voronezh]. 15837-PZ. Voronezh: VPI, 2014, 64 p.

Author's information

Kruglyak Vladimir Viktorovich — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, kruglyak_vl@mail.ru

Received 24.12.2020.

Accepted for publication 25.01.2021.

УДК 712.413

DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-73-80

РЕДКИЕ ВИДЫ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ В ОЗЕЛЕНЕНИИ Г. МОСКВЫ

А.Ю. Сапелин

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1
c.a@inbox.ru

Представлены результаты многолетних исследований городских зеленых насаждений г. Москвы, выделены редко встречающиеся древесные породы (они точно указаны на карте города и могут быть почитаны поштучно, исходя из количества представленных экземпляров). Работы проведены без учета редких видов, имеющихся в дендрариях, ботанических садах и других научных коллекциях города, а рассмотрены только произрастающие на общественных территориях. Частные сады так же не рассматривались, а из общественных пространств учитывались лишь имеющие свободный режим посещения. После выделения редких видов определено их санитарное и эстетическое состояние и сделаны выводы о перспективности использования данных видов на иных объектах озеленения.

Ключевые слова: редкие виды, дендрологический раритет, древесные растения, озеленение города, зеленые насаждения г. Москвы

Ссылка для цитирования: Сапелин А.Ю. Редкие виды древесных растений, встречающиеся в озеленении г. Москвы // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 73–80. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-73-80

Современный ассортимент декоративных древесных растений, используемых в зеленом строительстве, разнообразен, особенно в результате появления за последние десятилетия большого количества новых форм и сортов [1]. Видовой состав применяемых сегодня растений несколько различается не только с рекомендуемым ассортиментом ботанических садов [2] и дендрариев города, но и с уже произрастающим в городе несколько десятилетий. Снижение популярности некоторых видов растений в озеленении вызвано многими причинами, но одна из них — главная: упадок отечественного питомниководства как отрасли в 1990-х гг. и замена местного посадочного материала импортным. Виды, выращиваемые в европейских и в отечественных питомниках, отличались. Как следствие, произошла частичная замена ассортимента. Зачастую это была замена не лучшими по устойчивости экземплярами, но другой посадочный материал тогда отсутствовал.

В настоящее время отечественные питомники переживают экономический подъем и поэтому снова актуально обращаться к отечественному опыту озеленения. Полученные нами результаты можно использовать для нужд российского питомниководства, а также в ландшафтной отрасли и садово-парковом строительстве [3].

Цель работы

Цель работы — обобщение данных 10-летних исследований по выявлению в озеленении общественных мест г. Москвы малораспространенных видов древесных растений, определению их состояния и формулирование выводов о возможности их использования в современном озеленении.

Результаты и обсуждение

С 2010 г. мы ведем работу по выявлению дендрораритетов, произрастающих на территории г. Москвы, анализируем их санитарное и эстетическое состояние, исследуем различные парковые пространства города [4]. На основе полученных данных составлен реестр дендрораритетов [5]. Под дендрораритетами мы понимаем экземпляры древесных и кустарниковых видов, отличающиеся такими показателями как размеры наземной части (нетипичные для этого вида в данной географической точке), возраст растения (показатели возраста, редко встречающиеся у этого вида в данной географической точке), видовая принадлежность (виды, их формы и сорта, редко встречающиеся в данной географической точке). Экземпляр, обладающий хотя бы одним из этих показателей, рассматривается нами как *дендрораритет*.

Аналогичная работа ведется во многих странах [6–8] и в других городах России [9], однако обычно рассматривается только одна из характеристик (чаще всего возраст). Так, например, всероссийской программой «Деревья — памятники живой природы» предусматривается изучение преимущественно старовозрастных деревьев, произрастающих на территории России. Для составления реестра таких деревьев, по данным на ноябрь 2020 г., обработано 1002 заявки [10].

Международная организация Ассоциация экологического партнерства (АЭП) объединила фонды из Болгарии, Чехии, Венгрии, Польши, Румынии и Словакии и занимается поддержкой общественных проектов по защите окружающей среды. Один из таких проектов — международ-

ный конкурс «Дерево года» [11], на котором, например в 2017 г., высокие рейтинги получил российский экземпляр дуба черешчатого возрастом 188 лет (Белгородская обл.).

Старовозрастным деревьям, в частности в таких странах, как США, Китай, страны Евросоюза на государственном уровне уделяется серьезное внимание. Многим из таких деревьев присвоен статус национальных памятников, и они взяты под охрану. В России этот процесс только развивается.

Рассмотрим растения, вошедшие в список дендрораритетов как редко встречающиеся виды, формы и сорта. Кроме того, исключим редкие виды, встречающиеся в многочисленных научных коллекциях города (дендрариях, ботанических садах) и исследуем лишь встречающиеся в городском озеленении и общественно доступные. К малораспространенным относим виды, которые встречаются единично и их можно поштучно учесть в пределах всей территории города.

Ассортимент древесных растений улиц г. Москвы недостаточно изучен по разным причинам. Из значимых работ можно назвать исследования Э.И. Якушиной [12], относительно утратившими свою актуальность. Среди более поздних работ (2000) можно выделить труды Г.А. Поляковой, В.А. Гутникова [13], которыми проведена серьезная исследовательская работа, однако только по ассортименту парковых зон г. Москвы. В Департаменте природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы имеется интерактивная карта насаждений города, на которую в реальном режиме времени наносятся вновь высаженные растения и удаляются вырубленные. Карта охватывает часть города, что обусловлено различным ведомственным подчинением разных территорий. Объединение всех данных в единую систему позволило бы составить цельную картину, а значит, и более репрезентативную.

Возраст большинства исследованных экземпляров, за редким исключением, составляет более 50 лет. Это означает, что в условиях города они пережили целый спектр погодных катаклизмов: бесснежные морозные зимы (2002–2003) [14], сильные морозы (1978–1979, 1987), ледяные дожди, сильную засуху (2010) и другие отклонения от нормы. На них также отразилось и отсутствие какого бы то ни было ухода в 1990-е гг.

Кратко проанализируем по шкалам эстетической и санитарной оценки, разработанным в Московском лесотехническом институте (ныне Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана) [15] некоторых представителей малораспространенных видов, и на этом основании составим список растений, которые можно рекомендовать для широкого использования в целях городского озеленения (выделено полужирным курсивом).

1. **Абрикос маньчжурский** (*Armeniaca mandshurica* = *Prunus mandshurica*). Ленинский проспект, д. 44. Послевоенная посадка. Утрачен вследствие заболевания монилиозом.

2. Айлант высочайший (*Ailanthus altissima*). 2-й Спасоналивковский пер., д. 5. Растет в порослевой культуре во дворе. Не является агрессором.

3. **Багрянник японский** (*Cercidiphyllum japonicum*). Грузинская площадь. Георгиевский сквер. Относительно молодые посадки.

4. **Бархат амурский** (*Phellodendron amurense*). Волоколамское шоссе, д. 2. Институт «Гидропроект». Проспект Мира, 119. ВДНХ [16] и др.

5. **Береза вишневая** (*Betula lenta*). Болотная площадь. По нашим сведениям, единственная посадка этого вида в общественном месте.

6. **Береза Максимовича** (*Betula maximowicziana*). Площадь Ильинские ворота. Ильинский сквер. По нашим сведениям, единственная посадка этого вида в общественном месте.

7. **Береза ребристая** (*Betula costata*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. По нашим сведениям, единственная посадка этого вида в общественном месте.

8. Бук лесной 'Pendula' (*Fagus sylvatica* 'Pendula'). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Единственный экземпляр в Москве, если исключить научные коллекции и частные сады (рис. 1).

9. Вишня кустарниковая 'Globosa' (*Cerasus fruticosa* 'Globosa'). Территория между ул. Советской Армии, Олимпийским пр., Суворовской пл., неподалеку ст. метро «Достоевская». Екатерининский парк (бывший парк ЦДСА). Относительно молодые посадки. Происхождение — Германия.

10. Вишня мелкопильчатая 'Kanzan' (*Prunus serrulata* 'Kanzan'). Территория между ул. Советской Армии, Олимпийским пр., Суворовской пл., неподалеку ст. метро «Достоевская». Екатерининский парк (бывший парк ЦДСА). Относительно молодые посадки. Происхождение — Германия.

11. Гинкго двулопастной (*Ginkgo biloba*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Ботаническая ул., 35. Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева (ИФР). Возле ИФР РАН находятся самые крупные московские экземпляры, в 2015 г. впервые плодоносили, ныне плодоношение ежегодное [17].

12. Гледичия трехколючковая (*Gleditsia triacanthos*). Комсомольский проспект, д. 36. Самые крупные и регулярно плодоносящие московские экземпляры.

13. **Граб обыкновенный** (*Carpinus betulus*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Фрунзенская набережная, д. 50. Территория у дома. Здесь произрастает самое крупное дерево этого вида на общественных территориях.

14. *Груша уссурийская (Pyrus ussuriensis)*. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Встречается незначительно и в других местах, но здесь находится самый крупный из московских экземпляров (рис. 2).

15. *Дуб черешчатый 'Fastigiata' (Quercus robur 'Fastigiata')*. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Имеются экземпляры послевоенной посадки и посадки последних лет.

16. Дуб черешчатый 'Tortuosa' (*Quercus robur 'Tortuosa'*). Ленинградское ш. 51. Парк у Северного речного вокзала. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Редкая форма, отсутствующая ныне в питомниках (рис. 3).

17. *Ель сербская (Picea omorika)*. Моховая ул. Александровский сад. Территория вдоль западной части Кремлевской стены. Проспект Мира, 119. ВДНХ. На ВДНХ находятся самые крупные и эффектные из московских экземпляров (рис. 4) [18].

18. Ель тянь-шаньская (*Picea schrenkiana*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Крайне редко встречается. Эстетическое состояние московских растений оставляет желать лучшего.

19. *Ирга канадская (Amelanchier canadensis)*. Ленинградское ш., 51. Парк у Северного речного вокзала. Встречается и в других местах, но здесь — самые крупные и старовозрастные экземпляры.

20. Калина Карльса (*Viburnum carlesii*). Театральная пл., 1. Сквер перед Большим театром. Растения немецкого происхождения. Большинство из них выпало сразу после посадки. Оставшиеся показывают отличную зимостойкость на протяжении нескольких лет.

21. Катальпа бигнониевидная (*Catalpa bignonioides*). Фрунзенская наб., д. 50. Придомовая территория. Университетский проспект. Сквер вдоль проспекта. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Есть и в других местах. Цветут, плодоносят.

22. *Кизильник многоцветковый (Cotoneaster multiflorus)*. Проспект Мира, 119. ВДНХ. По некоторым декоративным характеристикам превосходит более распространенный кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus*).

23. *Кладрастис желтый (Cladrastis lutea = Cladrastis kentukea)*. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Недавняя посадка. Однако, иные (старые) экземпляры в частности в Ботаническом саду МГУ имени М.В. Ломоносова — «Аптекарский огород» показывают хорошую устойчивость вида в условиях Москвы.

24. *Клен красный (Acer rubrum)*. Николовобинский переулок. Парк у Северного речного вокзала (послевоенная посадка, одни их самых крупных экземпляров в Москве).

25. Клен ложноплатановый 'Atropurpureum' (*Acer pseudoplatanus 'Atropurpureum'*). Проспект



Рис. 1. Бук лесной 'Pendula'. Москва. ВДНХ.

Фото Н.Н. Мельниковой

Fig. 1. European beech 'Pendula'. Moscow. VDNKh.

Photo by N.N. Melnikova

Мира, 119. ВДНХ. Есть и в других местах. Дает самосев, в котором сохраняется пурпурнолиственность.

26. Клен ложноплатановый 'Leopoldii' (*Acer pseudoplatanus 'Leopoldii'*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. По нашим сведениям, единственный экземпляр в Москве.

27. *Клен моно (Acer mono = A. pictum)*. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Показывает устойчивость к мучнистой росе, черной пятнистости и другим болезням и может служить альтернативой клену остролистному, который повреждают эти грибные заболевания.

28. *Клен полевой (Acer campestre)*. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Есть и в других местах. На ВДНХ находится один из самых старых и крупных московских экземпляров.

29. Конский каштан кроваво-красный (*Aesculus × carnea*). Малая Грузинская, 15, ул. Красная Пресня. Территория Государственного биологи-



Рис. 2. Груша уссурийская. Москва. ВДНХ.

Фото Н.Н. Мельниковой

Fig. 2. Ussuri pear. Moscow. VDNKh.

Photo by N.N. Melnikova



Рис. 3. Дуб черешчатый 'Tortuosa'. Москва. ВДНХ.

Фото Н.Н. Мельниковой

Fig. 3. Common oak 'Tortuosa'. Moscow. VDNKh.

Photo by N.N. Melnikova

ческого музея имени К.А. Тимирязева. Цветут ежегодно.

30. Лещина древовидная (*Corylus colurna*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Самые крупные экземпляры в Москве, регулярно плодоносят [2].

31. *Лжетсуга Мензуса (Pseudotsuga menziesii)*. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Одни из самых крупных московских экземпляров (рис. 5).

32. *Маакия амурская (Maackia amurensis)*. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Здесь она угнетена, но, судя по состоянию вида в научных коллекциях (Дендрологический сад имени Р.И. Шредера), имеется хорошая перспектива для произрастания в Москве.

33. Магнолия огуречная, или длиннозаостренная (*Magnolia acuminata*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Единственный в общественном месте и самый крупный экземпляр в Москве. Цветет ежегодно [20].

34. Метасеквойя глиптостробовидная (*Metasequoia glyptostroboides*) ул. Кольская. Промышленная зона. Единственная из известных автору метасеквойя в общественном месте.

35. Миндаль трехлопастной (*Amygdalus triloba* = *Prunus triloba*). Площадь Ильинские ворота. Ильинский сквер. Ныне утрачен в следствие заболевания монилиозом.



Рис. 4. Ель сербская. Москва. ВДНХ.

Фото Н.Н. Мельниковой

Fig. 4. Serbian spruce. Moscow. VDNKh.

Photo by N.N. Melnikova



Рис. 5. Лжетсуга Мензиса. Москва. ВДНХ.

Фото Н.Н. Мельниковой

Fig. 5. Menzies' Douglas Fir. Moscow. VDNKh.

Photo by N.N. Melnikova



Рис. 6. Пихта одноцветная. Москва. ВДНХ.

Фото Н.Н. Мельниковой

Fig. 6. White fir. Moscow. VDNKh.

Photo by N.N. Melnikova



Рис. 7. Рододендрон желтый. Москва. ВДНХ.

Фото Н.Н. Мельниковой

Fig. 7. Yellow Rhododendron. Moscow. VDNKh.

Photo by N.N. Melnikova



Рис. 8. Сумах оленерогий. Москва. ВДНХ.

Фото Н.Н. Мельниковой

Fig. 8. Lemonade tree. Moscow. VDNKh.

Photo by N.N. Melnikova

36. Орех грецкий (*Juglans regia*). Улица Гиляровского. ВДНХ. Регулярно плодоносит.

37. **Пихта одноцветная** (*Abies concolor*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Самые эффектные и одни из самых крупных среди московских экземпляров (рис. 6).

38. Платан западный (*Platanus occidentalis*). Улица Академика Хохлова. Экземпляры в научных коллекциях (Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН) плодоносят.

39. **Рододендрон желтый** (*Rhododendron luteum*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Единственная известная автору посадка в общественном месте (рис. 7).

40. **Сирень амурская** (*Syringa reticulata var. mandshurica*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Есть и в других местах. Послевоенные посадки.

41. **Скумпия кожевенная** (*Cotinus coggygria*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Улица Даниловский Вал, 22. Территория Данилова ставропигиального



Рис. 9. Тополь дрожащий 'Erecta'. Москва. ВДНХ.
Фото Н.Н. Мельниковой

Fig. 9. *Populus tremula* 'Erecta'. Moscow. VDNKh.
Photo by N.N. Melnikova

мужского монастыря. В научных коллекциях (Ботанический сад МГУ имени М.В. Ломоносова «Аптекарский огород», ГБС РАН и др.) имеются более крупные и эффектные экземпляры этого вида.

42. Слива растопыренная 'Nigra' (*Prunus cerasifera* 'Nigra'). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Посадка конца 1950-х — начала 1960-х. Иногда подмерзает, но отрастает.

43. *Сосна Банкса (Pinus banksiana)*. Бакинская улица, 22. Парк Аршиновский. Единственная посадка в Москве, если исключить научные коллекции.

44. Сосна веймутова (*Pinus strobus*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Одни из самых роскошных экземпляров вида среди московских посадок.

45. Сосна желтая (*Pinus ponderosa*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Единственные экземпляры в общественных местах и одни из самых крупных.

46. Сосна крымская (*Pinus nigra* subsp. *Pallasiana*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Из известных автору единственный московский экземпляр, растущий в общественном месте.

47. Сумах оленерогий (*Rhus typhina*). Проспект

Мира, 119. ВДНХ. Есть и в других местах. Здесь находится самый крупный из московских экземпляров (рис. 8).

48. Тисс ягодный (*Taxus baccata*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Здесь самые крупные экземпляры из растущих в общественных местах.

49. *Тополь дрожащий 'Erecta' (Populus tremula 'Erecta')*. Проспект Мира, 119. ВДНХ. По сведениям автора, единственный московский экземпляр этой формы осины (рис. 9) [21].

50. *Тсуга канадская (Tsuga canadensis)*. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Редко встречается, но хорошо показала себя в условиях московского региона.

51. *Форзиция свисающая (Forsythia suspensa)*. Ленинские Горы, 1. Комплекс зданий МГУ имени М.В. Ломоносова. Проспект Мира, 119. ВДНХ. Регулярно цветет, не нуждается в зимнем укрытии.

52. Шелковица белая (*Morus alba*). Проспект Мира, 119. ВДНХ. Кропоткинский переулок, 12. Территория Посольства Египта. Здесь находится одно из самых крупных московских растений. Ежегодно плодоносит.

Выводы

Из представленных 52 видов растений по совокупности таких факторов, как оценка эстетического состояния, оценка санитарного состояния, возраст, размерные характеристики, для широкого использования в целях городского озеленения можно рекомендовать 26 позиций (они выделены полужирным шрифтом), что составляет 50 %. Это не означает, что оставшиеся виды нельзя использовать. Большинство из них можно также применять для озеленения территорий ограниченного пользования при регулярном уходе.

В настоящей статье рассмотрена лишь часть растений из реестра. Будем благодарны всем, кто сообщит о неизвестных нам растениях Москвы, представляющих научный и практический интерес. Часть растений списка можно с полной уверенностью назвать уникальным генофондом, и, возможно, они могли бы стать маточниками для получения устойчивых линий в отечественном декоративном питомниководстве в целях последующего использования в озеленении Москвы.

Список литературы

- [1] Каталог древесных растений. Деревья. Кустарники. Лианы. М.: АППМ, 2017. 432 с.
- [2] Древесные растения Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН: 60 лет интродукции. М.: Наука, 2005. 586 с.
- [3] Сапелин А.Ю. Об организации экскурсионного учебного маршрута по территории ВВЦ (ВДНХ) для студентов, обучающихся по направлению «Ландшафтная архитектура» // Вопросы ландшафтной архитектуры. Науч. тр. Вып. 369. М.: МГУЛ, 2014. С. 62–67.

- [4] Махрова Т.Г., Сапелин А.Ю. Древесные интродуценты в составе насаждений ВДНХ // Вестник МГУЛ – Лесной Вестник, 2016. № 1. С. 140–146.
- [5] Сапелин А.Ю. Малораспространенные древесные растения, используемые в озеленении города Москвы // Сб. докл. XII конф. Ассоциации производителей посадочного материала «Питомники России: от становления к совершенствованию». М.: АППМ, 2019. С. 80–85.
- [6] Национальный реестр деревьев-чемпионов. URL: <https://www.americanforests.org/get-involved/americas-biggest-trees/> (дата обращения 19.11.2020)
- [7] Ancient Tree Inventory. URL: <https://ati.woodlandtrust.org.uk/> (дата обращения 19.11.2020).
- [8] Office National des Forets. URL: <https://www.onf.fr/onf/> (дата обращения 19.11.2020).
- [9] Кобак А.В., Рейман А.Л. Зеленые памятники Санкт-Петербурга. СПб: Фонд им. Д.С.Лихачева, 2008. 16 с.
- [10] Деревья — памятники живой природы. URL: <https://gosdrevo.ru/news/2020-10-18/> (дата обращения 19.11.2020).
- [11] Европейское дерево года 2017. URL: <https://www.treeoftheyear.org/EUY-2018/Previous-Years/2017.aspx> (дата обращения 19.11.2020).
- [12] Якушина Э.И. Древесные растения в озеленении Москвы. М: Наука, 1982. 159 с.
- [13] Полякова Г.А., Гутников В.А. Парки Москвы: экология и флористическая характеристика. М.: Изд-во «Геос», 2000. 405 с.
- [14] Архив погоды с 1929 года. URL: <http://pogoda-service.ru/> (дата обращения 19.11.2020).
- [15] Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 № 607 «О Правилах санитарной безопасности в лесах» (Приложение 1). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217315/ (дата обращения 19.11.2020).
- [16] Махрова Т.Г., Сапелин А.Ю. Дальневосточные интродуценты в зеленых насаждениях ВДНХ // Материалы Всерос. конф. с междунар. участием «Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока». Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2014. С. 277–280.
- [17] Махрова Т.Г., Сапелин А.Ю. Реликтовые древесные растения в составе насаждений ВДНХ // «Ландшафтная архитектура в ботанических садах и дендропарках»: Материалы VII Междунар. науч. конф., 29 июня — 02 июля 2015 г., Ярославль. Ярославль: Филигрань, 2015. 220 с.
- [18] Махрова Т.Г., Сапелин А.Ю., Ширяева Л.А. Интродуценты из Северной Америки в зеленых насаждениях ВДНХ // Заметки ученого, 2016. № 7 (13). С. 61–65.
- [19] Махрова Т.Г. Изменения в составе коллекции древесных интродуцентов ВДНХ в период реконструкции ее территории // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Современные задачи и актуальные вопросы лесоведения, дендрологии, парковедения и ландшафтной архитектуры», Ялта, 9–14 сентября 2018 г. Ялта: ГНБС, 2018. С. 135–137.
- [20] Бруснова Н.А., Махрова Т.Г. Теплолюбивые интродуценты в насаждениях ВДНХ // Сб. докл. Междунар. науч. конф. «Влияние климатических изменений на биоразнообразие растений». Баку, 19–21 сентября 2017 г., Баку. Баку: Elm, 2017. С. 126–128.
- [21] Махрова Т.Г. Аборигенные древесные растения в составе насаждений ВДНХ // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, 2016. Т. 4. № 4 (24). С. 43–49.

Сведения об авторе

Сапелин Александр Юрьевич — ст. преподаватель кафедры «Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), c.a@inbox.ru

Поступила в редакцию 07.12.2020.

Принята к публикации 27.01.2021.

RARE SPECIES OF WOODY PLANTS IN MOSCOW LANDSCAPING

A. Yu. Sapelin

BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

c.a@inbox.ru

The article presents the results of long-term surveys of urban green spaces (Moscow) with the allocation of rare tree species. We consider rare tree species to be those that can be placed as points on the city map and can be counted individually depending on the number of specimens presented. This study did not take into account rare specimens available in arboreta, Botanical gardens, and other scientific collections in the city, but only those that are available in public places. Private gardens were also not considered, but only those that have free access to public spaces were considered. After identifying rare species, their sanitary and aesthetic condition was determined and conclusions were made about the prospects for their use in other landscaping objects.

Keywords: rare species, dendrological rarity, woody plants, urban landscaping, green spaces in Moscow

Suggested citation: Sapelin A. Yu. *Redkie vidy drevesnykh rasteniy, vstrechayushchiesya v ozelenenii g. Moskvy* [Rare species of woody plants in Moscow landscaping]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 73–80. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-73-80

References

- [1] *Katalog drevesnykh rasteniy. Derev'ya. Kustarniki. Liany.* [Catalog of woody plants grown in APPM nurseries. Trees. Shrubs. Lianas]. Moscow: APPM, 2017, 432 p.
- [2] *Drevesnye rasteniya Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina RAN: 60 let introduksii* [Woody plants of the Main Botanical Garden. N.V. Tsitsina RAS: 60 years of introduction]. Moscow: Nauka, 2005, 586 p.
- [3] Sapelin A.Yu. *Ob organizatsii ekskursionnogo uchebnogo marshruta po territorii VVTs (VDNKh) dlya studentov, obuchayushchikhsya po napravleniyu «Landshaftnaya arkhitektura»* [On the organization of an excursion educational route on the territory of the All-Russian Exhibition Center (VDNKh) for students studying in the field of «Landscape architecture»]. *Voprosy landshaftnoy arkhitektury. Nauchnye trudy* [Landscape architecture issues. Scientific works], iss. 369. Moscow: MSFU, 2014, pp. 62–67.
- [4] Makhrova T.G., Sapelin A.Yu. *Drevesnye introdutsenty v sostave nasazhdeniy VDNKh* [Woody introduced species in the plantations of VDNKh]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2016, no. 1, pp. 140–146.
- [5] Sapelin A.Yu. *Malorasprostrannyye drevesnye rasteniya, ispol'zuemye v ozelenenii goroda Moskvy* [Uncommon woody plants used in landscaping of the city of Moscow]. *Sbornik dokladov XII Konferentsii Assotsiatsii Proizvoditeley Posadochnogo Materiala «Pitomniki Rossii: ot stanovleniya k sovershenstvovaniyu»* [Collection of reports of the XII Conference of the Association of Planting Material Producers «Nurseries of Russia: from formation to improvement»]. Moscow: APPM, 2019, pp. 80–85.
- [6] *Natsional'nyy reestr derev'ev-chempionov* [National Register of Champion Trees]. URL: <https://www.americanforests.org/get-involved/americas-biggest-trees/> (accessed 19.11.2020).
- [7] Ancient Tree Inventory. Available at: <https://ati.woodlandtrust.org.uk/> (accessed 19.11.2020).
- [8] Office National des Forêts. Available at: <https://www.onf.fr/onf/> (accessed 19.11.2020).
- [9] Kobak A.V., Reyman A.L. *Zelenye pamyatniki Peterburga* [Green monuments of St. Petersburg]. St. Petersburg: Foundation. D.S. Likhacheva, 2008, 16 p.
- [10] *Derev'ya — pamyatniki zhivoy prirody* [Trees are monuments of wildlife]. Available at: <https://rosdrevo.ru/news/2020-10-18/> (accessed 19.11.2020).
- [11] *Evropeyskoe derevo goda 2017* [European Tree of the Year 2017]. Available at: <https://www.treeoftheyear.org/ETY-2018/Previous-Years/2017.aspx> (accessed 19.11.2020).
- [12] Yakushina E.I. *Drevesnye rasteniya v ozelenenii Moskvy* [Woody plants in the landscaping of Moscow]. Moscow: Nauka, 1982, 159 p.
- [13] Polyakova G.A., Gutnikov V.A. *Parki Moskvy: ekologiya i floristicheskaya kharakteristika* [Moscow parks: ecology and floristic characteristics]. Moscow: Geos, 2000, 405 p.
- [14] *Arkhiv pogody s 1929 goda* [Weather archive since 1929]. Available at: <http://pogoda-service.ru/> (accessed 19.11.2020).
- [15] *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 20.05.2017 № 607 «O Pravilakh sanitarnoy bezopasnosti v lesakh» (Prilozhenie 1)* [Decree of the Government of the Russian Federation of 20.05.2017 No. 607 «On the Rules of Sanitary Safety in Forests» (Appendix 1)]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217315/ (accessed 19.11.2020).
- [16] Makhrova T.G., Sapelin A.Yu. *Dal'nevostochnyye introdutsenty v zelenykh nasazhdeniyakh VDNKh* [Far Eastern introduced species in green spaces of VDNKh]. *Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Problemy ustoychivogo upravleniya lesami Sibiri i Dal'nego Vostoka»* [Materials of the All-Russian conference with international participation «Problems of sustainable forest management in Siberia and the Far East»] Khabarovsk: DalNIILKh, 2014, pp. 277–280.
- [17] Makhrova T.G., Sapelin A.Yu. *Reliktovyye drevesnye rasteniya v sostave nasazhdeniy VDNKh* [Relict woody plants in the plantations of VDNKh]. «Landshaftnaya arkhitektura v botanicheskikh sadakh i dendroparkakh»: *Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Landscape architecture in botanical gardens and arboreturns: Proceedings of the VII International Scientific Conference], June 29 — July 02, 2015. Yaroslavl: Filigran, 2015, 220 p.
- [18] Makhrova T.G., Sapelin A.Yu., Shiryayeva L.A. *Introdutsenty iz Severnoy Ameriki v zelenykh nasazhdeniyakh VDNKh* [Introducents from North America in green spaces of VDNKh]. *Zametki uchenogo* [Notes of a scientist], 2016, no. 7 (13), pp. 61–65.
- [19] Makhrova T.G. *Izmeneniya v sostave kolleksii drevesnykh introdutsentov VDNKh v period rekonstruktsii ee territorii* [Changes in the composition of the collection of woody introduced species of VDNKh during the reconstruction of its territory]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Sovremennyye zadachi i aktual'nye voprosy lesovedeniya, dendrologii, parkovedeniya i landshaftnoy arkhitektury»* [Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation «Contemporary problems and topical issues of forestry, dendrology, park science and landscape architecture»], Yalta, September 9–14, 2018 Yalta: GNBS, 2018, pp. 135–137.
- [20] Brusnova N.A., Makhrova T.G. *Teplolyubivyye introdutsenty v nasazhdeniyakh VDNKh* [Heat-loving introduced species in the plantations of VDNKh]. *Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Vliyaniye klimaticheskikh izmeneniy na bioraznoobrazie rasteniy»* [Collection of reports of the International Scientific Conference «The Impact of Climate Change on Plant Biodiversity»]. Baku, September 19–21, 2017. Baku: Elm, 2017, pp. 126–128.
- [21] Makhrova T.G. *Aborigennyye drevesnye rasteniya v sostave nasazhdeniy VDNKh* [Aboriginal woody plants in the plantations of VDNKh]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 2016, v. 4, no. 4 (24), pp. 43–49.

Author's information

Sapelin Aleksandr Yur'evich — Senior Lecturer of the Department of Landscape architecture and landscape construction of the BMSTU (Mytishchi branch), c.a@inbox.ru

Received 07.12.2020.

Accepted for publication 27.01.2021.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТЕРРЕНКУРА № 3 В ПАРКЕ ГОРОДА-КУРОРТА КИСЛОВОДСКА

В.А. Леонова¹, О.Н. Матвеева²

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

²ООО «Паркофф галлери», 141221, Московская обл., Пушкинский р-н, пос. Черкизов, ул. Главная, д. 16А

leonovava@bk.ru

Приведена краткая историческая справка о терренкурах города-курорта Кисловодска. Подробно проанализировано современное состояние конструктивных элементов одного из основных маршрутов — терренкура № 3, в том числе покрытие терренкура, бортовой камень и ливневые лотки. Исследуемый материал проиллюстрирован — 9 рисунками. Сделаны конкретные выводы и даны рекомендации.

Ключевые слова: Кисловодский парк, терренкур № 3, Нарзанная Галерея, Цветочный календарь, Красные камни

Ссылка для цитирования: Леонова В.А., Матвеева О.Н. Анализ состояния терренкура № 3 в парке города-курорта Кисловодска // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 81–89.

DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-81-89

Кисловодский лечебный парк является центральной рекреационной зоной города-курорта. Парк окружен горами Джинальского хребта [1]. Границы парка имеют сложную многоконтурную конфигурацию — берут свое начало от центра города и, постепенно расширяясь огромным широким клином, уходят к юго-восточной оконечности города и далее на склоны Джинальского хребта [2].

Главными особенностями парка являются горные ландшафты, чистейший воздух и система терренкуров. Сочетание красоты окружающих пейзажей и постоянной физической нагрузки при ходьбе на терренкурах, наличие в воздухе большого количества фитонцидов, обеспечивают лечебный эффект, позитивно влияющий на работу сердечно-сосудистой и дыхательных систем посетителей. Лечебный эффект достигается путем физической нагрузки во время пеших прогулок вследствие чередования подъемов и спусков, которые зависят не только от технологии устройства маршрута, но и от структуры и качества состояния верхнего покрытия терренкура [3].

Уникальное сочетание природных лечебных ресурсов — целебных минеральных вод, мягкого умеренного климата с преобладанием солнечных дней, живописного горного ландшафта, густой растительности создают основную базу рекреационного использования данной территории [4].

Цель работы

Цель работы — проведение анализа современного состояния всех конструктивных элементов терренкура № 3, изучение типов древесных насаждений и определение ассортимента деревьев и кустарников вдоль указанного маршрута.

Методика исследования

Исследование было проведено в три этапа: 1) сбор архивных материалов (по общепринятой методике); 2) ландшафтный анализ терренкура № 3 (по методике Л.М. Фурсовой и И.О. Боговой); 3) обработка полученных результатов.

Первый этап. При выполнении историко-архивной экспертизы проведено исследование материалов в семи библиотеках Кисловодска: Централизованной библиотечной системе муниципального казенного учреждения культуры, филиалах №№ 1, тематических — № 2, 3, 4, 5, 9, а также в библиотеках санаторно-курортного управления санатория «Москва» и Курортной библиотеки.

Второй этап. Проведение натурного ландшафтного анализа терренкуров: фотофиксации, пешеходно-визуального анализа состояния конструктивных элементов терренкура № 3.

Фотофиксацию выполняли с помощью цифровой фотокамеры. Получено более 1000 снимков. Пешеходно-визуальный анализ включал в себя оценку современного состояния верхнего покрытия терренкура, определение наличия и состояния бортового камня и ливневых лотков.

Третий этап. Выполнение анализа качества верхнего покрытия терренкура и ливневых стоков. Описание всего маршрута, в том числе имеющихся как положительных, так и отрицательных фактов его декоративного оформления.

История терренкуров в г. Кисловодске. Кисловодский лечебный парк является центральной природной зоной города-курорта. Он представляет собой уникальное творение рук человека и человеческой мысли [5]. Парк был создан по приказу генерала А.П. Ермолова,

прославленного русского военачальника, государственного деятеля и дипломата, в 1823 г. силами военно-рабочего отряда нижних армейских чинов. В отчете о закладке парка указано, что сад имел более 500 погонных саженей, грот и пять мостиков [6]. Побывавший в 1837 г. в этой местности М.Ю. Лермонтов, застал уже довольно расширившийся парк. В 1910–1911 гг. была заложена Сосновая горка, на крутых склонах которой высадили саженцы сосны крымской [7].

После революции 1917 г. работы по благоустройству и развитию парка были приостановлены. В 1930-е годы внимание государства привлек этот уникальный объект в г. Кисловодске [8]. Начиная с 1936 г. развернули озеленение склонов горы Красное Солнышко и высадили сосны вдоль дорожек терренкура. У подножья горы появились прекрасные рощи редких лиственных и хвойных пород, а по склонам — живописные куртины декоративных деревьев и кустарников [9]. В настоящее время шестидесятилетние насаждения создают в рощах и аллеях парка тень и защищают от знойных солнечных лучей, обогащая воздух кислородом и озоном [10].

Главным лечебным фактором парка является воздух, система терренкуров и посаженные по определенной схеме деревья, выделяющие фитонциды и создающие неоценимый лечебный эффект [11]. Лечебный эффект также создают и горные ландшафты парка, по которым проходят терренкуры с постоянно чередующимися подъемами и спусками. Кисловодский парк — поистине самое большое открытое лечебное отделение в мире и самая красивая больница, отдых и лечение в которой совмещаются с эстетическим удовольствием [12, 13].

Началом парка считаются первые деревья, растущие недалеко от минерального источника воды «Нарзан» и Нарзанной Галереи вверх по руслу р. Ольховки [14]. Эту часть парка называют Старым (Нижним) парком. Его постепенно дополняли новопосаженными деревьями и кустарниками, украшали цветами и благоустраивали [15]. Доставку саженцев и семян осуществляли из Никитского и Тифлисского ботанических садов. В это время была оформлена и так называемая Царская площадка, ныне Долина Роз [16]. В курортном парке хорошо прижились деревья-интродуценты: *сосна кедровая*, *пихта одноцветная*, *береза пушистая*, *тополь бальзамический*, *каштан конский*, *дуб красный*, *ель обыкновенная*, *глициния китайская*, *софора японская*, *пробковое дерево*, *вечнозеленая магнолия*, *самшит вечнозеленый* и многие другие растения — всего более 1000 разновидностей [17, 18].

Результаты и обсуждение

Все маршруты терренкуров начинаются с нулевой станции — от «Нарзанной Галереи», построенной в 1848 г. по проекту английского архитектора С. Уптона в готическом стиле из желтого камня. Это — объект культурного наследия федерального значения. В здании располагается питьевая галерея, каптаж и бювет с нарзаном [19]. Нулевая станция не имеет никаких обозначений, но территория перед галереей используется как площадка отдыха. Она благоустроена, замощена плиткой, по краям имеет поребрик (в садово-парковом строительстве используется бордюр или бортовой камень, который бывает двух видов: поребрик — облегченный бортовой камень из бетона, гранита и базальта без основания с размерами 750 (500–450)×80×180 мм и бортовой камень из базальта с основанием и размерами 150×300 мм различной длины). Технические параметры и материал влияют на срок службы бордюров и лотков ливневой канализации.

Длина терренкура № 3 составляет 5500 м, угол подъема доходит до 13 градусов, на нем находится 55 станций — это самый сложный из четырех терренкуров Кисловодского парка [20].

Первый планировочный элемент по терренкуру № 3, который встречается посетителю, — это круглая площадка в виде поляны, разделенная крестообразно на четыре сектора. На ней ежегодно разбивается Цветочный календарь. Сектора отделены от дорожек подпорными стенками высотой 30...40 см, однако их состояние неудовлетворительное и требуется реконструкция. Здесь разбит *розарий*, обрамленный *тагетесом*. Верхнее покрытие площадки — гравийные высевки, которые ежегодно смываются талыми и дождевыми водами, поэтому уже видно основание «дорожного пирога». Ливневые стоки выложены камнями разного диаметра: 4...15 см, на некоторых участках сохранился бетонный поребрик (рис. 1).

Цветочный календарь ориентировочно создан в 1930-х г. Для его большей наглядности был создан искусственный склон среди лесной растительности, оформленный декоративными посадками деревьев и кустарников, которые образуют сложную асимметричную композицию.

Первый ярус композиции представлен стриженной живой изгородью из *спиреи дубравколистной*. *Второй ярус* — это рядовые посадки из *туи западной шаровидной формы*. За ними произрастают рядовые посадки стриженных шаровидных *лип* (высотой не более 1,5 м) и стриженные кустарники *жимолости шаровидной формы*. Сам Цветочный календарь обрамлен с одной стороны *елью колючей форма голубая*, а с другой — *туей*



Рис. 1. Площадка с Цветочным календарем
Fig.1. The Flower calendar playground



Рис. 2. Кафе «Эрмитаж»
Fig. 2. The Hermitage cafe

западной колонновидной формы в сочетании с формами золотистой и шаровидной. Среди них встречаются группы айвы японской и форзиции европейской. Древесная композиция достаточно сумбурная, но объединена стриженной живой изгородью из *спиреи*. Сразу за площадкой с Цветочным календарем располагается указатель 3, показывающий высоту 824 м н. у. м.

Далее по маршруту ближе к 4-й станции в верхнем покрытии можно увидеть изменения, а точнее, в кладке ливневых стоков, где используются более крупные камни-булыжники диаметром 11...15 см. Напротив указателя находится кафе «Эрмитаж» (рис. 2) — бывший читальный зал курортной библиотеки. Здание библиотеки имеет три полуарки, которые делают его легким и ажурным, а площадка перед ним оформлена балюстрадой. Между балюстрадой и дорожкой располагается озелененный участок на подпорной стенке высотой около 50 см. Подпорная стенка в удовлетворительном состоянии, а на ней располагаются бесформенные цветники из *бегонии вечнозеленой* и *тагетесов*.

С 5-й станции терренкура № 3 открывается панорамный вид на р. Ольховка (ниже по релье-

фу находится указатель терренкура № 1), а через 30 м расположена Пушкинская площадка. Входная часть Пушкинской площадки представлена двумя внешними участками, которые по периметру оформлены низкой стриженной изгородью (в удовлетворительном состоянии). Закругленные внутренние границы входных участков зафиксированы солитерами из *туи западной ф. шаровидная* высотой 0,6 м. Два входных участка образуют дорожку к памятнику А.С. Пушкина, (скульптор Г.В. Курегян). Вход фиксируют две *туи западные пирамидальной формы* высотой 4...5 м с диаметром кроны 0,7...1,2 м. Грунтовая дорожка к памятнику имеет ширину 0,7 м и проходит через внешние и внутренние озелененные участки. Во внутренних участках дорожка подбита живой изгородью из *самшита вечнозеленого* высотой 0,2 м и шириной 0,5 м. Внутренние участки оформлены *туями шаровидной формы* высотой 0,3 м.

Памятник окаймляет П-образный цветник размером 5×8 м, оформленный *петунией гибридной*. Скульптура стоит на постаменте высотой 0,8 м. Площадка благоустроена, освещена, покрытие — гравийная крошка, она требует реконструкции, так как износ составляет более 70 % (рис. 3).



Рис. 3. Пушкинская площадка
Fig. 3. Pushkin ground



Рис. 4. Площадка отдыха с клумбой после 8-й станции
Fig. 4. The recreation area with the flowerbed after the 8th station

После 5-й станции качество верхнего покрытия терренкура — неудовлетворительное, оно местами размыто, хотя поребрик сохранился. На расстоянии 60 м после указателя 5-й станции расположен указатель о расхождении маршрутов: терренкура № 1 (уходит направо) и терренкура № 3 (налево). Далее терренкур № 3 проходит сквозь 30-метровую аллею из *туи западной ф. шаровидная* с шагом посадки 2 м и высотой 3 м, которая заканчивается указателем 6-й станции. После аллеи из *туи* верхнее покрытие терренкура № 3 становится асфальтовым. Слева по ходу располагается подпорная стенка высотой 80 см. За ней начитается трапециевидный ливневый сток глубиной 40 см из бутового камня размером 2,5...3 см (по ширине) и 15...20 см (по длине), камни поставлены на ребро.

При подходе к 7-й станции терренкур № 3 поворачивает направо. Ливневые стоки вдоль

него расположены с двух сторон, но конструкция и материалы у них разные. Справа продолжается описанный выше ливневый сток, а слева — реконструированный сток из камней овальной формы со средним диаметром 10 см, уложенных на раствор. С одной стороны маршрута между ливневкой и краем терренкура проходит полоса озеленения длиной 50 м. Она оформлена *туей западной ф. шаровидная* с шагом посадки 2 м. Конец маршрута обозначен указателем 8-й станции. Верхнее покрытие из асфальта продолжается далее. Затем маршрут поднимается по рельефу и проходит вдоль ограды санатория «Заря».

Выше 8-й станции, слева по ходу движения разбита площадка отдыха с клумбой диаметром 5 м. В центре цветника — солитер из *туи западной ф. шаровидная* высотой 0,5 м. Бордюры клумбы состоят из стриженного *самшита* высотой 0,2 м и шириной 0,15 м. Клумба разделена на пять секторов, в каждом из них произрастает солитер из *туи западной ф. шаровидная* высотой 0,3 м. Каждый сектор клумбы украшен узором из стриженного *самшита*, внутри которого по периметру располагаются цветники из летников: *бегонии вечноцветущей* и *тагетеса*. Поребрик, обрамляющий клумбу, находится в неудовлетворительном состоянии (рис. 4). Верхнее покрытие площадки из гравия стерто до основания, а по ее периметру стоят садовые диваны, покрашенные в белый цвет.

Вдоль маршрута посадка двухъярусная — верхний ярус из *туи западной ф. шаровидная* высотой 3 м и диаметром кроны 1,5 м (шаг посадки 3 м). Нижний ярус — стриженная живая изгородь из *спиреи кавказской* высотой 0,5 м. По ходу маршрута встречается два типа покрытий: гравийная крошка и асфальтовое. Вдоль первой части дороги слева — посадка *клена остролистного*



Рис. 5. Площадка с барельефом В.И. Ленина в центральной скале Красные камни
Fig. 5. A platform with a bas-relief of V.I. Lenin in the central rock Red Stones

(с диаметром ствола около 30 см и шагом посадки 3 м), справа — продолжается рядовая посадка *туи* со стриженной *спиреей*. Далее по маршруту располагается кафе «Чайная роза», перед ним разбита площадка с асфальтовым покрытием, а по ее периметру расположены скамьи. Площадка обрамлена *кленом остролистным* и *спиреей кавказской*.

На противоположной стороне маршрута располагается спортивная площадка для воркаута, устроенная в 2015 г. Далее по маршруту в живой изгороди наблюдается разрыв длиной 40 м. В нем располагается кафе «Генацвале», перед ним — площадка с асфальтовым покрытием. После кафе снова живая изгородь из *спиреи кавказской*, слева от нее размещен указатель на аллею из *туи западной*. Терренкур в данном месте также с асфальтовым покрытием. Около третьей *туи* находится указатель 13-й станции. После аллеи из *туи* маршрут подходит к старой лестнице из шести ступеней, построенной в 1960-е гг.

Дальше маршрут поднимается к скалам кирпично-красного цвета под названием Красные камни, около которых располагается одноименная площадка. В центральной скале установлен барельеф В.И. Ленина, созданный скульптором В.А. Андреевым. Перед барельефом располагается площадка отдыха (рис. 5), площадью 1,5 га, врезанная в естественный небольшой склон, разделена тремя дорожками на три озелененных участка.

Два больших участка по углам округлой формы. Вдоль дорожек на них высажены *туя западная шаровидной формы* высотой от 20 до 40 м, что подчеркивает рисунок дорожек. По центральной дорожке на небольшом уклоне располагается третий (меньший) партерный участок прямоугольной формы, ориентированный на барельеф и центр площадки. На фоне склона с растительностью озелененные участки выглядят торжественно. Подходы к площадке по бокам оформлены реконструированной подпорной стенкой, которая стилизованно повторяет форму естественного рельефа.

От площадки терренкур № 3 уходит направо к 14-й станции. Верхнее покрытие здесь —

асфальтовое, по краям не имеющее поребрика. На расстоянии 10 м до 15-й станции маршрут переходит в старинный терренкур с верхним покрытием из гравия и с поребриком по краям, верхнее покрытие местами размыто. Около 15-й станции расположены садовые диваны производства 1950–1960-х гг., древесные растения здесь не ухожены, газон не скошен.

В Курортном парке от 16-й станции направо отходит Аллея в честь 70-летия Победы в Великой Отечественной войне, заложенная 18 апреля 2015 г. молодыми посадками из *туи западной ф. пластинчатая*. Аллея выходит на Долину Роз. Около 17-й станции терренкур № 3 обсажен стриженной *спиреей кавказской* высотой 0,5 м. Маршрут имеет асфальтовое покрытие (в удовлетворительном состоянии) и окантован поребриком. По обеим сторонам дороги растут разные группы кустарников. Далее терренкур № 3 имеет асфальтовое покрытие и переходит в аллею из *сосны крымской*. На аллее через 30 м располагается медицинский пункт, в котором врачи фиксируют состояние пациентов, поднимающихся вверх по терренкуру.

Около 18-й станции находятся цилиндрические сооружения диаметром около 10 м высотой около 15 м, после них терренкур № 3 направляется к сохранившейся исторической лестнице из шести ступенек (дореволюционного периода) и к навесу — металлический «Грибок» (малая архитектурная форма советского периода) и далее ко второй лестнице (1960-х гг.).

Девятнадцатая станция находится на высоте 933 м н. у. м. и на расстоянии 1900 м от Нарзанной Галереи. Если свернуть вправо от нее, то по лестнице можно выйти на видовую площадку, с которой открывается прекрасный панорамный вид на Курортный парк и г. Кисловодск. Терренкур № 3 до следующей станции имеет асфальтовое покрытие, а указатель 20-й станции совмещен с информационным стендом. Напротив них располагается привлекательная композиция из раскидистого дерева и огромного валуна (рис. 6).



Рис. 6. Композиция, расположенная на 20-й станции
Fig. 6. The composition located on the 20th station



Рис. 7. Естественный склон вдоль терренкура № 3
Fig. 7. The natural slope along the terrencure № 3

Далее маршрут продолжается вдоль естественного склона, который под воздействием вод размывается и разрушается (идут активные эрозийные процессы). По краю терренкура, очевидно, была высажена рядовая посадка деревьев (для укрепления склона), поскольку кое-где до сих пор встречаются старые пни. В настоящее время вдоль края терренкура растут молодые деревья, но и среди них встречаются взрослые экземпляры берез (рис. 7).

Асфальтовое покрытие терренкура продолжается до 22-й станции, далее его сменяют остатки старого гравийного покрытия. Ливневые стоки справа от маршрута имеют следующую конструк-

цию: по форме они напоминают перевернутую вниз трапецию, выложенную из плиток прямоугольной формы двух цветов: на дне плитка желтого цвета, боковые плитки — серого цвета и лежат под углом 5...8 градусов. С 22-й станции открывается вид на поляну с березой, в центре которой стоит металлический навес «Грибок». Травянистая растительность поляны окашивается.

Историческое покрытие терренкура: гравийная крошка — продолжается с 22-й до 24-й станции. На расстоянии несколько метров до указателя 24-й станции, начинается территория кафе с площадкой, покрытой плиткой, длина площадки — 20 м. Далее плиточное мощение опять переходит в гравийную крошку.

С 28-й станции терренкур представляет собой серпантин с остатками старинного верхнего покрытия. После поворота через 10 м проходит грунтовый протоп, который уходит влево и используется для сокращения маршрута; около него сохранилась каменная скамья. Серпантин терренкура продолжается до 43-й станции, на каждом повороте находится по одному указателю следующей станции. Так терренкур оформлен с 28-й по 44-ю станцию. Историческое покрытие терренкура находится в неудовлетворительном состоянии, оно местами стерто до основания, а ливневые стоки разбиты или разрушены.

Терренкур № 3 изрезан тропами, по которым люди сокращают маршрут. На исследованном отрезке терренкура длиной 1500 м располагается по пять скамеек и урн, и три фонаря. После серпантина терренкур поднимается на высоту 1065 м н. у. м.

После 44-й станции маршрут выходит на участок под названием Серые камни, откуда открывается панорамный вид на город и парк — это самая популярная смотровая площадка в городе. Далее терренкур № 3 поднимается выше и слева по его движению располагается медицинский пункт. Далее на терренкуре, начиная, с 44-й по 49-ю станцию, с правой стороны по ходу движения открываются прекрасные панорамные виды на горные пейзажи г. Кисловодска. Здесь терренкур № 3 проходит вдоль обрыва, что делает его не безопасным (рис. 8).

От 49-й станции снова начинается серпантин, верхнее покрытие терренкура местами размыто до основания. Не доходя 3 м до 51-й станции, расположена площадка отдыха, оформленная подпорной стенкой, идущей вдоль оврага, общей длиной 8 м и высотой 0,7 м. В подпорную стенку встроены две скамьи (длина сиденья 2 м), состоящие из трех деревянных планок. Далее подпорная стенка поворачивает влево, а ее высота плавно увеличивается до 3 м. Очевидно, создание этой подпорной стенки было связано с частыми оползнями и сейсмичностью территории Курортного парка. Под-



Рис. 8. Панорамный вид с 20-й станции
Fig. 8. The panoramic view from 20th station



Рис. 9. Окончание терренкура № 3
Fig. 9. The termination of the terrencure № 3

порная стенка на данном участке терренкура № 3 выложена камнями диаметром 10...15 см, вплотную подбитых один к другому (сухая кладка). Верхнее покрытие из гравия размыто и находится в неудовлетворительном состоянии.

Справа к терренкуру прилегает скала, у основания которой проходит ливневый сток, выложенный из камней диаметром 5...8 см, вплотную подогнанных один к другому (сухая кладка). Далее снова начинается подпорная стенка. Поворот серпантин оформлен лестницей, слева ее обрамляет подпорная стена высотой 70 см, на краю которой лежит большой валун. Через 5 м — очередной поворот маршрута, около него расположена лестница без перил. Еще через 3 м стоят две разрушенные скамьи, после них начинается ливневый сток, созданный методом «сухой кладки». Слева от терренкура через 5 м снова начинается подпорная стенка и лестница, а справа находится скала.

Еще немного поднявшись, можно увидеть указатель 52-й станции, на ней расположена площадка отдыха, оформленная, как и предыдущая. Аналогично оформлен очередной поворот терренкура, около которого проходят коммуникационные трубы. Далее снова идет лестница, справа от нее фонарь, а слева — подпорная стенка длиной 3 м. Поднимаясь далее по маршруту, на следующем повороте можно увидеть сохранившуюся скамью у обрыва. Историческое верхнее покрытие терренкура размыто.

До указателя 53-й станции идет подпорная стенка высотой 20...40 см с лестницей и с перилами из труб, а вдоль нее идет водопровод. Сам указатель размещен на повороте. Аналогично оформлен терренкур до 54-й станции, указатель которой находится в 15 м от беседки «Семь Ветров». На расстоянии 5 м до указателя по обе стороны дороги расположены два фонаря и урна. Верхнее покрытие представлено гравием, находится в удовлетворительном состоянии.

Не доходя 10 м до 54-й станции, терренкур, идущий к беседке, оформлен фонарями. Покрытие данного отрезка — асфальтовое. Если повернуть налево, то маршрут уходит к 55-й станции. Ширина терренкура составляет 1,5 м, покрытие асфальтовое с поребриком и ливневыми лотками. С 55-й станции открывается прекрасный панорамный вид на гору Малое Седло (рис. 9).

Маршрут закончен. Обратное спуститься можно по канатной дороге, но для этого надо подняться еще на 200 м, хотя, по возможности, всем рекомендуется идти обратно по терренкуру. На всем своем протяжении терренкур № 3 освещен.

Выводы

1. На терренкуре № 3 встречаются пять типов насаждений: *аллеи* из хвойных; *рядовые посадки* (одно- и двухъярусные), *солитеры* и *группы* из деревьев и кустарников; *живые изгороди*.

2. Ассортимент древесных растений на терренкуре № 3 очень скромный, состоит всего из шести видов деревьев и шести видов кустарников. Ассортимент деревьев — *ель колючая ф. голубая, сосна крымская, береза пушистая, клен остролистный, липа кавказская и туя западная пяти форм — шаровидная, колонновидная, пирамидальная, золотистая и пластинчатая*. Ассортимент кустарников — *спирея кавказская и дубравколистная, самшит вечнозеленый, жимолость обыкновенная, айва японская и форзиция европейская*. Цветочное оформление представлено *бегонией вечноцветущей, петунией гибридной* и разными сортами *тагеса отклоненного*.

3. На терренкуре № 3 встречается три типа верхнего покрытия: *гравий* (историческое покрытие), *асфальт* и *плиточное мощение* (советского периода и современное). Смена покрытий происходит хаотично и состояние их разное: *гравийное покрытие* имеет износ более 70 %, *асфальт* и *плиточное мощение* находятся в удовлетворительном состоянии.

4. Ливневые стоки созданы из натурального камня разного размера (очевидно, вследствие частичной их реконструкции), поэтому, возможно, они имеют различную конструкцию; на отдельных участках износ ливневки составляет 60...70 %.

5. Бортовой камень на терренкуре № 3 встречается двух типов: исторический — *натуральный камень* и современный — *из бетона (поребрик)*, а на многих участках он отсутствует.

6. Подпорные стенки созданы из натурального камня, но с двумя типами кладки: историческая (*сухая кладка*) и современная (*кладка на раствор*). Состояние *подпорных стенок* и *лестниц* — удовлетворительное, но в некоторых местах — неудовлетворительное.

7. Малые архитектурные формы: *скамьи, урны, светильники, указатели, информационные щиты* встречаются трех типов: исторические, советского периода и современные. Малые архитектурные формы исторического и советского периодов морально устарели и находятся в неудовлетворительном состоянии.

8. Древесные и травянистые композиции в хорошем состоянии — это молодые посадки, в удовлетворительном — посадки исторического и советского периодов, многие из них уже морально устарели.

9. Терренкур № 3 нуждается в комплексной реконструкции, включающей растительные композиции и дорожные покрытия с применением

экологических материалов и современных технологий по восстановлению исторических ливневых отводов и ливневых лотков.

Список литературы

- [1] Хибаров М.И. Кисловодск — город солнца. М.: Профиздат, 1973. 108с.
- [2] История города. URL: <https://kislovodsk-kurort.org/o-gorode-kurorte/istoria-goroda> (дата обращения 09.04.19).
- [3] Кисловодский курортный парк. URL: <https://in-kislovodsk.livejournal.com/52227.html> (дата обращения 19.04.19).
- [4] К्लीрина Г.И. Вопросы проектирования маршрутов терренкура на городских рекреационных территориях: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Л.: ЛИСИ, 1975. 24 с.
- [5] Стрыжкова И. Жемчужине Кавказа — 210. Кавказская здравница, 2013, 26 апреля, № 48. http://kmvnews.ru/news/item/4210-arch4210_zhemchuzhine_kavkaza_-_210 (дата обращения 19.04.19).
- [6] Смирнов-Каменский Е.А. Курорт Кисловодск. Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 1962. 208 с.
- [7] Русский Баден-Баден: Кисловодск до революции. URL: <https://stav26.livejournal.com/355099.html> (дата обращения 15.03.2019).
- [8] Кисловодск — город на «кислых водах». История города-курорта. URL: <https://it-s-a-wonderful-world.ru/kislovodsk-gorod-na-kislyx-vodax-istoriya-goroda-kurorta> (дата обращения 12.03.2019).
- [9] Колесников А.И. Архитектура парков Кавказа и Крыма. М.: Архитектура, 1949. 175 с.
- [10] Покровский С.М. Кисловодский терренкур. Близкий туризм. Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 1970. 108 с.
- [11] Бурно М.Е. Клиническая психотерапия. М.: Деловая книга, 2006. 800 с.
- [12] Шефер Г.Л. Прогулки по Северному Кавказу. Кавказские минеральные воды и окрестности. Путеводитель для пешеходов. М.: АСТ, 2017. 128 с.
- [13] О состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае в 2012 году (гос. доклад) URL: <http://www.ecoindustry.ru/gosdoklad/view/245.html> (обращение от 21.11.2019).
- [14] Яновский В. Два века у богатырского ключа (летопись города Кисловодска). URL: <http://temnyjles.ru/Janovskij/letopis.shtml> (дата обращения 12.02.2019)
- [15] Путеводитель по Кавказским Минеральным Водам. Пятигорск: Управления КМВ, 1912. С. 302.
- [16] Кисловодск туристический. Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 1982. 156 с.
- [17] Инструкция по планировке и застройке курортов и зон отдыха. ВСН 23-75. М.: Госгражданстрой, 1976. 25 с.
- [18] История городов и сел Ставрополья. Краткие очерки. Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 2002. С. 86.
- [19] Лукина И.М. Нормативно-производственное издание. Указания по строительству, ремонту и содержанию гравийных покрытий. М.: Союзбланкиздат, 1990. 35 с.
- [20] Терренкур Кисловодского курортного парка. Карта. М.: ДМВ, 2003. 592 с.

Сведения об авторах

Леонова Валентина Алексеевна — канд. с.-х. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), leonovava@bk.ru

Матвеева Ольга Николаевна — генеральный директор ООО «Паркофф галлери», komarovaola559@gmail.com

Поступила в редакцию 10.12.2020.

Принята к публикации 27.01.2021.

PARK TERRENCUR NUMBER 3 IN RESORT CITY OF KISLOVODSK

V.A. Leonova¹, O.N. Matveeva²

¹BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

²Parkoff gallery, 16A, Glavnaya st., Cherkizov Village, 141221, Pushkinsky distr., Moscow reg., Russia

leonovava@bk.ru

The article gives a brief historical report on the terrencurs of the city-resort of Kislovodsk, further details the current state of structural elements of one of the main routes — terrencur no. 3, including the upper cover of the terrencourt, the presence and condition of the board stone and storm trays. The study material is illustrated — 9 drawings, at the end of the article conclusions are given.

Keywords: Kislovodsk park, terrencourt № 3, Narzan gallery, Flower calendar, Red stones

Suggested citation: Leonova V.A., Matveeva O.N. *Analiz sostoyaniya terrenkura № 3 v parke goroda-kurorta Kislovodsk* [Park terrencur number 3 in resort city of Kislovodsk]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 81–89. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-81-89

Reference

- [1] Khibarov M.I. *Kislovodsk — gorod solntsa* [Kislovodsk is the city of the sun]. Moscow: Profizdat, 1973, 108 p.
- [2] *Istoriya goroda* [History of the city]. Available at: <https://kislovodsk-kurort.org/o-gorode-kurorte/istoriia-goroda> (accessed 09.04.2019).
- [3] *Kislovodskiy kurortnyy park* [Kislovodsk resort park]. Available at: <https://in-kislovodsk.livejournal.com/52227.html> (accessed 19.04.2019).
- [4] Klierina G.I. *Voprosy proektirovaniya marshrutov terrenkura na gorodskikh rekreatsionnykh territoriyakh* [Questions of designing terrencur routes in urban recreational areas]. Dis. Cand. Sci. (Tech.). Leningrad: LISI, 1975, 24 p.
- [5] Stryzhkova I. *Zhemchuzhine Kavkaza — 210* [The Pearl of the Caucasus — 210]. *Kavkazskaya zdravnitsa* [Caucasian health resort], 2013, April 26, no. 48. Available at: http://kmvnews.ru/news/item/4210-arch4210_zhemchuzhine_kavkaza_-_210 (accessed 19.04.2019).
- [6] Smirnov-Kamenskiy E.A. *Kurort Kislovodsk* [Kislovodsk resort]. Stavropol: Stavropol book publishing house, 1962, 208 p.
- [7] *Russkiy Baden-Baden: Kislovodsk do revolyutsii* [Russian Baden-Baden: Kislovodsk before the revolution]. Available at: <https://stav26.livejournal.com/355099.html> (accessed 15.03.2019).
- [8] *Kislovodsk — gorod na «kislykh vodakh». Istoriya goroda-kurorta* [Kislovodsk is a city on «sour waters». The history of the resort town]. Available at: <https://it-s-a-wonderful-world.ru/kislovodsk-gorod-na-kislyx-vodax-istoriya-goroda-kurorta> (accessed 12.03.2019).
- [9] Kolesnikov A.I. *Arkhitektura parkov Kavkaza i Kryma* [The architecture of the parks of the Caucasus and Crimea]. Moscow: Arkhitektura [Architecture], 1949, 175 p.
- [10] Pokrovskiy S.M. *Kislovodskiy terrenkur. Blizhniy turizm* [Kislovodsk Terrenkur. Near tourism]. Stavropol: Stavropol Book Publishing House, 1970, 108 p.
- [11] Burno M.E. *Klinicheskaya psikhoterapiya* [Clinical psychotherapy]. Moscow: Business book, 2006, 800 p.
- [12] Shefer G.L. *Progulki po Severnomu Kavkazu. Kavkazskie mineral'nye vody i okrestnosti. Putevoditel' dlya peshkehdov* [Walks in the North Caucasus. Caucasian mineral waters and surroundings. A guide for pedestrians]. Moscow: AST, 2017, 128 p.
- [13] *O sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodopol'zovaniy v Stavropol'skom krae v 2012 godu (gos. doklad)* [On the state of the environment and nature management in the Stavropol Territory in 2012 (state report)]. Available at: <http://www.ecoindustry.ru/gosdoklad/view/245.html> (accessed 21.11.2019).
- [14] Yanovskiy V. *Dva veka u bogatyrskogo klyucha (letopis' goroda Kislovodsk)* [Two centuries at the hero's spring (chronicle of the city of Kislovodsk)]. Available at: <http://temnyjles.ru/Janovskij/letopis.shtml> (accessed 12.02.2019).
- [15] *Putevoditel' po Kavkazskim Mineral'nym Vodam* [Guide to the Caucasian Mineral Waters]. Pyatigorsk: KMV Office, 1912, p. 302.
- [16] *Kislovodsk turisticheskiy* [Tourist Kislovodsk]. Stavropol: Stavropol Book Publishing House, 1982, 156 p.
- [17] *Instruktsiya po planirovke i zastroyke kurortov i zon otdykha. VSN 23-75* [Instructions for planning and building resorts and recreation areas. VSN 23-75]. Moscow: Gosgrazhdanstroy, 1976, 25 p.
- [18] *Istoriya gorodov i sel Stavropol'ya. Kratkie ocherki* [History of towns and villages of Stavropol. Brief essays]. Stavropol: Stavropol Book Publishing House, 2002, p. 86.
- [19] Lukina I.M. *Normativno-proizvodstvennoe izdanie. Ukazaniya po stroitel'stvu, remontu i sodержaniyu graviynykh pokrytiy* [Normative production edition. Instructions for the construction, repair and maintenance of gravel surfaces]. Moscow: Soyuzblankizdat, 1990, 35 p.
- [20] *Terrenkur Kislovodskogo kurortnogo parka* [Terrenkur of the Kislovodsk resort park. Map]. Moscow: DMB, 2003, 592 p.

Authors' information

Leonova Valentina Alekseevna — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), leonovava@bk.ru

Matveeva Ol'ga Nikolaevna — General Director of «Parkoff Galleri» SLR, komarovaola559@gmail.com

Received 10.12.2020.

Accepted for publication 27.01.2021.

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ НАНОФИБРИЛЛЯРНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛЕГКОМЕЛОВАННОЙ БУМАГИ

Е.Т. Тюрин¹, А.А. Зуйков¹, А.И. Бондарев¹,
Е.П. Гульянц¹, Л.А. Фадеева¹, С.А. Константинова²,
А.А. Новиков², Б.М. Аникушин², В.А. Винокуров²

¹ОАО Центральный научно-исследовательский институт бумаги, Россия, 141260, Московская область, Пушкинский р-н, пос. Правдинский, ул. Ленина, д. 15/1

²ФГАОУ ВО Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, Россия, 119991, Москва, Ленинский пр-т, д. 65

zuykov_a@mail.ru

Рассмотрено влияние образцов нанофибриллярной целлюлозы на водоудержание покровных композиций. Показано, что гели нанофибриллярной целлюлозы и покровные композиции на их основе отличаются высокой водоудерживающей способностью при центрифугировании (50,8 % и 31,0 % против 17,7 % с NaКМЦ). Выполнена предварительная оценка печатно-технических свойств тонкой мелованной бумаги (LWC) с использованием в композиции покрытия нанофибриллярной целлюлозы. Установлены технические характеристики нанофибриллярной целлюлозы, разработаны рецептуры покрытий легко мелованной бумаги для высокоскоростного современного оборудования.

Ключевые слова: нанофибриллярная целлюлоза, легко мелованная бумага, водоудержание, упругий модуль, вязкость, реология, покровные композиции

Ссылка для цитирования: Тюрин Е.Т., Зуйков А.А., Бондарев А.И., Гульянц Е.П., Фадеева Л.А., Константинова С.А., Новиков А.А., Аникушин Б.М., Винокуров В.А. Проведение испытаний экспериментальных образцов нанофибриллярной целлюлозы в производстве легко мелованной бумаги // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 90–98. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-90-98

Производители тонкой мелованной бумаги (LWC) в связи с интенсификацией производственных процессов наблюдают затруднения в бесперебойной работе агрегатов и в обеспечении высокого качества покрытий. Традиционные технологии регулирования основных параметров составов, таких как водоудержание, вязкость и упругий модуль, оказались неэффективными при высоких скоростях нанесения (1000...2000 м/мин). Основная причина заключается в недостаточной водоудерживающей способности растворов полимеров при оптимальных дозировках, а повышение их приводит к увеличению вязкости меловального состава и упругого модуля с одновременным ухудшением микропрофиля покрытия бумаги. Решить эту сложную задачу позволяет использование в качестве водоудерживающей и реологической добавки гелей нанофибриллярной целлюлозы (НФЦ), содержащих твердые микроскопические частицы с развитой гидрофильной поверхностью.

Повышение требований к производительности, эффективности технологических процессов, качеству бумаги и картона обусловили необходимость создания большого количества продуктивных вспомогательных реагентов. Наряду с этим остро стоит необходимость сокращения издержек производства для обеспечения конкурентной способности продукции. Применение

НФЦ в производстве и облагораживании бумаги и картона дает возможность не только повысить их качество, но и добиться преимуществ по рентабельности в результате снижения стоимости сырья и уменьшения затрат на энергию при сушке. Наноцеллюлоза в виде геля при меловании бумаги и картона проявляет себя как органический пигмент с низкой объемной массой и в то же время как водоудерживающий гидроколлоид [1] типа крахмала, NaКМЦ, поливинилового спирта. Нанофибриллярная целлюлоза была разработана в целях облагораживания бумаги при меловании и картона, и ее свойства приведены в соответствие с имеющимися технологическими требованиями [2]. Это — продукт под маркой ARBOCEL NANO MF 40, получаемый из древесной целлюлозы [1].

Образцы гелей НФЦ с концентрацией 2 и 10 % получены в РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина. По функциональному (химическому) составу они полностью идентичны микрокристаллической целлюлозе. Анализ распределения размера частиц НФЦ выполнен в ОАО «ЦНИИБ» с применением лазерного дифракционного анализатора. Диапазон измерения размера частиц составляет от 0,08 до 2000,0 мкм. Кривые распределения длин волокон НФЦ образцов № 1 и № 2 имеют различный характер. В образце № 1 выявлено большое количество коротких волокон при наличии длинных волокон.

Образец № 2 более однородного состава, но средний размер волокон крупнее. Особенности структуры НФЦ исследовали по микроскопическим снимкам высушенных образцов. При этом в образце № 1 отмечено большое количество наночастиц. В обоих образцах наряду с наноразмерными волокнами шириной менее 0,1 мкм наблюдается значительное количество волокон от одного до десятков микрометров.

Цель работы

Цель работы — проведение экспериментальных исследований образцов НФЦ в качестве водоудерживающего и реологического компонента в меловальных составах высокой концентрации при производстве легкомелованной бумаги.

Материалы и методы решения задачи

Для проведения исследований РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина получены два образца наночеллюлозы. Характеристики образцов НФЦ, кривые распределения длин волокон образцов № 1 и № 2, анализ полученных данных по распределению длин волокон образцов НФЦ подробно рассмотрены в работе [3] (табл. 1, 2).

Из представленных данных видно, что образец № 2 имеет более однородный состав по длине волокон, чем образец № 1. В образце № 1 наблюдается большее количество коротких волокон, но имеются и длинные. Это указывает на то, что образец № 1 был подготовлен, скорее всего, по иной технологии, чем образец № 2.

Микроскопические исследования высушенных образцов НФЦ с использованием микроскопа Phenom Pro 2 показали, что в обоих образцах при увеличении в 5000 раз (рисунок) наряду с наноразмерными волокнами шириной менее 0,1 мкм имеется значительное количество волокон шириной от 1 мкм до нескольких десятков микрометров.

Для описания строения наночеллюлозы не подходят устоявшиеся понятия, поэтому в литературе для описания НФЦ используются различные термины, включая микрофибриллы [4–7], агрегаты микрофибрилл [8, 9], микрофибриллярная целлюлоза [10], наночастицы [11] и НФЦ [12]. В реальных процессах получения НФЦ при кислотном гидролизе и диспергировании образуются палочкообразные кристаллиты с диаметром 2,0...20,0 нм в широком диапазоне длин — от 100,0 до 600,0 нм и более 1,0 мкм [13]. Вследствие почти совершенной кристаллической структуры усы целлюлозы отличаются высоким модулем и упрочняющим эффектом [14], что позволяет успешно применять их в наноконструкциях [15].

Т а б л и ц а 1

Содержание фракций волокон НФЦ по длине для образцов № 1 и № 2 по трем параллельным пробам

Content of NFC fiber fractions by length for samples No. 1 and No. 2 according to three parallel samples

Содержание фракций, %	Длина волокон, мкм	
	Образец № 1	Образец № 2
5	<3,9	<6,4
10	<6,3	<10,1
25	<11,3	<19,5
50	<22,9	<39,2
75	<69,2	<68,1
90	<124,1	<102,4
95	<196,1	<127,8
99	<268,1	<183,8

Т а б л и ц а 2

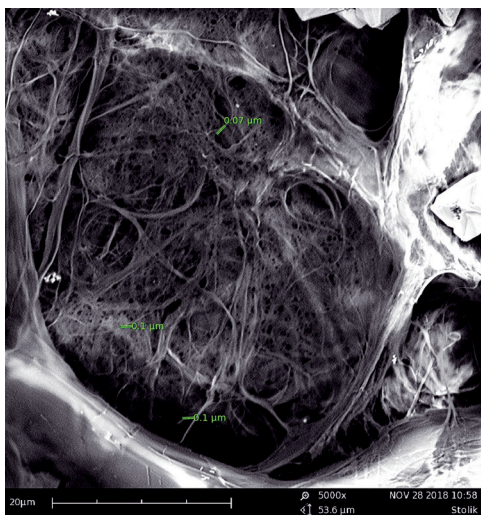
Зависимость длины волокон НФЦ от содержания фракций волокон для образцов № 1 и № 2

Dependence of the length of the NFC fibers on the content of fiber fractions for samples No. 1 and No. 2

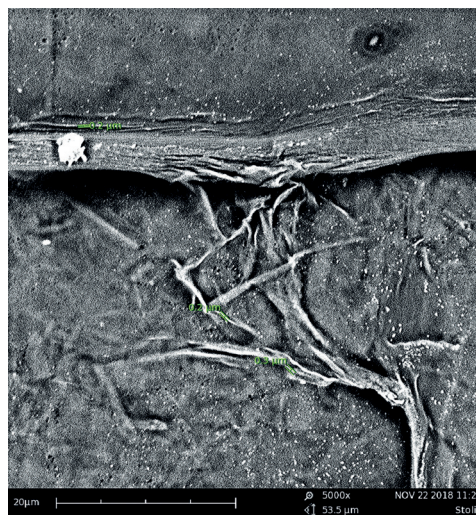
Длина волокон, мкм	Содержание, % (объемный)	
	Образец № 1	Образец № 2
<1	0,6	0,2
<1,1	0,7	0,3
<1,2	0,8	0,3
<1,3	1,0	0,4
<10	21,0	9,7
<11	24,1	11,2
<25	52,5	32,5
<27,5	55,0	35,7
<50	67,4	60,5
<100	85,1	88,6
<315	99,6	100,0
<500	100,0	100,0

Полученные данные представляют интерес для оценки динамического водоудержания НФЦ и меловальных составов на их основе.

Для приготовления меловальных композиций используют лабораторную мешалку, имеющую регулируемую скорость перемешивания. В мешалку вводят дистиллированную воду, диспергатор, пигмент в расчетных количествах и антипенователь. В течение 30 мин проводится диспергирование. Затем в композицию вводятся связующие вещества в виде дисперсий (латексы) и в растворенном виде (крахмал, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ)) и гели НФЦ. Вспомогательные вещества вводятся в товарном виде. Концентрация сухих веществ во всех экспериментах составляет не менее 55,0 %.



a



б

Высушенные на воздухе пленки гидрогелей образца НФЦ № 1 (*a*), № 2 (*б*), ув. 5000×
Air-dried films of hydrogels of the sample NFC No. 1 (*a*), No. 2 (*б*), magnified 5000 ×

Готовую меловальную композицию фильтруют через сито 200 меш. (меш. — внесистемная единица измерения для проволочных и синтетических сеток, сит; равна количеству пущенных проволок на 1 линейный дюйм — 25,4 мм). Контролируют содержание сухих веществ композиции, рН, степень водоудержания, реологические и вязкоупругие свойства.

Определение водоудерживающей способности выполняется центрифугированием в течение 20 мин при 5000 об./мин. Как величина водоудержания принимается количество неотделившейся от меловальной композиции воды при центрифугировании. Рассчитывается водоудержание в процентах от первоначального количества воды в композиции.

Определение реологических свойств проводится на ротационном вискозиметре. Измеренный вискозиметром крутящий момент пересчитывается с учетом скорости и геометрии ротора и в результате выдается величина вязкости в мПа·с.

Рабочий диапазон:

вязкость от 3 мПа·с до 13 МПа·с;
скорость, об/мин (19 скоростей) 0,3...200.

Готовые составы наносятся на бумагу-основу массой 40 г/м² на лабораторной установке ракеля Майера. Образцы с нанесенной меловальной композицией помещаются в сушильный шкаф при температуре 90...120 °С. Масса наносимого покрытия после высушивания составляет 7...10 г/м² на одну сторону.

В ролевом виде образцы легкокомелованной бумаги получают на экспериментальном стенде ОАО «ЦНИИБ», который включает в себя следующие основные узлы:

- 1) модуль размотки;
- 2) узел пересклейки полотна, в который входит

монтажный стол для склейки полотна при смене рулона;

3) ротационно-графаретный узел нанесения на бумажное полотно покровной композиции, снабженный двумя ИК-сушилками мощностью по 9,9 кВт и одной конвективной сушилкой мощностью 4 кВт;

4) центральный модуль управления с блоком управления регулировкой скорости (от 2 до 154 м/мин);

5) узел привода и блок питания мощностью 7,46 кВт;

6) модуль намотки рулона легкокомелованной бумаги диаметром до 762 мм на гильзу с внутренним диаметром 76 мм мощностью 1,5 кВт.

После высушивания и кондиционирования образцы подвергаются отделке на горизонтальном каландре (для листовых образцов) или суперкаландре (для ролевых образцов).

Бумага легкокомелованная производится в ролевом виде и запечатывается на ротационных многокрасочных печатных машинах. Для оценки свойств бумаги используются показатели, имеющие первостепенное значение для потребительских характеристик. Ими являются прочность поверхности и красковосприятие. Наряду с этим бумага испытывается по всем остальным нормируемым показателям по гостированным методикам.

Необходимые для исследования материалы, приборы, установки и их характеристика приведены в табл. 3, 4.

В целях соответствия технологическим требованиям современного оборудования меловальные составы должны обладать устойчивостью в процессе деформации при нанесении и разравнивании покрытий. Высокие скорости (1000...2000 м/мин)

Т а б л и ц а 3

Характеристика материалов, используемых для исследования**Characteristics of materials used for research**

Наименование	Качественные показатели
Каолин фракционированный обогащенный «КПФ-90» для производства бумаги и картона ТУ У 21.133–97	Белизна (коэффициент отражения) не менее 90 %. Содержание частиц с диаметром эквивалентной сферы менее 2 мкм — не менее 92 %. Массовая доля влаги не более 15,0 %
Мел природный фракционированный марки М-90 ТУ 5743-010-00186803–95	Белизна (ТАРПИ R = 457 нм) не менее 86 %. Массовая доля влаги, не более 0,2 %. Остаток на сите 0,045...0,01
Диспергатор «Ларусс 11» ТУ 2232-001-55085288–2005	Массовая доля нелетучих веществ 48,0...52,0%; рН не менее 7,0. Условная вязкость по ВЗ-246 не менее 10 с.
Модифицированный низковязкий крахмал для мелования	Свойства продукта: внешний вид: белый порошок; содержание влаги 190 мг/г; насыпная плотность 0,7 кг/л
Акриловая эмульсия «Рузин – 18Б» ТУ 2241-018-57845504–2015	Массовая доля нелетучих веществ не менее 30,0 %; рН 5,0...8,0. Вязкость по Брукфильду (100 об/мин), 700...1500 сП
Антивспениватель ВУС-037	Нелетучие вещества: 54 %
Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ) Finfix	Вязкость 1% раствора 4500...20000 мПа·с
Оптический отбеливатель «Белофор КБ-жидкий» ТУ 2463-387-05800142–2012	Плотность 1,05...1,2, г/м ³ ; рН 8,0...11,0. Динамическая вязкость не более 50 мПа·с
Пластификатор стеарат кальция «РОМАД-11» ТУ 2432-003-30498538–2015	Массовая доля нелетучих веществ 49,0...51,0 %; рН 11,0...13,0

Т а б л и ц а 4

Приборы и установки, используемые для исследования**Devices and devices used for research**

Наименование, тип и марка	Основная характеристика
Устройство пробопечатное IGT	Скорость запечатки 20...500 см/с, интервал между запечатками 0,014...6 с
Денситометр оптический, работающий в отраженном свете	Диапазон измерения оптической плотности 0,0...2,5
Весы лабораторные	Погрешность взвешивания не более 0,0001 г
Секундомер механический однострелочный	Емкость секундной шкалы 60 с. Емкость шкалы счетчика минут 60 мин
Весы ВЭУ-15-5	Наибольший предел взвешивания 15 кг. Погрешность взвешивания ± 10 г
Набор пронумерованных восковых брусков	Площадь поперечного сечения 18×18 мм
Плитка электрическая	Напряжение 220 В, мощность 2 кВт
Цилиндр мерный 1-1000-1	Объем 1000 мл, класс точности 1
Вискозиметр ротационный НААКЕ	Число оборотов 0,3...200 об./мин, рабочий диапазон вязкости 3...2 000 000 мПа·с.
Центрифуга	Напряжение 220 В, мощность 660 Вт, максимальное число оборотов 6500 об./мин
ИК-сушка	Две лампы мощностью 500 Вт, напряжение 220 В
Горизонтальный каландр	Трехвальный (один набивной, два стальных с подогревом), ширина 300 мм, скорость 50 м/мин, температура до 95 °С
Мешалка	Мощность 50 Вт, два диапазона скорости перемешивания (60...500 об./мин, и 240...2000 об./мин)
Суперкаландр	Пятивальный (два набивных, два металлических обогреваемых паром), скорость 60 м/мин, температура до 60...80 °С, ширина 400 мм, давление каландрирования 25 кг/см ²
Микроскоп Phenom Pro 2 (Нидерланды)	Диапазон увеличения от 80× до 45 000×, вставка для изучения поперечного сечения, размер образца 15×25 мм, максимальная толщина 10 мм

меловальных установок обуславливают требования повышения содержания твердых веществ в пастах и температуры в сушильных агрегатах.

В этих условиях разработка оптимальных рецептур представляет собой сложную задачу. Так, пригодные связующие и загустители, такие как

модифицированный крахмал и NaКМЦ, при повышении скорости сдвига и температуры не обеспечивают достаточного водоудержания, оптимальных реологических и вязкоупругих свойств, что приводит к серьезной проблеме бесперебойной работы агрегатов.

Традиционные связующие или загустители повышают водоудержание меловального состава за счет повышения вязкости жидкой фазы и ассоциативного взаимодействия между макромолекулами загустителя и поверхностью пигмента. Это замедляет удаление воды из меловального состава. Водоудержания, достигаемого за счет повышения вязкости жидкой фазы, особенно при использовании пигментов на основе карбоната кальция, явно недостаточно. Повышение концентрации загустителя хотя несколько и увеличивает водоудержание, но одновременно повышает и вязкость меловальных составов при высоких скоростях сдвига. В связи с этим повышение водоудержания необходимо за счет механизмов, выходящих за рамки простого загущения жидкой фазы составов. И только с использованием НФЦ в процессе формирования покрытия появилась возможность достичь оптимальных показателей водоудержания, реологии и вязкоупругости (упругий модуль) при высоком содержании твердого вещества в меловальном составе [16]. Одновременно за счет присутствующих водонерастворимых частиц НФЦ образуется барьерный слой и происходит быстрая фиксация меловального состава на поверхности бумаги-основы, что препятствует излишнему проникновению меловального состава в ее пористую структуру. При этом повышается качество покрытия, а также экономится сырье и энергия. Поэтому изучение влияния представленных образцов НФЦ на водоудержание и реологические характеристики покровных композиций составляют первоочередную задачу.

Покровные составы представляют собой однородную смесь, состоящую из двух фаз — твердой (пигменты) и жидкой (вода и растворы полимеров). Способность составов не расслаиваться под действием напряжений сдвига, возникающих в зазоре между бумагой-основой и наносящим устройством, является важнейшей характеристикой, определяющей качество готового покрытия. Применительно к современному оборудованию водоудержание можно охарактеризовать расслоением композиции при центрифугировании состава. В общем случае водоудержание меловальных композиций определяется несколькими факторами: концентрацией, температурой, удельной поверхностью пигментов и их химической природой, количеством и природой связующих веществ (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

**Водоудержание меловальных композиций
(композиция в весовых частях — в. ч.)**

**Water retention of coating compositions
(composition in parts by weight — w. h.)**

Композиции	Содержание сухих веществ, %	Водоудержание, %
Образец № 1	10,0	84,0
Образец № 2	2,0	27,2
Меловальная паста с 1,25 в. ч. NaКМЦ	57,0	17,7
Меловальная паста с 1,25 в. ч. НФЦ (образец № 1)	57,0	50,8
Меловальная паста с 0,42 в. ч. НФЦ (образец № 2*)	57,0	31,5

Примечание. * — использование образца НФЦ № 2 (концентрация 2 %) в количестве не более 0,4 в. ч. меловальных паст связано с необходимостью получения меловального состава требуемой высокой концентрации.

Данные, приведенные в табл. 5, позволяют оценить степень связывания жидкости поверхностью твердой фазы в условиях сильного гравитационного воздействия (центрифугирования). Образец № 1 обладает высокой водоудерживающей способностью (84,0 %), что указывает на большую удельную поверхность и гидрофильность изучаемого продукта и обусловлено, вероятно, наличием в препарате большого количества мелких волокон с развитой поверхностью.

Образец № 2 уступает по показателю водоудержания образцу НФЦ № 1, что объясняется меньшим содержанием мелкого волокна, которое ответственно за указанный показатель.

Водоудержание меловальных паст с введением образца № 1 в количестве 1,25 в. ч. обеспечивает водоудержание меловальных паст выше 50 %, что превышает показатели традиционных составов в 3 раза.

Водоудержание меловальных паст с введением образца № 2, в количестве (0,4 в. ч.), существенно выше, чем на традиционном водоудерживающем агенте (NaКМЦ).

Таким образом, гели НФЦ обладают высокой водоудерживающей способностью при максимальных динамических нагрузках (центрифугировании), что позволяет разрабатывать рецептуры покрытий для нанесения на современном высокоскоростном оборудовании.

Нанесение покровных композиций в бумажной промышленности на современном оборудовании проводится при высоких скоростях (1000...2000 м/мин). При этом в узлах нанесения и разравнивания влажного покрытия возникают высокие напряжения сдвига. Покровные составы

Печатно-технические свойства мелованной бумаги

Printing and technical properties of coated paper

Вариант	Массовые части		Стойкость поверхности к выщипыванию, м/с	Красковосприятие, количество точек на дюйм	Лоск, %
1	50,0 в. ч. мела	1,25 в. ч. финфика	1,9	1,23	16,0
2	50 в. ч. каолина	1,25 в. ч. образца НФЦ № 1	1,5	1,11	15,0
	9,0 в. ч. Акратама № 2				
3	2,5 в. ч. крахмала	0,42 в. ч. образца НФЦ № 2	1,9	1,14	20,5

Примечание. Нанос — 7...8 г/м².

представляют собой структурированные жидкости с различными характеристиками течения, которое определяется скоростью и временем деформации и наличием вязкоупругости. Реологические характеристики определяют расход энергии на диспергирование пигментов, гомогенизацию, транспортирование и фильтрацию готовых композиций. Вязкость определяет максимальную концентрацию меловальной композиции, а следовательно, производительность оборудования для нанесения и сушки покрытий. Качество покрытия, его гладкость, толщина и прочность связи с волокнистой подложкой зависят, прежде всего, от соответствия реологических характеристик состава конкретным условиям наносающего оборудования. В общем случае необходимо разрабатывать композиции высокой концентрации при минимальной вязкости и упругом модуле в интервале $(0,1 \dots 0,3) \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$.

Гель НФЦ проявляет свойства псевдопластичных жидкостей, содержащих анизотропные частицы, ориентирующиеся в процессе деформации вдоль потока с разрушением структуры и уменьшением вязкости. Изучение реологического поведения базовых покровных композиций на основе мела и каолина с использованием в качестве реологической добавки NaКМЦ и геля НФЦ показало, что введение НФЦ обеспечило получение оптимальных характеристик вязкости при 100 об./мин (350...540 мПа·с) и упругого модуля $0,2 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$.

Большой интерес представляло изучение печатно-технических свойств мелованной бумаги с использованием НФЦ в композиции покрытия. Для этого были получены модельные образцы бумаги с легким покрытием (8 г/м²) (табл. 6).

Покрытия наносились на бумагу-основу Камского ЦБК массой 47 г/м²

Испытания показали, что покровные композиции с введением 0,42 в. ч. образца № 2 обеспечивают прочность поверхности на уровне LWC для многокрасочной печати, повышенный лоск поверхности и хорошее красковосприятие. При этом преимущества образца № 2 по сравнению с образцом № 1 не имеют принципиального зна-

чения и обусловлены реологическими особенностями нанесения покрытий на лабораторном оборудовании. Следует иметь в виду, что окончательные преимущества использования НФЦ в меловальных составах будут оценены в процессе нанесения покрытий на промышленном оборудовании при высоких скоростях.

Выводы

Исследованы возможности использования НФЦ для оптимизации водоудержания и реологических свойств меловальных составов в производстве тонкой мелованной бумаги (LWC) на высокоскоростном оборудовании.

Установлены технические характеристики НФЦ, обеспечивающей регулирование в заданных пределах показателей водоудержания и реологических свойств высококонцентрированных меловальных составов.

Разработаны оптимальные рецептуры покрытий с использованием НФЦ для получения легко-мелованной бумаги для многокрасочной печати.

Список литературы

- [1] Turbak A.F., Snyder F.W., Sandberg K.R. Microfi brillated Cellulose: A New Cellulose Product // J. Appl Polym. Sci Appl Polym. Symp., 1983, v. 37, pp. 815–827.
- [2] Siro I., Plackett D. Characterization of microfibrillated cellulose (MFC) films made of different types of raw material // Trend in Food Science Technology, 2008, v. 18, pp. 84–95.
- [3] Семкина Л.И., Сарана Н.В., Лепешкина Е.В., Товстошуров Е.М., Горячев Н.Л., Тюрин Е.Т., Зуйков А.А., Константинова С.А., Новиков А.А. Применение нанофибриллярной целлюлозы в композиции бумаги для гофрирования // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 2. С. 119–126. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-2-119-126.
- [4] Andresen M., Stenius P. Water-in-oil emulsions stabilized by hydrophobized microfibrillated cellulose // J. Dispers Science Technologi, 2007, v. 28, pp. 837–844. DOI:10.1080/01932690701341827
- [5] Andersen M., Stenstad P., Moretro T., Langsrud S., Syverud K. Nonleaching antimicrobial films prepared from surface modified microfibrillated cellulose // Biomacromolecules, 2007, v. 8, pp. 2149–2155.
- [6] Cyng Q., Wang S.Q. Physical and mechanical properties of polyvinyl alcohol and polypropilen composite mantrial // Cellulose, 2007, v. 14, pp. 2509–2518.

- [7] Aulin C., Varga I., Claesson P.M., Wagberg L. Buildup of polyelectrolyte multilayers of polyethyleneimine and microfibrillated cellulose studied by in situ // *Langmuir*, 2008, v. 24, pp. 2509–2518.
- [8] Henriksson M., Virtanen T., Maunu S.I. An environmentally friendly method for enzyme-assisted preparation evaluated by C-13 CP/MAS NMR spectroscopy // *Carbohydr Polym.*, 2008, v. 73, pp. 156–163.
- [9] Iwamoto S., Nakagaito N.A. Nano-fibrillation of pulp fibers for the processing of nanocomposites // *Applied Physics. Material of science processing*, 2007, v. 89, p. 461.
- [10] Stenstad P., Andersen M. Patterning of surfaces modification cellulose // *Cellulose*, 2008, v. 15, pp. 35–45.
- [11] Ahola S., Salmi J., Johansson L.S. Model films from native cellulose nanofibril // *Biomacromolecules*, 2008, v. 9, pp. 1273–1282.
- [12] Ahola S. Cellulose nanofibrils adsorption with poly(amidamine) // *Cellulose*, 2008, v. 15, pp. 303–314.
- [13] Hubbe M.A., Rojas O.J., Lucia I.A., Sain M. Cellulosic nanocomposites: a review // *Bioresources*, 2008, v. 3, p. 929.
- [14] Eichhorn S.J., Baillie C.A., Zafeiropoulos N., Mwaikambo L.Y., Ansell M.P., Dufresne A., Entwistle K.M., Herrera-Franco P.J., Escamilla G.C., Groom L., Hughes M., Hill C., Rials T.G., Wild P.M. Review: current international research into cellulosic fibres and composites // *J. Mater Sci*, 2001, v. 36, pp. 2107–2131.
- [15] Samir MASA, Alloin F., Paillet M., Dufresne A. Review of recent research into cellulosic whisker, their properties and their application in nanocomposite field // *Biomacromolecules*, 2005, v. 6, pp. 612–626.
- [16] Бондарев А.И., Калинин М.Н. Вязкоупругие свойства водных дисперсий пигментов и связующих веществ для мелования бумаги и картона // *Новейшие исследования в области производства волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона: сб. трудов ОАО «ЦНИИ-ИБ». М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. С. 89–98.*

Сведения об авторах

Тюрин Евгений Тимофеевич — канд. экон. наук, генеральный директор ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги», sniiib@mail.ru

Зуйков Александр Александрович — канд. техн. наук, первый зам. генерального директора по научной работе ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги», zuykov_a@mail.ru

Бондарев Анатолий Иванович — канд. техн. наук, зав. лабораторией мелования ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги», zuykov_a@mail.ru

Гулянец Елена Петровна — ст. науч. сотр. ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги», zuykov_a@mail.ru

Фадеева Лилия Анатольевна — науч. сотр. ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги», zuykov_a@mail.ru

Константинова Светлана Алексеевна — канд. биол. наук, науч. сотр. РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, novikov.a@gubkin.ru

Новиков Андрей Александрович — канд. хим. наук, ст. науч. сотр. РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, novikov.a@gubkin.ru

Аникушин Борис Михайлович — аспирант РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, zuykov_a@mail.ru

Винокуров Владимир Арнольдович — д-р хим. наук, зав. кафедрой коллоидной химии, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, zuykov_a@mail.ru

Поступила в редакцию 30.11.2020.

Принята к публикации 29.01.2021.

TESTING OF EXPERIMENTAL SAMPLES OF NANOFIBRILLAR CELLULOSE IN THE PRODUCTION OF LIGHTWEIGHT COATED PAPER

E.T. Tyurin¹, A.A. Zuikov¹, A.I. Bondarev¹,
L.P. Gulyanz¹, L.A. Fadeeva¹, S.A. Konstantinova²,
A.A. Novikov², B.M. Anikuchin², V.A. Vinokurov²

¹Open stock company (OSC) «Central Paper Research Institute», 15/1, Lenina st., 141260, set. Pravdinski, Pushkinski district, Moscow reg., Russia

²Federal state autonomous higher educational institution «Russian University of Oil and Gas» (National Research University), «Gubkin University», 6, Leninski prospect, 119991, Moscow, Russia

zuykov_a@mail.ru

The influence of nanofibrillar cellulose samples on the coating compositions water retention is considered. It was shown that gels of nanofibrillar cellulose and coating compositions based on them are distinguished by a high water-retention capacity during centrifugation (50.8% and 31.0% versus 17.7% with NaCMC). A preliminary assessment of the printing and technical properties of light weight coated paper (LWC) using nanofibrillar cellulose in the coating composition has been carried out. The technical characteristics of nanofibrillar cellulose have been determined, formulations of lightweight paper coatings have been developed for high-speed modern equipment.

Keywords: nanofibrillated cellulose (NFC), lightweight coated paper (LWC), water retention, modulus of elasticity, viscosity, rheology, coating colors

Suggested citation: Tyurin E.T., Zuikov A.A., Bondarev A.I., Gulyanz L.P., Fadeeva L.A., Konstantinova S.A., Novikov A.A., Anikuchin B.M., Vinokurov V.A. *Provedenie ispytaniy eksperimental'nykh obraztsov nanofibrillyarnoy tsellyulozy v proizvodstve legkomelovannoy bumagi* [Testing of experimental samples of nanofibrillar cellulose in the production of lightweight coated paper]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 90–98. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-90-98

References

- [1] Turbak A.F., Snyder F.W., Sandberg K.R. Microfibrillated Cellulose: A New Cellulose Product. *J. Appl Polym. Sci Appl Polym. Symp.*, 1983, v. 37, pp. 815–827.
- [2] Siro I., Plackett D. Characterization of microfibrillated cellulose (MFC) films made of different types of raw material. *Trend in Food Science Technology*, 2008, v. 18, pp. 84–95.
- [3] Semkina L.I., Sarana N.V., Lepeshkina E.V., Tovstoshkurov E.M., Goraychev N.L., Tyurin E.T., Zuikov A.A., Konstantinova S.A., Novikov A.A. *Primenenie nanofibrillyarnoy tsellyulozy v kompozitsii bumagi dlya gofirovaniya* [Nanofibrillated cellulose in corrugating paper composition]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 2, pp. 119–126. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-2-119-126.
- [4] Andresen M., Stenius P. Water-in-oil emulsions stabilized by hydrophobized microfibrillated cellulose. *J. Dispers Science Technol.*, 2007, v. 28, pp. 837–844. DOI:10.1080/01932690701341827
- [5] Andersen M., Stenstad P., Moretro T., Langsrud S., Syverud K. Nonleaching antimicrobial films prepared from surface modified microfibrillated cellulose. *Biomacromolecules*, 2007, v. 8, pp. 2149–2155.
- [6] Cytng Q., Wang S.Q. Physical and mechanical properties of polyvinyl alcohol and polypropylene composite material. *Cellulose*, 2007, v. 14, pp. 2509–2518.
- [7] Aulin C., Varga I., Claesson P.M., Wagberg L. Buildup of polyelectrolyte multilayers of polyethyleneimine and microfibrillated cellulose studied by in situ. *Langmuir*, 2008, v. 24, pp. 2509–2518.
- [8] Henriksson M., Virtanen T., Maunu S.I. An environmentally friendly method for enzyme-assisted preparation evaluated by C-13 CP/MAS NMR spectroscopy. *Carbohydr Polym.*, 2008, v. 73, pp. 156–163.
- [9] Iwamoto S., Nakagaito N.A. Nano-fibrillation of pulp fibers for the processing of nanocomposites. *Applied Physics. Material of science processing*, 2007, v. 89, p. 461.
- [10] Stenstad P., Andersen M. Patterning of surfaces modification cellulose. *Cellulose*, 2008, v. 15, pp. 35–45.
- [11] Ahola S., Salmi J., Johansson L.S. Model films from native cellulose nanofibril. *Biomacromolecules*, 2008, v. 9, pp. 1273–1282.
- [12] Ahola S. Cellulose nanofibril adsorption with poly(amidamine). *Cellulose*, 2008, v. 15, pp. 303–314.
- [13] Hubbe M.A., Rojas O.J., Lucia I.A., Sain M. Cellulose nanocomposites: a review. *Bioresources*, 2008, v. 3, p. 929.
- [14] Eichhorn S.J., Baillie C.A., Zafeiropoulos N., Mwaikambo L.Y., Ansell M.P., Dufresne A., Entwistle K.M., Herrera-Franco P.J., Escamilla G.C., Groom L., Hughes M., Hill C., Rials T.G., Wild P.M. Review: current international research into cellulosic fibres and composites. *J. Mater Sci*, 2001, v. 36, pp. 2107–2131.
- [15] Samir MASA, Alloin F., Paillet M., Dufresne A. Review of recent research into cellulosic whisker, their properties and their application in nanocomposite field. *Biomacromolecules*, 2005, v. 6, pp. 612–626.
- [16] Bondarev A.I., Kalinin M.N. *Vyazkouprugie svoystva vodnykh dispersiy pigmentov i svyazuyushchikh veshchestv dlya melovaniya bumagi i kartona* [Viscoelastic properties of aqueous dispersions of pigments and binders for coating paper and paperboard]. *Noveyshie issledovaniya v oblasti proizvodstva voloknistykh polufabrikatov, bumagi i kartona: sb. trudov OAO «TsNIIB»* [The latest research in the production of fibrous semi-finished products, paper and paperboard: collection of books. Proceedings of OJSC TsNIIB]. Moscow: Federal State Institution «Rosinformagroteh», 2003, pp. 89–98.

Authors' information

Tyurin Evgeniy Timofeevich — Cand. Sci. (Economic), General Director of OSC Central Paper Research Institute, cniib@mail.ru

Zuykov Aleksandr Aleksandrovich — Cand. Sci. (Tech.), the First Deputy Director of Science in OSC Central Paper Research Institute, zuykov_a@mail.ru

Bondarev Anatoliy Ivanovich — Cand. Sci. (Tech.), OSC Central Paper Research Institute, zuykov_a@mail.ru

Gul'yants Elena Petrovna — Head Scientific Worker, OSC Central Paper Research Institute, zuykov_a@mail.ru

Fadeeva Liliya Anatol'evna — Scientific Worker, OSC Central Paper Research Institute, zuykov_a@mail.ru

Konstantinova Svetlana Alekseevna — Cand. Sci. (Biological), Scientific Worker, National University of Oil and Gas «Gubkin University» (Gubkin University), novikov.a@gubkin.ru

Novikov Andrey Aleksandrovich — Cand. Sci. (Chemical), Head Scientific Worker, National University of Oil and Gas «Gubkin University» (Gubkin University), novikov.a@gubkin.ru

Anikushin Boris Mikhaylovich — Pg., National University of Oil and Gas «Gubkin University» (Gubkin University), zuykov_a@mail.ru

Vinokurov Vladimir Arnol'dovich — Dr. Sci. (Chemical), Head Department of Colloid Chemistry, Professor National University of Oil and Gas «Gubkin University» (Gubkin University), zuykov_a@mail.ru

Received 30.11.2020.

Accepted for publication 29.01.2021.

К ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ВЫБРОСА ЩЕПЫ ИЗ ДИСКОВОЙ РУБИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

С.В. Фокин¹, О.А. Фомина²

¹Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 410012, г. Саратов, Театральная пл., д. 1

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 625003, г. Тюмень, ул. Республики, д. 7

feht@mail.ru

Приводится описание методики физико-математического моделирования механизма выброса щепы дисковой рубительной машины. Данная методика позволяет рассчитывать и оптимизировать конструктивно-технологические параметры механизма выброса щепы. Для реализации поставленной задачи поток элементов щепы разбивался на отдельные элементы шарообразной формы, а рабочие поверхности механизма выброса щепы представлены совокупностью фрагментов плоскостей, сопряженных между собой. При создании математической модели расчета и оптимизации конструктивно-технологических параметров механизма выброса щепы анализировались следующие показатели эффективности механизма выброса щепы: скорость выброса щепы на выходе щепопровода, вероятность выброса щепы с первого оборота рубительного диска, механическая мощность, потребляемая на выброс щепы после этапа измельчения порубочных остатков ножами. Математическая модель реализована в компьютерной программе на языке Object Pascal в среде разработки Delphi 7. Программа позволяет проводить компьютерные эксперименты по анализу движения в кожухе и щепопроводе щепы, полученной из порубочных остатков и изучению влияния конструктивно-технологических параметров механизма выброса на эффективность работы дисковой рубительной машины. Проведенные компьютерные исследования позволили определить наилучшие численные диапазоны частоты вращения рубительного диска и количество лопастей, расположенных на рубительном диске. Так же определена вероятность увлечения щепы на первом обороте рубительного диска и потребляемая мощность на выброс щепы из дисковой рубительной машины.

Ключевые слова: топливная щепка, рубительные машины, механизм выброса щепы

Ссылка для цитирования: Фокин С.В., Фомина О.А. К обоснованию конструктивно-технологических параметров механизма выброса щепы из дисковой рубительной машины // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 99–107. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-99-107

Экспериментальные и качественные теоретические оценки механизмов выброса щепы широко представлены в научной литературе, тем не менее не представлены описания комплексных теоретических подходов, которые бы позволяли с высокой адекватностью моделировать работу механизма выброса щепы. С помощью физико-математических методов можно разработать высокоточную математическую модель для дальнейшего обоснованного проектирования и оптимизации параметров механизма выброса щепы.

С точки зрения физики, процесс движения потока щепы в механизме выброса является чрезвычайно сложным для моделирования [1, 2]. До появления компьютерной техники для аналогичных задач использовались аналитические методы (обычно в приближении для сплошной среды), использование которых не давало возможности достаточно адекватно представить вихревые процессы. В настоящее время для описания движения потоков высокоэффективным признан метод динамики частиц [3], поэтому один из его вариантов был применен при проведении настоящего исследования.

Цель работы

Цель работы — разработка физико-математической модели механизма выброса щепы из дисковой рубительной машины, с помощью которой можно дать количественную оценку эффективности такого механизма при его различных конструктивных параметрах, а также определить оптимальные диапазоны основных конструктивно-технологических параметров данного оборудования.

Материалы и методы

Для создания математической модели с использованием метода динамики частиц поток щепы разбивается на отдельные элементы шарообразной формы (рис. 1), обладающие физическими свойствами древесины: плотностью, коэффициентами упругости и вязкого трения. В отличие от приближения для сплошной среды, в методе динамики частиц элементы могут двигаться в пространстве как отдельные физические тела, подчиняясь законам классической динамики [4, 5], взаимодействовать между собой и с рабочими поверхностями механизма выброса щепы (рис. 2).

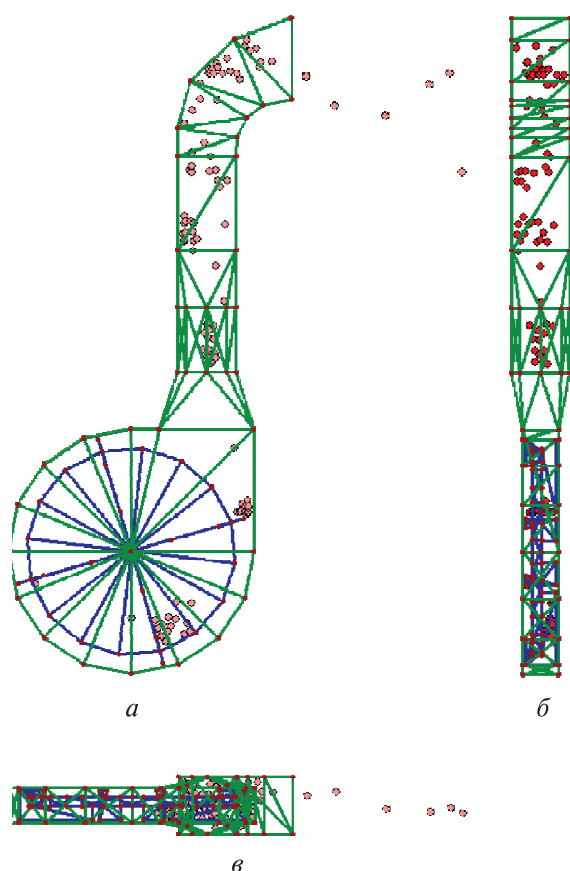


Рис. 1. Визуализация модели рабочего процесса выброса щепы с указанием рассчитываемых параметров: *a* — вид спереди; *б* — вид сбоку; *в* — вид сверху
Fig. 1. Visual model of the chips ejection working process with the indication of the calculated parameters: *a* — front view; *б* — side view; *в* — top view

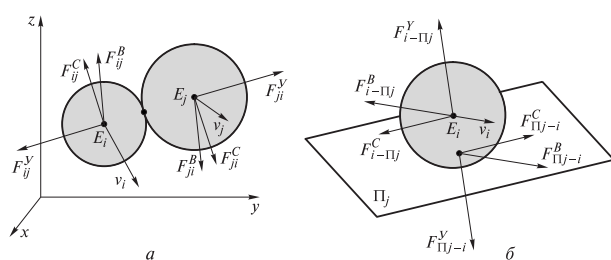


Рис. 2. Силы, возникающие при контакте двух элементов щепы (*a*) и между элементом и рабочей поверхностью механизма (*б*): F^Y — упругие силы; F^C и F^B — силы сухого и вязкого трения
Fig. 2. Forces arising from the contact of two elements of wood chips (*a*) and between the element and the working surface of the mechanism (*б*): F^Y — elastic forces; F^C and F^B — forces of dry and viscous friction

Разбиение среды на отдельные элементы позволяет воспроизводить сложные явления в движущемся потоке: перераспределение кинетической энергии, вихревое и турбулентное движение, смешивание потоков с различными кинетическими параметрами [6, 7].

Рабочие поверхности механизма выброса щепы в модели представлены совокупностью фрагментов плоскостей, состыкованных одна с другой. Элементарные поверхности кожуха и щепопровода неподвижны в процессе моделирования, элементарные поверхности рубительного диска совершают в пространстве вращательные движения вокруг оси диска с заданной угловой скоростью [8, 9].

Для того чтобы представить в модели сложную геометрическую конфигурацию рубительного диска, кожуха, щепопровода использовали 146 элементарных треугольников, состыкованных между собой. Если элементарная треугольная поверхность механизма Π_j контактирует с элементом-щепой i , то между ними возникают упругие силы отталкивания (или притяжения в случае необходимости исследования влажной загрязненной щепы, которое задается коэффициентом α_0) и трения. Силы, действующие на элемент, приводят к изменению его траектории движения (см. рис. 2).

Для расчета указанных сил необходим математический аппарат, позволяющий определить, контактирует ли элемент-щепка с треугольной элементарной поверхностью механизма, и если контактирует, то контактирует ли с центральной частью (плоскостью) поверхности (вариант I на рис. 3), ребром (II) или углом (III).

В теоретическом исследовании анализировали три показателя эффективности механизма выброса щепы. Первым показателем, определяющим кинематическую эффективность механизма, является скорость выброса щепы на выходе щепопровода — v_B . Данный показатель рассчитывается путем усреднения значений горизонтальной скорости элементов щепы в выходном прямоугольном отверстии щепопровода по формуле [10, 11]

$$v_B = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} v_{xi} \cdot \begin{cases} |x_i - x_{p135}| < 0,01; \\ y_{p135} < y_i < y_{p137}; \\ z_{p135} < z_i < z_{p136}; \end{cases}}{\sum_{i=1}^{N_s} \begin{cases} |x_i - x_{p135}| < 0,01; \\ y_{p135} < y_i < y_{p137}; \\ z_{p135} < z_i < z_{p136}; \end{cases}}, \quad (1)$$

0, в противном случае;

где x_i, y_i, z_i — координаты i -й точки, принадлежащей плоскости;

- $x_{p135}, y_{p135}, z_{p135}$ — координаты 135-й точки, принадлежащей плоскости щепопровода;
- $x_{p136}, y_{p136}, z_{p136}$ — координаты 136-й точки, принадлежащей плоскости щепопровода;
- y_{p137} — координаты 137-й точки, принадлежащей плоскости щепопровода.

Вторым показателем, определяющим качество увлечения и метания щеп рубильным диском, является вероятность выброса щепы с первого оборота рубильного диска p_1 . Данный показатель определяется следующим образом

$$p_1 = \frac{1}{N_3} \sum_{i=1}^{N_3} \begin{cases} 1, & (x_i^\tau > x_C)_{\exists\tau}; \\ 0, & (x_i^\tau \leq x_C)_{\forall\tau}, \end{cases} \quad (2)$$

где N_3 — количество элементов щепы;

$\sum_{i=1}^{N_3}$ — сумма элементов щепы в i -й точке поверхности рубильного диска;

x_i^τ — координата x_i поверхности рубильного диска на τ шаге интегрирования;

x_C — координата оси рубильного диска;

квантор $\exists\tau$ («each») означает, что элемент i считается выброшенным с первого оборота, если на каждом шаге интегрирования τ координата x_i элемента превышает координату x_C оси рубильного диска;

квантор $\forall\tau$ («any») означает, что достаточно на любом шаге интегрирования координате элемента x_i оказаться меньше или равной координате оси рубильного диска x_C .

Третьим показателем эффективности, определяющим энергетические потери, является механическая мощность N_b , потребляемая на выброс щепы после этапа измельчения порубочных остатков ножами. Данный показатель рассчитывается по формуле

$$N_b = \sum_{i=1}^{N_3} \sum_{j=1}^{N_{\Pi}} \left[F_{xi-\Pi j} (v_{xi} - v_{x\Pi j}) + F_{yi-\Pi j} (v_{yi} - v_{y\Pi j}) + F_{zi-\Pi j} (v_{zi} - v_{z\Pi j}) \right], \quad (3)$$

где N_3 — количество элементов щепы;

N_{Π} — количество элементарных треугольных поверхностей;

$F_{xi-\Pi j}, F_{yi-\Pi j}, F_{zi-\Pi j}$ — декартовы компоненты силы взаимодействия элемента i и элементарной поверхности j ;

$v_{x\Pi j}, v_{y\Pi j}, v_{z\Pi j}$ — декартовы компоненты скорости центра элементарной треугольной поверхности.

Для разностороннего исследования разработанной модели механизма составлена компьютерная программа «Программа для моделирования механизма выброса щепы из дисковой рубильной машины» на языке Object Pascal в среде разработки Delphi 7. Программа предназначена для проведения компьютерных экспериментов по движению в кожухе и щепопроводе щепы из порубочных остатков и изучения влияния конструктивных параметров механизма на его

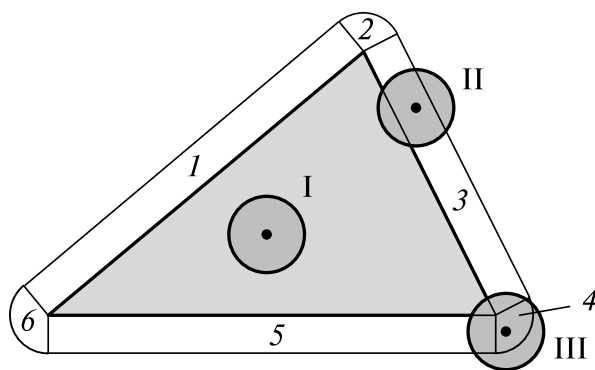


Рис. 3. Возможные варианты взаимодействия элемента щепы с элементарной треугольной поверхностью: 1, 3, 5 — реберные области элементарной треугольной поверхности; 2, 4, 6 — вершинные области элементарной треугольной поверхности

Fig. 3. Possible variants of interaction of a chip element with an elementary triangular surface: 1, 3, 5 — edge regions of an elementary triangular surface; 2, 4, 6 — vertex regions of an elementary triangular surface

эффективность. В программном коде могут быть заданы или изменены основные геометрические параметры потока щепы, рубильного диска, кожуха, щепопровода [12, 13].

В процессе имитационного моделирования программа выводит на экран три проекции механизма выброса щепы, текущие значения параметров процесса. Программа применима в широких диапазонах геометрических параметров щепопровода и параметров потока щепы и рассчитана на использование компьютера с процессором класса не ниже Pentium 2,3 ГГц, объемом оперативной памяти не менее 2048 Мбайт. Программный код имеет объем 34 кбайт.

Теоретическое исследование основано на многократном проведении компьютерных экспериментов с разработанной моделью. С точки зрения теории планирования эксперимента исследование проведено по «звездообразной» схеме. Центр «звезды» представляет базовый компьютерный эксперимент с типичным набором параметров, заранее представляющимся наиболее логичным. Затем проводились шесть серий экспериментов, в каждой из которых изменяли только один параметр при неизменных значениях остальных параметров. Таким образом, формировались «лучи звезды» в многомерном пространстве параметров механизма выброса щепы [14, 15].

Благодаря высокой универсальности разработанная модель позволяет исследовать влияние большого количества конструктивных и технологических параметров на показатели эффективности механизма [16, 17]. Входные параметры и выходные показатели математической модели представлены графически на рис. 4. Входные параметры разделены на три группы.

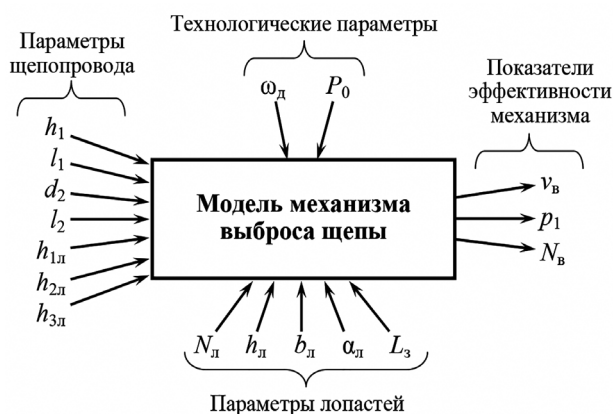


Рис. 4. Основные доступные к изменению конструктивные и технологические параметры модели механизма выброса щепы и показатели его эффективности
Fig. 4. The main design and technological parameters of the chip ejection mechanism and indicators of its effectiveness

К первой группе относятся технологические параметры механизма: ω_d — скорость вращения рубительного диска; P_0 — интенсивность (поток) поступления сырья из зоны резания в зону выброса щепы.

Ко второй группе относятся параметры щепопровода: h_1 — ширина трапецидальной зоны щепопровода; l_1 — высота трапецидальной зоны щепопровода; d_2 — диаметр круглой зоны щепопровода, определяющий эффективную проводимость щепопровода (при изменении диаметра d_2 изменялись геометрические параметры входной и выходной частей щепопровода, исходя из условия стыковки частей щепопровода); l_2 — высота круглой зоны щепопровода; $h_{1л}$ — ширина логарифмической направляющей в начальной части; $h_{2л}$ — ширина логарифмической направляющей в средней части; $h_{3л}$ — ширина логарифмической направляющей на выходе.

К третьей группе относятся параметры лопастей: N_l — количество лопастей; h_l — размеры выступа лопасти над торцом рубительного диска; b_l — ширина направляющей плоскости; α_l — угол направляющей плоскости; L_3 — расстояние между боковой поверхностью цилиндрической части кожуха и выступающими лопастями рубительного диска (зазор).

В качестве показателей эффективности механизма выбраны: v_b — скорость выброса щеп на выходе щепопровода; p_1 — вероятность выброса щепы с первого оборота рубительного диска (определенная доля объема щепы, неблагоприятно ударяясь о стенки, не выбрасывается с первого оборота рубительного диска, оседает под действием силы тяжести, и увлекается позже лопастями со дна кожуха); N_b — потери механической мощности на выброс щепы после измельчения порубочных остатков ножами.

В ходе дальнейшего теоретического исследования необходимо найти такие диапазоны изменения входных параметров модели, в которых одновременно будут максимальными скорость выброса щепы v_b и вероятность выброса щепы с первого оборота рубительного диска p_1 и будет минимальной составляющая мощности N_b , расходуемая на выброс щепы.

Результаты и обсуждение

Математическое моделирование позволило рассмотреть влияние отдельных конструктивных и технологических параметров на показатели эффективности механизма выброса щепы [18–20]. Так скорость вращения рубительного диска определяет скорость резания, влияет на динамику движения древесной массы, ограничивает производительность машины, влияет на потребляемую машиной мощность [21–23]. С целью изучения влияния скорости вращения рубительного диска ω_d на эффективность выброса щепы проведена серия компьютерных экспериментов, в которой значение ω_d изменяли от 5 до 30 c^{-1} с шагом 5 c^{-1} . Каждый компьютерный эксперимент проводили с пятикратной повторностью (как и в последующих сериях компьютерных экспериментов), после чего усредняли полученные результаты для каждой экспериментальной точки [24–26]. При изменении ω_d остальные параметры механизма имели базовые значения, в частности:

количество лопастей	
рубительного диска N_l	4;
зазор между лопастями	
и кожухом L_3 , мм	10;
диаметр круглой части	
щепопровода d_2 , мм	250;
высота круглой части	
щепопровода l_2 , мм	300;
размер выходного отверстия	
щепопровода $h_{3л}$, мм	400.

При низкой скорости вращения рубительного диска (5...10 c^{-1}) выброс щепы происходит неэффективно. Щепы обладают малой кинетической энергией, которая не только преобразуется в потенциальную энергию за счет выброса щепы вверх на высоту выходного отверстия щепопровода, но преимущественно рассеивается при соударениях с направляющими поверхностями щепопровода (рис. 5, а, б). Поэтому скорость выброса мала и составляет 0,1...0,7 м/с (выброс едва происходит), вероятность выброса с первого оборота рубительного диска мала и составляет 0,1...0,4 м/с. При этом потребляемая на выброс щепы мощность довольно велика — 400...750 Вт вследствие того, что рубительный диск вовлекает в неэффективное движение большой объем щепы.

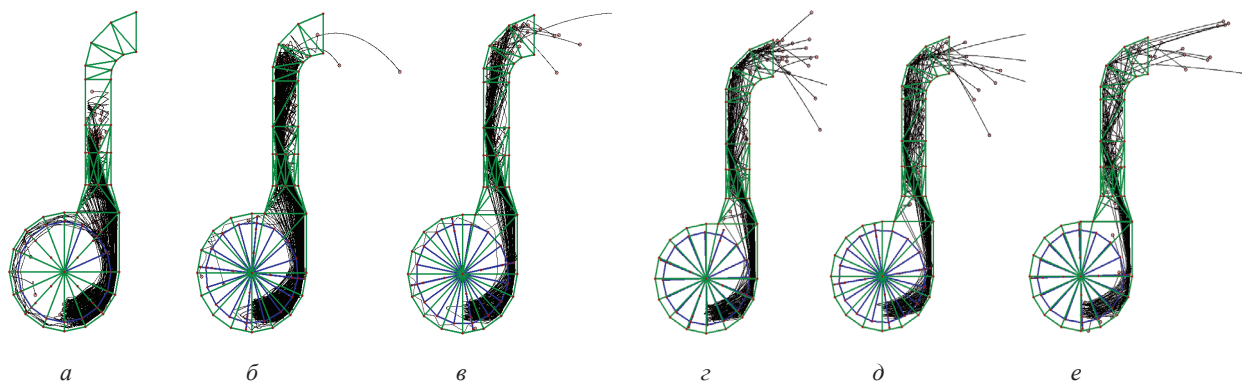


Рис. 5. Траектории движения щепы при различной скорости вращения рубительного диска ω_d :
 а — 3 c^{-1} ; б — 5 c^{-1} ; в — 10 c^{-1} ; г — 20 c^{-1} ; д — 25 c^{-1} ; е — 30 c^{-1}

Fig. 5. Trajectories of chips movement at different rotation speeds of the chipping disk ω_d : а — 3 c^{-1} ;
 б — 5 c^{-1} ; в — 10 c^{-1} ; г — 20 c^{-1} ; д — 25 c^{-1} ; е — 30 c^{-1}

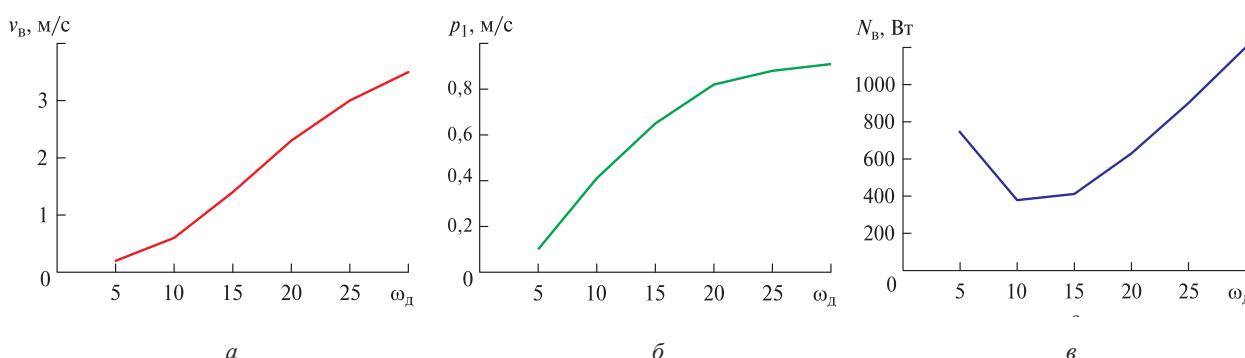


Рис. 6. Влияние скорости вращения рубительного диска ω_d на скорость выброса щепы v_b (а) на выходе щепопровода, вероятность выброса щепы с первого оборота p_1 (б) и потери мощности на выброс щепы N_b (в)

Fig. 6. Influence of the chipping disk rotation speed ω_d on the chip ejection speed v_b (а) at the chip pipe outlet, the probability of chip ejection from the first turn p_1 (б) and power loss for chip ejection N_b (в)

При высокой скорости вращения рубительного диска ($25 \dots 30 \text{ c}^{-1}$) выброс щепы осуществляется с большой скоростью (см. рис. 5, д, е, рис. 6, а) и большой вероятностью выброса с первого оборота рубительного диска (рис. 6, б). Однако с увеличением скорости вращения рубительного диска потребляемая мощность растет приблизительно квадратично: как для процесса измельчения порубочных остатков (установлено ранее), так и для процесса увлечения и метания щепы (рис. 6, в).

Увеличение скорости вращения рубительного диска более 20 c^{-1} нецелесообразно, так как приводит к незначительному росту скорости выброса щепы и вероятности выброса с первого оборота рубительного диска, но приводит к существенному росту потребляемой мощности. Таким образом, оптимальная скорость вращения рубительного диска составляет около 20 c^{-1} . При этом механизм обеспечивает выброс щепы со скоростью $2,3 \text{ м/с}$, вероятность увлечения щепы на первом обороте рубительного диска составляет $0,82$, потребляемая мощность — 630 Вт .

Количество лопастей на рубительном диске влияет на объем щепы, увлекаемой одной лопастью, и метаемой в щепопровод. В целях изучения влияния количества лопастей N_d провели серию компьютерных экспериментов, в которых значения N_d изменяли от 2 до 6 с шагом 1.

Исследования показали, что с увеличением количества лопастей снижается скорость выброса щепы. По-видимому, это связано с уменьшением выбрасываемого объема щепы, и вследствие уменьшенной массы и большей хаотичности движения малого объема рассеивается большее количество энергии при соударениях с внутренней поверхностью щепопровода. С увеличением количества лопастей незначительно увеличивается вероятность выброса щепы за первый оборот рубительного диска. Вероятная причина заключается в том, что если не произойдет перемещение объема щепы лопастью, расположенной непосредственно в месте образования щепы, то эвакуацию осуществляют последующие лопасти, а с увеличением количества лопастей на рубительном диске увеличится и вероятность придания скорости щепе за первый оборот.

Установлено, что с увеличением количества лопастей возрастает потребляемая мощность, поскольку оказывается энергетически невыгодно уменьшать размер объема щепы и увеличивать частоту метания порций. Анализируя результаты теоретических экспериментов, можно прийти к выводу, что оптимальное количество лопастей составляет 3...4 шт. При этом скорость выброса равна 2,3...2,4 м/с, а вероятность выброса щепы из щепопровода на первом обороте рубительного диска порядка 0,79...0,82, при потребляемой мощности на выброс щепы 595...530 Вт.

Выводы

1. Разработанная физико-математическая модель движения и выброса щепы в механизме выброса щепы из дисковой рубительной машины для измельчения порубочных остатков позволяет учесть влияние конструктивных параметров механизма на показатели эффективности выброса щепы.

2. Разработана компьютерная программа, реализующая модель механизма выброса щепы, которую можно применить для теоретического исследования эффективности различных вариантов механизма выброса щепы с различными конструктивными параметрами и дальнейшего определения оптимальных параметров устройства для эвакуации щепы из рубительной машины.

3. Исследования показали, что наилучшая скорость вращения рубительного диска равна 20 с^{-1} . При этом механизм обеспечивает выброс щепы из щепопровода с горизонтальной скоростью 2,3 м/с с вероятностью увлечения щепы на первом обороте рубительного диска 0,82 и потребляемой мощностью на выброс щепы порядка 630 Вт.

4. Наилучшее количество лопастей рубительного диска равно 3...4 шт. При этом скорость выброса щепы из щепопровода равна 2,3...2,4 м/с, а вероятность выброса щепы из щепопровода на первом обороте рубительного диска находится в интервале 0,79...0,82. Потребляемая мощность на выброс щепы равна 595...530 Вт.

Список литературы

- [1] Bolintineanu D.S., Grest G.S., Lechman J.B., Pierce F., Plimpton S.J., Schunk P.R. Particle Dynamics Modeling for Colloid Suspensions // *Comp. Part. Mech.*, 2014, v. 1, pp. 321–356.
- [2] Kovalev O.O. On Simulation of Hydraulic Fracturing Using Particle Dynamics Method // *The International Summer School «Advanced Problems in Mechanics»*, Saint-Petersburg, 01–06 June 2013. St. Petersburg: Institute for Problems in Mechanical Engineering, 2013, pp. 285–291.
- [3] Фокин С.В., Фомина О.А. Об использовании математических методов моделирования рубительных машин // *Материалы 17-й Международной молодежной научно-практической конференции «Фундаментальные исследования, методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике»*, Новочеркасск, 06–07 сентября 2018 г. Новочеркасск: Лик, 2018. С. 158–159.
- [4] Гончаров П.Э., Бартенев И.М., Драпалюк М.В. Машины и механизмы лесного и лесопаркового хозяйства. Воронеж: Изд-во ВГЛТУ, 2016. 196 с.
- [5] Дручинин Д.Ю., Бухтояров Л.Д. Математические методы в инженерии. Воронеж: Изд-во ВГЛТУ, 2019. 103 с.
- [6] Español P. Hydrodynamics from Dissipative Particle Dynamics // *Phys. Rev. E.*, 1995, v. 52, pp. 1734–1742.
- [7] Jakob C., Konietzky H. Particle Methods. An Overview. Freiberg: TU Bergakademie Freiberg, 2012, 24 p.
- [8] Гончаров П.Э., Драпалюк М.В., Юдин Р.В. Теория механизмов и машин: Лабораторный практикум. Воронеж: Изд-во ВГЛТУ, 2015. 108 с.
- [9] Сергеев В.В., Коростелев С.Ю., Псахье С.Г. Алгоритмы локализации точки в трехмерном пространстве для генерации объекта при моделировании методом частиц // *Изв. Томского политехн. университета*, 2008. Т. 312. № 5. С. 44–47.
- [10] Бабуркин П.О., Комаров П.В., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Моделирование процесса гелеобразования в цистеин-серебряном растворе методом диссипативной динамики частиц // *Коллоидный журнал*, 2015. Т. 77. № 5. С. 572–581.
- [11] Фокин С.В., Фетяев А.Н. О формировании системы уравнений для исследования характеристик механизма загрузки сырья дисковой рубительной машины // *Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф.* Саратов: Саратовский ГАУ, 2013. С. 287–290.
- [12] Лебедев-Степанов П.В., Кадушников Р.М., Молчанов С.П., Иванов А.А., Митрохин В.П., Власов К.О., Рубин Н.А., Юрасик Г.А., Назаров В.Г., Алфимов М.В. Самосборка наночастиц в микрообъеме коллоидного раствора: физика, моделирование, эксперимент // *Российские нанотехнологии*, 2013. Т. 8. № 3–4. С. 5–23.
- [13] Морковина С.С., Драпалюк М.В., Баранова Е.В. Инновационные технологии в лесокультурном деле: реальность и перспективы // *Лесотехнический журнал*, 2015. Т. 5. № 3 (19). С. 327–338.
- [14] Фокин С.В., Березников С.В. О проведении автоматизированного анализа энергетических характеристик процесса резания древесины дисковой рубительной машиной // *Фундаментальные исследования*, 2013. № 10. С. 2182–2187.
- [15] Дручинин Д.Ю., Поздняков Е.В. Особенности работы лесохозяйственной техники на вырубках // *Хвойные бореальной зоны*, 2019. Т. 37. № 6. С. 448–454.
- [16] Суравкин А.Ю. Реализация метода SPH на CUDA для моделирования несжимаемых жидкостей // *Наука и образование*, 2012. № 7. С. 87–106.
- [17] Слюнев В.С., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., Соколов А.П. Лесосечные машины в фокусе биоэнергетики: конструкции, проектирование, расчет. Йоэнсуу: METLA (НИИЛеса Финляндии), 2011. 143 с.
- [18] Платонова М.А., Драпалюк М.В., Платонов А.А. Динамическая модель взаимодействия роторного рабочего органа с древесно-кустарниковой растительностью // *Лесотехнический журнал*, 2015. Т. 5. № 4 (20). С. 201–208.
- [19] Герасимов А.В., Черепанов Р.О. Разработка алгоритма расчета условий на свободной и контактной границах при моделировании деформирования материалов методом SPH // *Известия вузов. Физика*, 2009. № 7/2. С. 64–69.

- [20] Потапов А.П., Петров И.Б. Моделирование волновых процессов при высокоскоростных соударениях методом сглаженных частиц (SPH) // Вестник Рос. государственного университета им. И. Канта, 2009. № 10. С. 49–55.
- [21] Кукаева С.А., Турлапов В.Е. Тестирование вычислительных возможностей метода SPH для моделирования физических эффектов в компьютерной графике // Тр. 19 Междунар. конф. по компьютерной графике и ее приложениям (GraphiCon' 2009), Москва, 5–9 октября 2009 г. М.: Изд-во МГУ, 2009. С. 325–326.
- [22] Алиев А.В. Применения метода сглаженных частиц для решения задач физической газовой динамики // Вычислительные методы и программирование, 2008. Т. 9. № 1. С. 40–47.
- [23] Зубов А.Д., Лебедев А.М. Метод сглаженных частиц SPH для расчетов газодинамических задач со сферической и цилиндрической симметриями // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов, 2009. № 1. С. 19–28.
- [24] Давыдов М.Н., Кедринский В.К. Метод сглаженных частиц в задачах моделирования кавитационного разрушения жидкости при ударно-волновом нагружении // Прикладная механика и теоретическая физика, 2013. Т. 54. № 6. С. 17–26.
- [25] Лукьянов А.А., Пеньков В.Б. Моделирование деформирования твердого тела с использованием бессеточных методов // Вестник Самарского университета. Естественнонаучная серия, 2007. № 6 (56). С. 62–70.
- [26] Кравцевич Л.И., Прибыток П.В., Савицкий В.В. Программные средства для моделирования процессов в жидкостях методом молекулярной динамики // Сб. работ 64-й науч. конф. студентов и аспирантов Белорусского государственного университета, г. Минск, 15–18 мая 2007 г., в 3 ч. / под ред. А.Г. Захарова. Минск: Изд-во БГУ, 2007. Ч. 1. С. 45–48.

Сведения об авторах

Фокин Сергей Владимирович — д-р техн. наук, профессор кафедры лесного хозяйства и ландшафтного строительства Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, feht@mail.ru

Фомина Ольга Александровна — ст. преподаватель кафедры лесного хозяйства, деревообработки и прикладной механики Государственного аграрного университета Северного Зауралья, os-stolbova@mail.ru

Поступила в редакцию 26.10.2020.

Принята к публикации 01.02.2021.

ENERGY WOOD PRODUCTION BY DISK CUTTING MACHINES WITH DIFFERENT METHODS OF CHIP EMISSION

S.V. Fokin¹, O.A. Fomina²

¹Saratov State Agrarian University named after N.I. Babilov, 1, Theatre Square, 410012, Saratov, Russia

²State Agrarian University of Northern Zauria, 7, Republic st., 625003, Tyumen, Russia

feht@mail.ru

The article describes the methodology of physical and mathematical modeling of the mechanism for ejection of chips of a disk chipper. This technique allows you to calculate and optimize the design and technological parameters of the chip ejection mechanism. To accomplish this task, the flow of chip elements was divided into separate spherical elements, and the working surfaces of the chip ejection mechanism are represented by a set of fragments of planes conjugated to each other. When creating a mathematical model for calculating and optimizing the design and technological parameters of the chip ejection mechanism, the following indicators of the efficiency of the chip ejection mechanism were analyzed: the rate of chip ejection at the exit of the chipping line, the probability of chip ejection from the first revolution of the chipping disk, the mechanical power consumed for the ejection of chips after the stage of crushing the cut residues knives. The mathematical model is implemented in a computer program in the Object Pascal language in the Delphi 7 development environment. The program allows carrying out computer experiments to analyze the movement in the casing and chipping of chips obtained from felling residues and to study the effect of the design and technological parameters of the ejection mechanism on the efficiency of the disk chipper. The computer studies carried out made it possible to determine the best numerical ranges of the chipping disk rotation frequency and the number of blades located on the chipping disk. The likelihood of chip entrainment at the first revolution of the chipping disk and the power consumption for the ejection of chips from the disk chipper were also determined.

Keywords: fuel chips, calorific value, chippers, chip ejection mechanism

Suggested citation: Fokin S.V., Fomina O.A. *K obosnovaniyu konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov mekhanizma vybrosa shchepy iz diskovoy rubitel'noy mashiny* [Energy wood production by disk cutting machines with different methods of chip emission]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 99–107. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-99-107

References

- [1] Bolintineanu D.S., Grest G.S., Lechman J.B., Pierce F., Plimpton S.J., Schunk P.R. Particle Dynamics Modeling for Colloid Suspensions // *Comp. Part. Mech.*, 2014, v. 1, pp. 321–356.
- [2] Kovalev O.O. On Simulation of Hydraulic Fracturing Using Particle Dynamics Method // *The International Summer School «Advanced Problems in Mechanics»*, Saint-Petersburg, 01–06 June 2013. St. Petersburg: Institute for Problems in Mechanical Engineering, 2013, pp. 285–291.
- [3] Fokin S.V., Fomina O.A. *Ob ispol'zovanii matematicheskikh metodov modelirovaniya rubitel'nykh mashin* [On the use of mathematical methods for modeling chippers]. *Materialy 17-y Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Fundamental'nye issledovaniya, metody i algoritmy prikladnoy matematiki v tekhnike, meditsine i ekonomike»* [Materials of the 17th International Youth Scientific and Practical Conference «Fundamental Research, Methods and Algorithms of Applied Mathematics in Engineering, Medicine and Economics»], Novocherkassk, September 06–07, 2018. Novocherkassk: Lik, 2018, pp. 158–159.
- [4] Goncharov P.E., Bartenev I.M., Drapalyuk M.V. *Mashiny i mekhanizmy lesnogo i lesoparkovogo khozyaystva* [Machines and mechanisms of forestry and forest park economy]. Voronezh: VGLTU, 2016, 196 p.
- [5] Druchinin D.Yu., Bukhtoyarov L.D. *Matematicheskie metody v inzhenerii* [Mathematical Methods in Engineering]. Voronezh: VGLTU, 2019, 103 p.
- [6] Español P. Hydrodynamics from Dissipative Particle Dynamics // *Phys. Rev. E.*, 1995, v. 52, pp. 1734–1742.
- [7] Jakob C., Konietzky H. Particle Methods. An Overview. Freiberg: TU Bergakademie Freiberg, 2012, 24 p.
- [8] Goncharov P.E., Drapalyuk M.V., Yudin R.V. *Teoriya mekhanizmov i mashin: Laboratornyy praktikum* [Theory of Mechanisms and Machines: Laboratory Workshop]. Voronezh: VGLTA, 2015, 108 p.
- [9] Sergeev V.V., Korostelev S.Yu., Psakh'e S.G. *Algoritmy lokalizatsii tochki v trekhmernom prostranstve dlya generatsii ob'ekta pri modelirovanii metodom chastits/ V.V.Sergeev* [Algorithms for localizing a point in three-dimensional space for generating an object when modeling by the particle method]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 2008, v. 312, no. 5, pp. 44–47.
- [10] Baburkin P.O., Komarov P.V., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M. *Modelirovanie protsessa geleobrazovaniya v tsistein-serebryanom rastvore metodom dissipativnoy dinamiki chastits* [Modeling the gelation process in a cysteine-silver solution by the method of dissipative dynamics of particles]. *Kolloidnyy zhurnal* [Colloid Journal], 2015, v. 77, no. 5, pp. 572–581.
- [11] Fokin S.V., Fetyaev A.N. *O formirovanii sistemy uravneniy dlya issledovaniya kharakteristik mekhanizma zagruzki syr'ya diskovoy rubitel'noy mashiny* [On the formation of a system of equations for the study of the characteristics of the mechanism of loading raw materials of a disk chipper]. *Problemy i perspektivy innovatsionnogo razvitiya mirovogo sel'skogo khozyaystva: sbornik materialov IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Problems and prospects of innovative development of world agriculture: collection of materials of the IV International scientific-practical conference]. Saratov: Saratov GAU, 2013, pp. 287–290.
- [12] Lebedev-Stepanov P.V., Kadushnikov R.M., Molchanov S.P., Ivanov A.A., Mitrokhin V.P., Vlasov K.O., Rubin N.A., Yurasik G.A., Nazarov V.G., Alfimov M.V. *Samosborka nanochastits v mikroob'eme kolloidnogo rastvora: fizika, modelirovanie, eksperiment* [Self-assembly of nanoparticles in the microvolume of a colloidal solution: physics, modeling, experiment]. *Rossiyskie nanotekhnologii* [Russian Nanotechnologies], 2013, v. 8, no. 3–4, pp. 5–23.
- [13] Morkovina S.S., Drapalyuk M.V., Baranova E.V. *Innovatsionnye tekhnologii v lesokul'turnom dele: real'nost' i perspektivy* [Innovative technologies in forestry: reality and prospects]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry journal], 2015, t. 5, no. 3 (19), pp. 327–338.
- [14] Fokin S.V., Bereznykov S.V. *O provedenii avtomatizirovannogo analiza energeticheskikh kharakteristik protsessa rezaniya drevesiny diskovoy rubitel'noy mashinoy* [On the automated analysis of the energy characteristics of the process of cutting wood with a disk chipper]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2013, no. 10, pp. 2182–2187.
- [15] Druchinin D.Yu., Pozdnyakov E.V. *Osobennosti raboty lesokhozyaystvennoy tekhniki na vyrubkakh* [Features of the work of forestry equipment in felling areas]. *Khvoynnye boreal'noy zony* [Coniferous boreal zones], 2019, v. 37, no. 6, pp. 448–454.
- [16] Suravkin A.Yu. *Realizatsiya metoda SPH na CUDA dlya modelirovaniya neszhimaemykh zhidkostey* [Implementation of the SPH method on CUDA for modeling incompressible fluids]. *Nauka i obrazovanie* [Science and Education], 2012, no. 7, pp. 87–106.
- [17] Syuney V.S., Seliverstov A.A., Gerasimov Yu.Yu., Sokolov A.P. *Lesosechnye mashiny v fokuse bioenergetiki: konstruksii, proektirovanie, raschet* [Cutting machines in the focus of bioenergy: structures, design, calculation]. Joensuu: METLA, 2011, 143 p.
- [18] Platonova M.A., Drapalyuk M.V., Platonov A.A. *Dinamicheskaya model' vzaimodeystviya rotornogo rabocheho organa s drevesno-kustarnikovoy rastitel'nost'yu* [A dynamic model of the interaction of a rotary working body with trees and shrubs]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry journal], 2015, v. 5, no. 4 (20), pp. 201–208.
- [19] Gerasimov A.V., Cherepanov R.O. *Razrabotka algoritma rascheta usloviy na svobodnoy i kontaktnoy granitsakh pri modelirovanii deformirovaniya materialov metodom SPH* [Development of an algorithm for calculating the conditions on the free and contact boundaries when modeling the deformation of materials by the SPH method]. *Izvestiya vuzov. Fizika* [Izvestiya Vuzov. Physics], 2009, no. 7/2, pp. 64–69.
- [20] Potapov A.P., Petrov I.B. *Modelirovanie volnovykh protsessov pri vysokoskorostnykh soudarenyakh metodom sglazhennykh chastits (SPH)* [Modeling of wave processes in high-speed collisions by the smoothed particle method (SPH)]. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo universiteta im. I. Kanta* [Bulletin of the Russian State University I. Kant], 2009, no. 10, pp. 49–55.
- [21] Kukaeva S.A., Turlapov V.E. *Testirovanie vychislitel'nykh vozmozhnostey metoda SPH dlya modelirovaniya fizicheskikh effektov v komp'yuternoy grafike* [Testing the computational capabilities of the SPH method for simulating physical effects in computer graphics]. *Trudy 19 Mezhdunarodnoy konferentsii po komp'yuternoy grafike i ee prilozheniyam (GraphiCon' 2009)* [Proceedings of the 19th International Conference on Computer Graphics and Its Applications (GraphiCon' 2009)], Moscow, October 5–9, 2009. Moscow: Moscow State University, 2009, pp. 325–326.

- [22] Aliev A.V. *Primeneniya metoda sglazhennykh chastits dlya resheniya zadach fizicheskoy gazovoy dinamiki* [Application of the smoothed particle method for solving problems of physical gas dynamics]. *Vychislitel'nye metody i programmirovaniye* [Computational methods and programming], 2008, v. 9, no. 1, pp. 40–47.
- [23] Zubov A.D., Lebedev A.M. *Metod sglazhennykh chastits SPH dlya raschetov gazodinamicheskikh zadach so sfericheskoy i tsilindricheskoy simmetriyami* [The method of smoothed particles SPH for calculating gas-dynamic problems with spherical and cylindrical symmetries]. *Voprosy atomnoy nauki i tekhniki. Seriya: Matematicheskoe modelirovaniye fizicheskikh protsessov* [Problems of Atomic Science and Technology. Series: Mathematical modeling of physical processes], 2009, no. 1, pp. 19–28.
- [24] Davydov M.N., Kedrinskiy V.K. *Metod sglazhennykh chastits v zadachakh modelirovaniya kavitatsionnogo razrusheniya zhidkosti pri udarno-volnovom nagruzhении* [The method of smoothed particles in the problems of modeling the cavitation destruction of a liquid under shock-wave loading]. *Prikladnaya mekhanika i teoreticheskaya fizika* [Applied Mechanics and Theoretical Physics], 2013, v. 54, no. 6, pp. 17–26.
- [25] Luk'yanov A.A., Pen'kov V.B. *Modelirovaniye deformirovaniya tverdogo tela s ispol'zovaniem bessetochnykh metodov* [Modeling the deformation of a solid using meshless methods]. *Vestnik Samarskogo universiteta. Estestvennonauchnaya seriya* [Bulletin of Samara University. Natural Science Series], 2007, no. 6 (56), pp. 62–70.
- [26] Kravtsevich L.I., Pribytok P.V., Savitskiy V.V. *Programmnye sredstva dlya modelirovaniya protsessov v zhidkostyakh metodom molekulyarnoy dinamiki* [Software for modeling processes in liquids by the molecular dynamics method]. *Sbornik rabot 64-y nauchnoy konfrentsii studentov i aspirantov Belgosuniversiteta* [Collection of papers of the 64th scientific conference of undergraduate and graduate students of the Belarusian State University], Minsk, May 15–18, 2007, at 3 p. Ed. A.G. Zakharova. Minsk: BSU, 2007, part 1, pp. 45–48.

Authors' information

Fokin Sergey Vladimirovich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Department of Forestry and Landscape Construction of the Saratov State Agrarian University, feht@mail.ru

Fomina Olga Aleksandrovna — Senior Lecturer of the Department of Forestry, Woodworking and Applied Mechanics of the State Agrarian University of Northern Zauria, os-stolbova@mail.ru

Received 26.10.2020.

Accepted for publication 01.02.2021.

ВЕРИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАМИ МОДЕЛЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИРОДНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

А.П. Мохирев¹, К.П. Рукомойников², П.М. Мазуркин², Н.А. Брагина¹

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Лесосибирский филиал, 664325, Красноярский край, г. Лесосибирск, ул. Победы, д. 29

²ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», 424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3

ale-mokhirev@yandex.ru

Рассмотрена скорость движения лесовозов при вывозке древесины с верхнего склада, как один из ключевых производственных параметров лесотранспортного процесса, который зависит от условий движения на дорогах, существенно усложняющихся при неблагоприятных метеорологических явлениях. Выполнено 162 наблюдения на отдельных участках дороги по измерениям скорости лесовозов в различных природно-производственных условиях в целях выявления зависимости скорости автолесовоза от 31 переменного фактора. Разработаны математические модели для расчета скорости лесовозного автомобиля с учетом природно-производственных факторов. Проведен дополнительный эксперимент для сравнения рассчитанных по моделям скоростных режимов лесовозов с фактическими, в ходе которого использованы данные о скорости движения лесовоза при вывозке древесины с верхнего склада на лесосеке на склад сырья деревоперерабатывающего предприятия на территории Енисейского лесничества Красноярского края. Полученные результаты проверки многофакторных моделей можно считать достоверными.

Ключевые слова: скорость лесовоза, расчетное и фактическое время, многофакторные модели, верификация

Ссылка для цитирования: Мохирев А.П., Рукомойников К.П., Мазуркин П.М., Брагина Н.А. Верификация экспериментами моделей скорости движения лесовозов в зависимости от природно-производственных факторов // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 108–115. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-108-115

На скорость движения лесовоза, от которой зависит максимально возможный объем заготовленной и вывезенной древесины, влияет большое множество факторов [1–4].

Классификация факторов — крайне сложная задача, особенно с учетом их сложных зависимостей и взаимообусловленностей. Одним из выводов многих исследователей является признание необходимости осуществления заготовки и вывозки древесины в зимний период при неблагоприятных почвенно-грунтовых условиях [5–8].

Транспортно-технологические процессы в лесозаготовительном производстве зависят от большого количества природно-производственных, технико-экономических и иных факторов [9–11]. Неблагоприятные условия приводят к снижению производительности технологических машин, увеличению себестоимости производства [12–14].

Производительность лесовозного автомобиля, или его скорость движения, является одним из основных показателей, характеризующих эффективность технологического процесса при освоении лесных ресурсов. На скорость передвижения лесовоза влияют условия движения на дорогах, существенно усложняющиеся при неблагоприятных метеоявлениях [7, 8, 15].

Чем выше категория дороги, интенсивность и скорость движения, тем меньшее влияние оказывают природно-климатические факторы на режим движения.

В работах [8, 15] рассмотрены характеристики автомобильных дорог, по которым выполняется вывозка лесоматериалов. Авторами выявлены закономерности, как правило, в виде линейных уравнений, изменения скоростных режимов движущихся транспортных средств на основании практических наблюдений за отдельными участками дороги.

Цель работы

Цель работы — проверка ранее выявленных многофакторных регрессионных моделей с помощью дополнительных экспериментов на основе верификации.

Материалы и методы исследования

Разработаны математические зависимости [16] в виде нелинейных трендов и волновых уравнений [17, 18] для расчета скорости лесовозного транспорта с учетом 31 природно-производственного фактора. Для идентификации закономерностей [19–21] изменения скорости автолесовоза в зависимости от рассматриваемого 31 фактора выполнено 162 наблюдения с проведением измерений скорости лесовоза в различных природно-производственных условиях, зарегистрированных измерениями на коротких опытных участках автомобильной дороги.

Т а б л и ц а 1

Рейтинг влияния факторов на скорость движения лесовоза по коэффициенту корреляции

Influence of factors on the speed of a timber truck by the correlation coefficient

Влияющая переменная (фактор)	Составляющая общей модели (см. формулу (1))	Коэффициент корреляции
x_{19} (тип покрытия дороги)	$y_1 = 17,84651 \exp(0,03519x_{19}) + 18,52405x_{19}^{0,81854} \exp(0,0010323x_{19}^{1,00037})$	0,6925
x_{23} (уклон %, °)	$y_2 = -0,0026217 \exp(4,65285(x_{23} + 150)^{0,14875}) + 5,03192 \cdot 10^{-6} (x_{23} + 150)^{4,60963} \exp(-0,84974(x_{23} + 150)^{0,42114})$	0,2973
x_6 (высота, м)	$y_3 = 425,148 - 414,541x_6^{0,004983} + 0,0018245x_6^{1,86189} \exp(-0,0091816x_6) \cos\left(\frac{\pi x_6}{0,87332 + 0,31472x_6^{0,79891}} + 12,00933\right)$	0,2886
x_9 (время в пути, ч)	$y_4 = 9365,854 - 9363,346x_9^{1,87646 \cdot 10^{-4}} + 6,50714 \cdot 10^{-42} x_9^{35,01506} \exp(-0,17256x_9^{1,42353}) \cos\left(\frac{\pi x_9}{29,34908 - 2,21377x_9^{0,53208}} + 2,51825\right)$	0,2816
x_4 (географическая широта)	$y_5 = -1,12476 + 1,81555x_4 - 8,26773x_4^{2,11391} \cos\left(\frac{\pi x_4}{0,1408 - 1,63776}\right)$	0,253
x_{30} (горизонтальная видимость, км)	$y_6 = -621,546 \exp(-7,8128 \cdot 10^{-4} x_{30}^{3,0025}) + 129,5215x_{30}^{1,71052} \exp(-0,11632x_{30}^{1,44165})$	0,242
x_{20} (ширина дорожного покрытия, м)	$y_7 = 0,017762 \exp(2,24213x_{20}^{0,433187}) - 1,57835 \cdot 10^{-50} x_{20}^{131,7503} \exp(-19,98251x_{20}^{1,00048})$	0,2409
x_{27} (атмосферное давление, мм. рт. ст.)	$y_8 = -4246,585 \exp(0,002061x_{27}^{0,99973}) + 0,83564x_{27}^{1,51851} \exp(3,5639 \cdot 10^{-5} x_{27}^{0,98288})$	0,2191
x_{14} (мощность двигателя, л. с.)	$y_9 = -8,29244 \cdot 10^{-9} \exp(0,13534x_{14}^{0,85883}) + 2,05345 \cdot 10^{-57} x_{14}^{22,54183}$	0,2149
x_{25} (вид снежно-ледового покрытия)	$y_{10} = -0,066705 + 0,89752x_{25} + 3,00593x_{25}^2 \exp(-0,67266x_{25}) \cos(\pi x_{25})$	0,2074
x_{26} (температура воздуха, °C)	$y_{11} = 0,33819 \exp(0,034561(x_{26} + 40)) - 5,86822 \cdot 10^{-86} (x_{26} + 40)^{57,03397} \exp(-0,011272(x_{26} + 40)^{1,97531})$	0,199
x_{31} (количество осадков за 12 ч, мм)	$y_{12} = 0,0015595 \exp(2,50589x_{31}^{0,98652}) - 3,29175 \cdot 10^{-8} x_{31}^{14,31385}$	0,1944
x_{17} (нагруженность лесовоза)	$y_{13} = 1,41902 \exp(0,58006x_{17}) - 106,7264x_{17}^{12,19745} \exp(-2,71843x_{17})$	0,1776
x_{13} (время эксплуатации лесовоза, лет)	$y_{14} = -3,96922 \cdot 10^{-24} \exp(50,79412x_{13}^{0,057445}) + 4,50805 \cdot 10^{-10} x_{13}^{41,40499} \exp(-8,31873x_{13}^{1,00619})$	0,1557
x_3 (номер часа в сутках)	$y_{15} = 1,69326 \cdot 10^{-24} \exp(53,01777x_3^{0,02546}) - 1490,823x_3^{14,16707} \exp(-20,41105x_3^{0,27971})$	0,1462
x_{28} (относительная влажность, %)	$y_{16} = -407,4248 \exp(0,0047339x_{28}^{0,75157}) + 329,9335x_{28}^{0,077596}$	0,1461
x_{21} (время эксплуатации дороги, лет)	$y_{17} = 0,79273 - 4,33501 \cdot 10^{-5} x_{21}^{3,14603}$	0,1264
x_{24} (влажность дорожного покрытия, %)	$y_{18} = 0,48606 \exp(1,00592x_{24}) - 4,26947 \cdot 10^7 x_{24}^{7,68554} \exp(-19,15676x_{24}^{0,18913})$	0,1258
x_{15} (пробег лесовоза, тыс. км)	$y_{19} = 9491,308 - 9487,283x_{15}^{1,12875 \cdot 10^{-4}}$	0,125
x_{11} (грузоподъемность, т)	$y_{20} = -2,80526 \exp(-6,0846 \cdot 10^{-4} x_{11}^{2,15727}) + 1,42067 \cdot 10^{-31} x_{11}^{26,8328} \exp(-0,10651x_{11}^{1,5034})$	0,1098
x_{16} (время после капитального ремонта лесовоза, мес.)	$y_{21} = 9,99437 \cdot 10^{-6} \exp(1,31611x_{16}^{1,02137}) - 4,7499 \cdot 10^{-16} x_{16}^{16,38144}$	0,1011

Окончание табл. 1

Влияющая переменная (фактор)	Составляющая общей модели (см. формулу (1))	Коэффициент корреляции
x_1 (номер месяца в году)	$y_{22} = 1,51622 - 0,28462x_1$	0,0812
x_7 (стаж водителя, лет)	$y_{23} = 0,37231 \exp(2,62632 \cdot 10^{-4} x_7^{2,66042}) - 8,30413 \cdot 10^{-7} x_7^{4,59433}$	0,0807
x_{12} (тип кузова)	$y_{24} = 0,077855 \exp(1,2673x_{12}) - 0,013183x_{12}^{5,14326}$	0,0488
x_8 (возраст водителя, лет)	$y_{25} = 2,44849 \exp(-3,48411 \cdot 10^{-5} x_8^{2,00903}) - 0,57444x_8^{0,39165}$	0,0481
x_5 (географическая долгота)	$y_{26} = -0,73764 + 0,24169x_5$	0,0461
x_{18} (тип шин)	$y_{27} = -0,097734 + 0,48445x_{18}^{28}$	0,0356
x_2 (номер суток в месяце)	$y_{28} = -0,078542 \exp(0,043805x_2^{0,98303}) + 7,45229 \cdot 10^{-9} x_2^{4,67365}$	0,0298
x_{29} (скорость ветра, м/с)	$y_{29} = 0,1941 - 0,10287x_{29}$	0,0223
x_{10} (колесная формула)	$y_{30} = -0,15237 + 0,31147x_{10}$	0,022
x_{22} (количество капитальных ремонтов, шт.)	$y_{31} = -0,059591 \exp(-0,68289x_{22}) + 1,68756 \cdot 10^{-4} x_{22}^{7,61797}$	0,0158

Общая многофакторная модель с учетом убывания коэффициента корреляции ее составляющих приведена в табл. 1 и включает в себя сумму 31 члена по формуле



$$y = \sum_{i=1}^m y_i, \quad (1)$$

где y — показатель (зависимый фактор);

i — номер составляющей многофакторной зависимости;

m — количество переменных, в данном случае равное 31.

Для верификации полученных членов общей модели (1) проведен дополнительный эксперимент, целью которого было сравнение расчетных скоростных режимов автолесовоза с фактическими.

В ходе эксперимента использованы данные о скорости движения автолесовоза при вывозке древесины с лесосеки на склад сырья деревообрабатывающего предприятия. Рейс сделан 20–21 февраля 2020 г. по территории Енисейского лесничества Красноярского края (рис. 1). Грузовый лесовоз движется от верхнего склада  до пункта доставки древесины .

Для опытов на лесовозной дороге, представленной на рис. 1, были выбраны шесть промежутков (табл. 2).

Выбранные для измерений промежутки пути представлены на рис. 2.

Постоянные параметры для верификации моделей, влияющие на доставку груза, принимались по значениям рейса (табл. 3).

Остальные параметры как влияющие переменные изменялись за время движения лесовоза и принимались в зависимости от его местоположения:

x_2 — номер суток в месяце;

x_3 — номер часа в сутках;

x_4 — широта (за 0 взята 57,93099);

x_5 — долгота (за 0 взята 90,70971);

x_6 — высота над уровнем моря, м;

x_{19} — тип покрытия дороги (0 — без покрытия; 1 — гравийное; 2 — асфальт);

x_{23} — уклон дороги, %.

Каждый из выбранных промежутков пути разделили на элементарные участки по уклонам: спускам, подъемам, ровной поверхности.

Приведен пример плана и продольного профиля участка № 2 (58°44'30,2"N, 90°44'25,1"E — 58°44'46,0"N, 90°49'34,4") с разделением его на элементарные участки (рис. 3).

Фактическое время взято из системы данных ГЛОНАСС, сформированных на конкретный рейс. Установлено фактическое время, затраченное на доставку груза лесовозом на всех шести промежутках пути без учета остановок и других потерь времени.

По формуле (1) для каждого элементарного участка определяли расчетную скорость движения лесовоза с грузом. Для этого длину элементарного участка разделяли на расчетную скорость на этом участке.

Суммарные минуты на всех элементарных участках будут расчетным временем, которое затратил лесовоз с грузом по выбранному промежутку пути.



Рис. 1. Лесовозная дорога на территории Енисейского лесничества: дорога без покрытия (желтый); грунтовая дорога (красный); асфальтированная дорога (синий)

Fig. 1. Haulage road on the territory of the Yenisei forestry: unpaved road (yellow); unsurfaced road (red); paved road (blue)

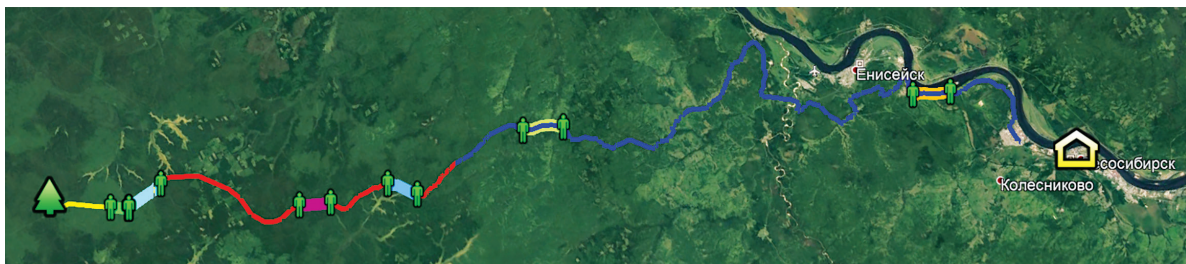


Рис. 2. Участки исследуемой дороги
Fig. 2. Sections of the studied road

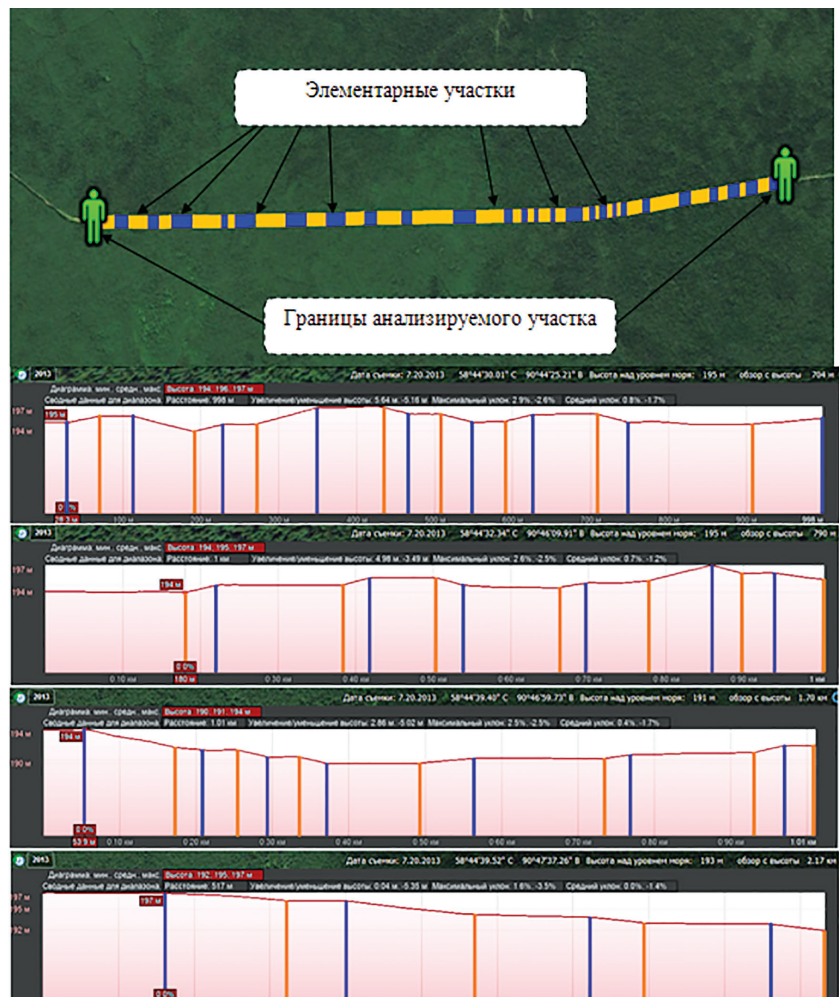


Рис. 3. План и продольный профиль участка № 2 с разделением на элементарные участки

Fig. 3. Plan and longitudinal profile of section No. 2 with subdivision to elementary sites

Т а б л и ц а 2

Координаты промежутков лесовозной дороги для проведения экспериментов

Intervals coordinates of the haulage road for carrying out experiments

Номер промежутка пути	Координаты			
	Начало промежутка		Конец промежутка	
	Широта	Долгота	Широта	Долгота
№1 (дорога без покрытия)	58°45'10.3"N	90°42'29.2"E	58°44'30.3"N	90°44'22.7"E
№2 (дорога без покрытия)	58°44'30.2"N	90°44'25.1"E	58°44'46.0"N	90°49'34.4"E
№3 (грунтовая дорога)	58°38'48.0"N	91°02'57.3"E	58°37'49.8"N	91°06'36.6"E
№4 (грунтовая дорога)	58°36'59.7"N	91°13'49.0"E	58°35'16.8"N	91°16'25.5"E
№5 (асфальтированная дорога)	58°35'17.3"N	91°31'47.7"	58°34'02.8"N	91°36'23.5"E
№6 (асфальтированная дорога)	58°23'38.2"N	92°15'29.1"E	58°22'26.9"N	92°19'45.7"E

Т а б л и ц а 3

Значения факторов для верификации модели

Values of factors for model verification

Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение
x_1	02	x_{12}	3	x_{18}	0	x_{26}	1,5
x_7	16	x_{13}	2,75	x_{20}	5	x_{27}	757
x_8	44	x_{14}	300	x_{21}	0,4	x_{28}	86
x_9	19	x_{15}	87	x_{22}	0	x_{29}	2
x_{10}	1	x_{16}	9	x_{24}	0	x_{30}	30
x_{11}	40	x_{17}	0,95	x_{25}	1	x_{31}	0,4

Т а б л и ц а 4

Фактическое и расчетное время движения лесовоза от верхнего склада

до пункта доставки груза по промежуткам пути № 1 — № 6

Actual and estimated time of the timber truck movement from the landing site to the point of delivery at intervals of the way No. 1 — No. 6

Номер промежутка пути	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Весь путь № 1 + + № 2 + № 3 + + № 4 + № 5 + № 6
Длина участка, км	2,144	5,055	4,480	4,848	7,000	5,070	28,597
Фактическое время движения, мин	5,8	15,5	8,0	10,0	10,4	5,3	55,0
Расчетное время движения, мин (см. формулу (1))	6,4	15,0	7,2	8,5	8,5	5,7	51,3
Погрешность	-10,34	3,23	10,00	15,00	18,27	-7,55	6,73

Примечание. Погрешность рассчитывается по формуле: $100\% \text{ (фактическое время} - \text{расчетное время)} / \text{фактическое время}$.

Результаты и обсуждение

Сравнивая фактическое время движения лесовоза с грузом по пути от верхнего склада до пункта доставки древесины с расчетным временем, можно сделать вывод о том, что время доставки груза совпадает с некоторой погрешностью (табл. 4).

По всей длине пути расчетное время меньше факта всего на 6,73 %. Однако по экспериментальным участкам имеются различия в относи-

тельной погрешности по модулю: от минимума 3,23 % до максимума 18,27 %. Только на участках № 1 и № 6 расчетное время больше фактического значения, по остальным строкам табл. 4 наблюдается снижение расчетных значений по сравнению с экспериментальными значениями.

Анализ таких положительных и отрицательных отклонений от фактических данных может позволить выявить дополнительные условия и факторы, влияющие на скорость движения лесовоза с грузом.

Выводы

Сравнивая фактическое время движения лесовоза с грузом по пути от верхнего склада до пункта доставки древесины на всех промежутках пути с расчетным временем, можно сделать вывод о том, что общее время доставки груза меньше фактического значения всего на 7 %. Однако по участкам дороги разброс относительной погрешности наблюдается от 3,23 до 18,27 %.

Построенные многофакторные уравнения регрессии можно считать удовлетворительными, если погрешность сравнения фактических и расчетных показателей для технологических и экологических исследований не превышает 30 %. Таким образом, полученные результаты проверки многофакторной общей модели (1) с погрешностью 7 % можно считать достоверными. Достоверными также являются и относительные погрешности, полученные для шести экспериментальных участков пути. В дальнейшем необходимо выявить причины такого разброса расчетной скорости от фактической.

Для этого на одном элементарном участке пути вначале нужно проводить до 10...20 измерений с одним и тем же типом лесовоза, а затем вычислить погрешность измерений скорости движения лесовоза с грузом или без него.

Полученные результаты верификации важны с теоретической точки зрения, так как позволяют улучшить методики проведения экспериментов, причем относительная погрешность позволит ввести дополнительные условия и факторы. Погрешность расчета времени будущего рейса лесовоза с грузом, а затем и без него, даст возможность достоверно планировать деятельность различных транспортных предприятий, вовлеченных в лесозаготовительный процесс. В итоге ожидается повышение производительности труда водителей, работающих в этой среде.

Список литературы

[1] Grigorev I.V., Khitrov E.G., Kalistratov A.V., Stepanishcheva M.V. Dependence of filtration coefficient of forest soils to its density // Proc. of the 14th Int. Multidisciplinary Sci. Geoconferences, v. 2 «Water Resources. Marine and Ocean Ecosystems», 16–26 June 2014, Albena, Bulgaria, pp. 339–344

[2] Mokhirev A., Ryabova T., Pozdnyakova M. Comprehensive evaluation of technological measures for increasing availability of wood resources // J. Applied Engineering Science, 2018, no. 16 (4), pp. 565–569. DOI: 10.5937/jaes16-18842

[3] Henningsson M., Karlsson J., Rönnqvist M. Optimization models for forest road upgrade planning // J. Mathematical Models and Algorithms, 2007, no. 6(1), pp. 3–23.

[4] Tromborg E. Economic and environmental impacts of transport cost changes on timber and forest product markets in Norway // Scandinavian J. Forest Research, 2009, no. 24 (4), pp. 354–366.

[5] Морозов Е.В., Шегельман И.Р. О применении вероятностного моделирования для анализа некоторых технологических процессов лесозаготовок // Глобальный научный потенциал, 2011. № 9. С. 67–71.

[6] Демаков Д.В. Анализ исследований в области моделирования технологических процессов лесозаготовок // Перспективы науки, 2012. № 9 (36). С. 98–100.

[7] Lan C., Menendez M. Truck speed profile models for critical length of grade // J. Transp. Eng., 2003, no. 129(4), pp. 408–419. JTPEDI, 0733-947X. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-947X(2003)129:4(408)

[8] Мельник М.А., Волкова Е.С. Сезонная дифференциация опасных и неблагоприятных природных явлений для сферы лесопользования Томской области // Вестник СГУГиТ, 2019. Т. 24. № 2. С. 229–237. DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-2-229-237

[9] Козлов В.Г. Методы, модели и алгоритмы проектирования лесовозных автомобильных дорог с учетом влияния климата и погоды на условия движения: дис. ... д-ра техн. наук. Архангельск: Изд-во САФУ, 2017. 406 с.

[10] Мохирев А.П., Рукомойников К.П., Мазуркин П.М. Анализ факторов, влияющих на скорость автолесовозов // Успехи современного естествознания. 2020. № 11. С. 20–25. DOI: 10.17513/uese.37509

[11] Скрыпник В.И., Кузнецов А.В., Баклагин В.Н. Анализ и расчет параметров движения лесовозных автопоездов // Тр. лесоинженерного факультета ПетрГУ, 2010. № 8. С. 140–143.

[12] Сивков Е.Н., Скрыпников А.В., Чернышова Е.В. Условия движения по лесовозным дорогам. // Сб. материалов науч.-практ. конф. по научной теме института «Разработка научных основ и практические рекомендаций по переводу лесосырьевой базы Республики Коми на инновационную интенсивную модель расширенного воспроизводства на 2015–2020 годы», Сыктывкар, Сыктывкарский лесной институт, 28–30 ноября 2017 г. / под ред. Е.В. Хохловой. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарский лесной институт, 2017. С. 19–23.

[13] Коваленко Т.В., Коточигов М.В. Использование климатической информации для организации транспортного освоения лесных массивов // Технология и оборудование лесопромышленного комплекса. СПб: СПбГЛТУ, 2013. № 6. С. 104–108.

[14] Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Дорохин С.В. Влияние условий движения на скоростные режимы транспортных потоков при вывозке древесины // Современные наукоемкие технологии, 2014. № 4. С. 153.

[15] Sun X., He Y., Wang S., Wang Y. Characteristics of operating speed for proper speed limit // ICCTP 2010: Integrated Transportation Systems: Green, Intelligent, Reliable – Proceedings of the 10th International Conference of Chinese Transportation Professionals, ICCTP 2010. China: Beijing, 2010, pp. 1678–1689.

[16] Мохирев А.П., Рукомойников К.П., Мазуркин П.М. Многофакторное влияние природно-производственных условий на скорость движения автолесовозов // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 4 (48). С. 88–96. DOI: 10.18324/2077-5415-2020-4-88-96

[17] Mazurkin P.M. Method of identification // 14th Int. Multidisciplinary Sci. GeoConference SGEM 2014, book 6, v. 1, pp. 427–434. DOI: 10.5593/SGEM2014/B61/S25.059

[18] Мазуркин П.М., Сафин Р.Г., Просвирников Д.Б. Статистическое моделирование процессов деревообработки. Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. 290 с.

[19] Zverev G.I., Menshikh V.V. Optimizing the selection of combination of alternative functions of ergatic system multifunctional elements // J. Physics: Conference Series, 2020, v. 1479, p. 012062. DOI:10.1088/1742-6596/1479/1/012062.

[20] Velázquez-Martí B, Annevelink E. GIS application to define biomass collection points as sources for linear programming of delivery networks // Transactions of the ASABE, 2009, no. 52 (4), pp. 1069–1078.

[21] Мазуркин П.М. Биотехнический закон и виды факторных связей // Успехи современного естествознания, 2009, № 9. С. 152–156.

Сведения об авторах

Мохирев Александр Петрович — канд. техн. наук, доцент кафедры технологии лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств Лесосибирского филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», ale-mokhirev@yandex.ru

Рукомойников Константин Павлович — д-р техн. наук, профессор кафедры лесопромышленных и химических технологий института леса и природопользования ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», rukomojnikovkr@volgatech.net.

Мазуркин Петр Матвеевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой природообустройства Института строительства и архитектуры ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», kaf_po@mail.ru

Брагина Наталья Александровна — студент Лесосибирского филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», bragina.n.a@mail.ru

Поступила в редакцию 02.12.2020.

Принята к публикации 15.01.2021.

VERIFICATION OF TIMBER CARRIERS SPEED MODELS MOVEMENT DEPENDING ON NATURAL AND PRODUCTION FACTORS

A.P. Mokhirev¹, K.P. Rukomojnikov², P.M. Mazurkin², N.A. Bragina¹

¹Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 29, Pobeda st., 662543, Lesosibirsk, Krasnoyarsk region, Russia

²Volga State University of Technology, 3, Lenin sq., 424000, Yoshkar-Ola, Republic Of Mari El, Russia

ale-mokhirev@yandex.ru

One of the key production parameters of the forest transport process is the speed of movement of timber carriers when removing wood from the upper warehouse. This speed determines the maximum possible volume of prepared and exported wood. Many natural and industrial factors affect the speed of a timber truck. The speed of transport depends on the traffic conditions on the roads, which are significantly complicated by adverse weather events. Scientists have identified laws in changing the speed modes of moving vehicles based on practical observations of individual road sections. To identify the dependence of the speed of a logging truck on 31 factors under consideration, 162 observations were made on measurements of the speed of logging trucks in various natural and industrial conditions. Mathematical models have been developed for calculating the speed of a logging vehicle, taking into account natural and industrial factors. Verification of the obtained nonlinear and wave regression models is the goal of this article. To verify the models, an additional experiment was carried out to compare the calculated models of speed modes of timber carriers with the actual ones. During the experiment, we used data on the speed of a logging truck when transporting wood from the upper warehouse in the cutting area to the raw material warehouse of a wood processing enterprise on the territory of the Yenisei forest district of the Krasnoyarsk territory. The logging road was divided into six sections, each of which was divided into elementary sections by slopes. At each section, the parameters that affect the speed of the timber carrier were determined using previously identified multi-factor equations, and the estimated time of cargo delivery by the timber carrier to the destination was obtained. Comparing the actual travel time with the calculated one based on previously identified equations for a timber truck with cargo on the way from the upper warehouse to the point of wood delivery, it was found that the estimated time of cargo delivery coincides with the actual one with an error of 7 %, and this is an acceptable norm (less than 30 %) for technological processes. Thus, the obtained results of testing multi-factor models can be considered reliable.

Keywords: timber truck speed, estimated and actual time, multivariate models, verification

Suggested citation: Mokhirev A.P., Rukomojnikov K.P., Mazurkin P.M., Bragina N.A. *Verifikatsiya eksperimentami modeley skorosti dvizheniya lesovozov v zavisimosti ot prirodno-proizvodstvennykh faktorov* [Verification of timber carriers speed models movement depending on natural and production factors]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 108–115. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-108-115

References

- [1] Grigorev I.V., Khitrov E.G., Kalistratov A.V., Stepanishcheva M.V. Dependence of filtration coefficient of forest soils to its density. Proc. of the 14th Int. Multidisciplinary Sci. Geoconferences, v. 2 «Water Resources. Marine and Ocean Ecosystems», 16–26 June 2014, Albena, Bulgaria, pp. 339–344
- [2] Mokhirev A., Ryabova T., Pozdnyakova M. Comprehensive evaluation of technological measures for increasing availability of wood resources. *J. Applied Engineering Science*, 2018, no. 16 (4), pp. 565–569. DOI: 10.5937/jaes16-18842
- [3] Henningsson M., Karlsson J., Rönnqvist M. Optimization models for forest road upgrade planning. *J. Mathematical Models and Algorithms*, 2007, no. 6(1), pp. 3–23.

- [4] Tromborg E. Economic and environmental impacts of transport cost changes on timber and forest product markets in Norway. *Scandinavian J. Forest Research*, 2009, no. 24 (4), pp. 354–366.
- [5] Morozov E.V., Shegel'man I.R. *O primeneni veroyatnostnogo modelirovaniya dlya analiza nekotorykh tekhnologicheskikh protsessov lesozagotovok* [On the use of probabilistic modeling for the analysis of some technological processes of logging]. *Global'nyy nauchnyy potentsial* [Global scientific potential], 2011, no. 9, pp. 67–71.
- [6] Demakov D.V. *Analiz issledovaniy v oblasti modelirovaniya tekhnologicheskikh protsessov lesozagotovok* [Analysis of research in the field of modeling of technological processes of logging]. *Perspektivy nauki* [Prospects for science], 2012, no. 9 (36), pp. 98–100.
- [7] Lan C., Menendez M. Truck speed profile models for critical length of grade. *J. Transp. Eng.*, 2003, no. 129(4), pp. 408–419. JTPEDI, 0733-947X. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-947X(2003)129:4(408)
- [8] Mel'nik M.A., Volkova E.S. *Sezonnaya differentsiatsiya opasnykh i neblagopriyatnykh prirodnykh yavleniy dlya sfery lesopol'zovaniya Tomskoy oblasti* [Seasonal differentiation of dangerous and unfavorable natural phenomena for the forest management of the Tomsk region]. *Vestnik SGUGiT* [Bulletin of SSUGiT], 2019, v. 24, no. 2, pp. 229–237. DOI: 10.33764 / 2411-1759-2019-24-2-229-237
- [9] Kozlov V.G. *Metody, modeli i algoritmy proektirovaniya lesovoznykh avtomobil'nykh dorog s uchetom vliyaniya klimata i pogody na usloviya dvizheniya* [Methods, models and algorithms for the design of timber transport roads taking into account the influence of climate and weather on traffic conditions]. *Dis. ... Dr. Sci. (Tech.)*. Arkhangelsk: NArFU, 2017, 406 p.
- [10] Mokhiev A., Rukomojnikov K.P., Mazurkin P.M. *Analiz faktorov, vliyayushchih na skorost' avtolesovozov* [Analysis of the factors affecting the speed of autolease]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern science]. 2020. № 11. С. 20-25. DOI: 10.17513/use.37509
- [11] Skrypnik V.I., Kuznetsov A.V., Baklagin V.N. *Analiz i raschet parametrov dvizheniya lesovoznykh avtopoezdov* [Analysis and calculation of the parameters of the movement of timber road trains]. *Trudy lesoinzhenernogo fakul'teta PetrGU* [Proceedings of the forest engineering faculty of PetrSU], 2010, no. 8, pp. 140–143.
- [12] Sivkov E.N., Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V. *Usloviya dvizheniya po lesovoznym dorogam* [Traffic conditions on timber roads]. *Sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii po nauchnoy teme instituta «Razrabotka nauchnykh osnov i prakticheskikh rekomendatsiy po perevodu lesosyr'evoy bazy Respubliki Komi na innovatsionnyuyu intensivnyuyu model' rasshirennoy proizvodstva na 2015–2020 gody»* [Collection of materials of the scientific and practical conference on the scientific theme of the institute «Development of scientific foundations and practical recommendations for the transfer of the forest resource base of the Komi Republic to an innovative intensive model of expanded reproduction for 2015–2020»]. Syktyvkar, Syktyvkar Forest Institute, November 28–30, 2017. Ed. E.V. Khokhlova. Syktyvkar: SLI, 2017, pp. 19–23.
- [13] Kovalenko T.V., Kotochigov M.V. *Ispol'zovanie klimaticheskoy informatsii dlya organizatsii transportnogo osvoeniya lesnykh massivov* [The use of climatic information for the organization of transport development of forest tracts]. *Tekhnologiya i oborudovanie lesopromyshlennogo kompleksa* [Technology and equipment of the timber industry complex]. St. Petersburg: SPbGLTU, 2013, iss. 6, pp. 104–108.
- [14] Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Skvortsova T.V., Dorokhin S.V. *Vliyanie usloviy dvizheniya na skorostnye rezhimy transportnykh potokov pri vyvozke drevesiny* [Influence of traffic conditions on high-speed modes of traffic flows during wood transportation]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern science-intensive technologies], 2014, no. 4, p. 153.
- [15] Sun X., He Y., Wang S., Wang Y. Characteristics of operating speed for proper speed limit. *ICCTP 2010: Integrated Transportation Systems: Green, Intelligent, Reliable — Proceedings of the 10th International Conference of Chinese Transportation Professionals, ICCTP 2010*. China: Beijing, 2010, pp. 1678–1689.
- [16] Mokhiev A., Rukomojnikov K.P., Mazurkin P.M. *Mnogofaktornoe vliyanie prirodno-proizvodstvennykh usloviy na skorost' dvizheniya avtolesovozov* [Multifactorial influence of natural and industrial conditions on the speed of logging trucks]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. [The system. Methods. Technologies.], 2020. no. 4 (48). pp. 88-96. DOI: 10.18324/2077-5415-2020-4-88-96
- [17] Mazurkin P.M. Method of identification. *14th Int. Multidisciplinary Sci. GeoConference SGEM–2014*, book 6, v. 1, pp. 427–434. DOI: 10.5593/SGEM2014/B61/S25.059
- [18] Mazurkin P.M., Safin R.G., Prosvirnikov D.B. *Statisticheskoe modelirovanie protsessov derevoobrabotki* [Statistical modeling of woodworking processes]. Kazan: KNITU, 2014, 290 p.
- [19] Zverev G.I., Menshikh V.V. Optimizing the selection of combination of alternative functions of ergatic system multifunctional elements. *J. Physics: Conference Series*, 2020, v. 1479, p. 012062. DOI:10.1088/1742-6596/1479/1/012062.
- [20] Velázquez-Martí B, Annevelink E. GIS application to define biomass collection points as sources for linear programming of delivery networks. *Transactions of the ASABE*, 2009, no. 52 (4), pp. 1069–1078.
- [21] Mazurkin P.M. *Biotekhnicheskyy zakon i vidy faktornykh svyazey* [Biotechnical law and types of factor relationships]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], 2009, no. 9, pp. 152–156.

Authors' information

Mokhiev Aleksandr Petrovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department Of Technology of logging and wood processing industries of the Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, ale-mokhiev@yandex.ru

Rukomojnikov Konstantin Pavlovich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Department of Forestry and chemical technologies of the Institute of forest and nature management, Volga State University of Technology, rukomojnikovkp@volgatech.net.

Mazurkin Petr Matveevich — Dr. Sci. (Tech.), Professor, Head of Department of Environmental management at the Institute of construction and architecture of the Volga State University of Technology, kaf_po@mail.ru

Bragina Natal'ya Aleksandrovna — Student of the Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, bragina.n.a@mail.ru

Received 02.12.2020.

Accepted for publication 15.01.2021.

МОДЕРНИЗАЦИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

М.А. Быковский, П.С. Елисеев, М.И. Голубев

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

bykovskiy@mgul.ac.ru

Рассмотрена новая компоновка многофункциональной лесозаготовительной машины, созданной на базе форвардера Амкодор 2631 путем дооснащения ее прицепа гусеничным механизмом. Представлена схема спроектированной компоновки многофункциональной лесозаготовительной машины. Приведен предварительный расчет оптимального пятна контакта дооснащенного модуля проектируемой компоновки машины. Изложено описание возможных технических решений при ее эксплуатации. Предложенная компоновка позволяет расширить технико-эксплуатационные показатели лесозаготовительной машины.

Ключевые слова: многофункциональная лесозаготовительная машина, форвардер, погрузочная телега, гусеничный механизм, проходимость, производительность

Ссылка для цитирования: Быковский М.А., Елисеев П.С., Голубев М.И. Модернизация многофункциональной лесозаготовительной машины // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 116–119. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-116-119

В настоящее время лесная отрасль России в целом и лесопромышленный комплекс в частности развиваются достаточно динамично. Лесозаготовительное производство является одним из основополагающих направлений развития этого комплекса.

Для совершенствования технико-эксплуатационных показателей машин лесозаготовительного производства требуется модернизация. Прежде всего, это касается их проходимости, поскольку природно-производственные условия лесозаготовок в Российской Федерации существенно различаются. Важными показателями служат слабая несущая способность, переувлажненность и заболоченность грунтов, преобладающие на ее территории. В последние годы температурный режим атмосферы воздуха, особенно в пределах Европейской части России, изменился в сторону повышенных температурных значений. В зимний период значения температуры воздуха приблизились к нулевой отметке, а продолжительность морозных дней сократилась. Эти перемены стали вызовом для лесозаготовителей. Появилась необходимость пересмотра технологических режимов заготовок и вывозок древесины.

Рассмотрим одно из возможных решений для сложившейся ситуации.

Цель работы

Цель работы — повышение технико-эксплуатационных показателей многофункциональной лесозаготовительной машины (форвардера) на базе Амкодор 2631 путем увеличения площади опорной поверхности телеги форвардера.

Объекты и методика исследований

Одним из способов повышения опорно-сцепной проходимости лесозаготовительных машин является увеличение площади опорной поверхности [1, 2]. Базовая машина форвардер Амкодор 2631 (рис. 1) имеет достаточную проходимость на грунтах с высокой и средней несущей способностью [3–6], а для повышения проходимости на грунтах с низкой несущей способностью, которой характеризуется заболоченная местность, снежный покров и т. п., предусмотрена установка и дальнейшее снятие цепей противоскольжения, для чего необходимо дополнительное время и навыки оператора. Практика показывает, что этого недостаточно для условий отдельных регионов России, где заготовка ведется круглогодично, а граница сезонности размывта. В таких регионах, как правило, грунты имеют постоянную низкую несущую способность, а лесовозные дороги труднопроходимые и разбитые. Для этого требуется не только повышенная проходимость лесозаготовительных машин, но и гарантированная способность сохранения лесовозных дорог при долгосрочной эксплуатации [7–10].

Для решения указанных проблем была спроектирована компоновка телеги форвардера, сочетающая в себе характеристики как колесной, так и гусеничной машины [1, 6] (рис. 2).

С помощью расчетов площади опорной поверхности телеги базовой машины и проектируемой было получено требуемое повышение необходимых показателей. Площадь $A_{\text{ш}}$ пятна контакта шины определена по формуле

$$A_{\text{ш}} = \pi \delta_{\text{ш}} \sqrt{D_{\text{ш}} B_{\text{ш}}}, \quad (1)$$

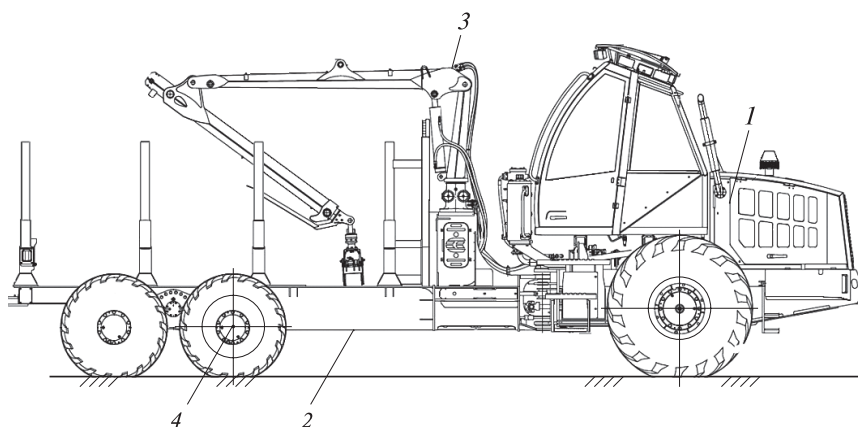


Рис. 1. Базовая машина — форвардер Амкодор 2631: 1 — энергетический модуль; 2 — прицеп форвардера; 3 — технологический модуль (манипулятор); 4 — колесное шасси

Fig. 1. Base machine — Amkodor 2631 forwarder: 1 — power module; 2 — forwarder trailer; 3 — technological module (manipulator); 4 — wheeled chassis

где $\delta_{ш}$ — коэффициент деформация шины, принятый для широкопрофильной шины как 0,16;

$D_{ш}$ — диаметр ненагруженного колеса, м;
 $B_{ш}$ — ширина профиля шины, м.

Для определения оптимальных размеров модуля гусеничного механизма выполнен расчет площади пятна контакта по формуле

$$A_r = D_r \times B_r, \quad (2)$$

где D_r — расстояние между центрами крайних опорных катков, м;

B_r — ширина гусеничной ленты, м.

Результаты и обсуждение

Для сравнительного анализа показателя модуля колесного механизма базовой машины с модулем гусеничного механизма новой компоновки по формуле (1) была определена площадь пятна контакта шины.

Телега базовой машины Амкодор 2631 оснащена сельскохозяйственными шинами Бел-91 24.0/50-22.5, имеющими $D_{ш} = 1,155$ м, $B_{ш} = 0,612$ м. Рассчитав по формуле (1), получаем площадь пятна контакта шины: $A_{ш} = 0,42$ м².

Площадь пятна контакта гусеничного механизма проектируемой машины определена по формуле (2). Для нахождения оптимальной величины A_r значения D_r и B_r были взяты из диапазона допустимых величин (таблица).

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что диапазон расстояния между центрами крайних опорных катков составляет 0,75...1,25 м и при ширине гусеничной ленты 0,612 м образуется площадь контакта от 0,459 до 0,765 м², превышающая площадь пятна контакта шины

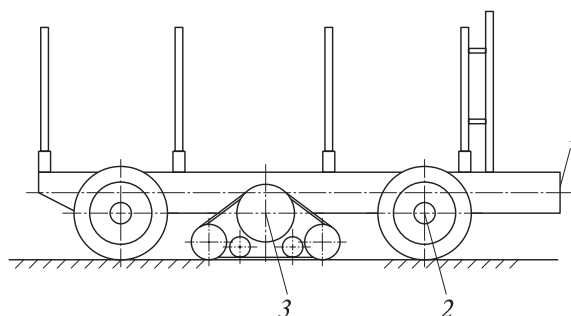


Рис. 2. Проектируемый прицеп форвардера: 1 — прицеп форвардера; 2 — колесное шасси; 3 — гусеничный механизм

Fig. 2. Projected forwarder trailer: 1 — forwarder trailer; 2 — wheeled chassis; 3 — caterpillar mechanism

Определение площади пятна контакта модуля гусеничного механизма Determination of the contact patch area of the tracked module

Расстояние между центрами крайних опорных катков D_r , м	Ширина гусеничной ленты B_r , м	Площадь пятна контакта A_r , м ²
0,5	0,5	0,25
0,75	0,5	0,375
1	0,5	0,5
1,25	0,5	0,625
0,5	0,612	0,306
0,75	0,612	0,459
1	0,612	0,612
1,25	0,612	0,765
0,5	0,75	0,375
0,75	0,75	0,563
1	0,75	0,75
1,25	0,75	0,94

базовой машины в размере 0,42 м². Таким образом, эти диапазоны можно рекомендовать, как наиболее оптимальные. Отметим, что при этом ширина гусеничной ленты равна ширине профиля шины базовой машины Амкодор 2631, а это позволяет избежать образования избыточной колеиности лесных дорог. Есть предположение [13–16], что рекомендуемый диапазон расстояний между центрами крайних опорных катков не будет негативно влиять на поворачиваемость машины в целом.

Данный этап проектирования компоновки многофункциональной лесозаготовительной машины показал, что принятые решения в определенной степени способствуют повышению технико-эксплуатационных показателей проходимости машины вследствие увеличения площади опорной поверхности телеги форвардера [17, 18]. Учитывая специфику работы лесозаготовительных машин, одного решения добавить гусеничный механизм в телегу форвардера может быть недостаточно. Эффективности можно достигнуть при движении форвардера в груженом состоянии по грунтам с низкой несущей способностью, однако при движении по хорошей дороге это может быть неуместно как в груженом, так и порожнем состояниях. В дальнейшем следует учитывать показатели преодоления разовых препятствий, грузовой и порожней скорости движения, поворачиваемости машины и т. д. [19, 20].

Выводы

1. Предложена новая компоновка телеги форвардера, которая сочетает в себе характеристики как колесной, так и гусеничной машины.

2. Гусеничный механизм увеличивает площадь опорной поверхности телеги форвардера, что позволяет работать машины на грунтах с низкой несущей способностью.

3. Рекомендуются ширину гусеничной ленты принимать равной ширине профиля шины, равной 0,612 м для машины Амкодор 2631.

4. Диапазон изменения расстояния между центрами крайних опорных катков 0,75...1,25 м можно считать наиболее оптимальным, так как площадь пятна контакта модуля гусеничного механизма превышает площадь пятна контакта шины базовой машины Амкодор 2631.

Сведения об авторах

Быковский Максим Анатольевич — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), bykovskiy@mgul.ac.ru

Елисеев Павел Сергеевич — аспирант МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), peliseev@mgul.ac.ru

Голубев Михаил Иванович — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), bykovskiy@mgul.ac.ru

Список литературы

- [1] Ксеневиц В.А., Гоберман Л.А., Гоберман В.А. Наземные тягово-транспортные системы. М.: Машиностроение, 2003. С. 155.
- [2] Цытович Н.А. Механика грунтов. М.: Высшая школа, 1983. С. 29–32.
- [3] Агейкин Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. М.: Машиностроение, 1972. 184 с.
- [4] Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. М.: Машиностроение, 1972. 232 с.
- [5] Антонов Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей. М.: Машиностроение, 1978. 216 с.
- [6] Певзнер Я.М. Теория устойчивости автомобиля. М.: Маштиз, 1947. 156 с.
- [7] Сидыганов, Ю.Н., Онучин Е.М., Ласточкин Д.М. Модульные машины для рубок ухода и лесовосстановления. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. С. 23–35.
- [8] Котиков В.М. Теория и конструкции машин и оборудования отрасли (Колесные и гусеничные машины). М.: МГУЛ, 2007. С. 79.
- [9] Ерхов А.В., Клубничкин В.Е. Эксплуатационные материалы и экономия топливно-энергетических ресурсов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. С. 56–61.
- [10] Котиков В.М., Еремеев Н.С., Ерхов А.В. Лесозаготовительные и трелевочные машины. М.: Academia, 2004. С. 133–137.
- [11] Быковский М.А., Елисеев П.С. Многофункциональная лесозаготовительная машина. / Патент № 199382. Заявл. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Заявка: 2019145148, 30.12.19. Заявл. 30.12.19. Опубл. 30.08.20. М.: Гос. реестр изобретений РФ, бюл. № 22. 6 с.
- [12] Елисеев П.С. Моделирование работа современных лесозаготовительных машин с использованием инновационных компьютерных программ // Сб. тр. конф. «Инженерные кадры — будущее инновационной экономики России». В 8 ч. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. С. 44–47.
- [13] Гоберман В. А., Гоберман Л. А. Технология научных исследований — методы, модели, оценки. М.: МГУЛ, 2004. С. 34–37.
- [14] Макаренко А.В. Быковский М.А. Многооперационные машины для лесозаготовок и лесохозяйственного производства. М.: Вектор ТиС, 2009. С. 188.
- [15] Григорьев И.В. Редькин А.К. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Технология и машины лесосечных работ. Санкт-Петербург: ЛТА, 2010, С. 149.
- [16] Якимович С.Б., Быковский М.А., Якимович С.С. Информационное обеспечение в лесном комплексе. Йошкар-Ола: МГУЛ; МарГТУ, 2002. 205 с.
- [17] Платонов В.Ф. Полноприводные автомобили. М.: Машиностроение, 1981. 279 с.
- [18] Сидоров Н.Н., Сипирин В.Н. Современные методы определения механических свойств грунтов. Л.: Стройиздат, 1972. 136 с.
- [19] Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. М.: Машиностроение, 1990. 352 с.
- [20] Ульянов Н.А. Колесные движители строительных и дорожных машин: Теория и расчет. М.: Машиностроение, 1982. 279 с.

Поступила в редакцию 10.10.2020.

Принята к публикации 02.12.2020.

MULTI-FUNCTIONAL FOREST MACHINE MODERNIZATION

M.A. Bykovskiy, P.S. Eliseev, M.I. Golubev

BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

bykovskiy@mgul.ac.ru

A new layout of a multifunctional logging machine, created on the basis of the Amkodor 263 I forwarder by retrofitting its trailer with a caterpillar mechanism, is considered. A diagram of the designed layout of a multifunctional forestry machine is presented. Preliminary calculation of the optimal contact patch of the retrofitted module of the designed machine layout is presented. The description of possible technical solutions during its operation is stated. The proposed layout allows you to expand the technical and operational indicators of the forestry machine.

Keywords: multifunctional logging machine, forwarder, loading cart, caterpillar mechanism, cross-country ability, productivity

Suggested citation: Bykovskiy M.A., Eliseev P.S., Golubev M.I. *Modernizatsiya mnogofunktional'noy lesozagotovitel'noy mashiny* [Multi-functional forest machine modernization]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 116–119. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-116-119

References

- [1] Ksenevich V.A., Goberman L.A., Goberman V.A. *Nazemnye tyagovo-transportnye sistemy*. [Ground traction and transport systems] Moscow: Mashinostroenie, 2003, p. 155.
- [2] Tsytovich N.A. *Mekhanika gruntov* [Soil mechanics]. Moscow: Vysshaya shkola, 1983, pp. 29–32.
- [3] Ageykin YA.S. *Vezdekhodnyye kolesnyye i kombinirovannyye dvizhiteli* [All-terrain wheeled and combined propellers]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1972, 184 p.
- [4] Ageykin YA.S. *Prokhozimost' avtomobiley* [Passage of cars]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1972, 232 p.
- [5] Antonov D.A. *Teoriya ustoychivosti dvizheniya mnogoosnykh avtomobiley* [The theory of stability of motion of multi-axle vehicles]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1978, 216 p.
- [6] Pevzner YA.M. *Teoriya ustoychivosti avtomobilya* [Vehicle stability theory]. Moscow: Mashtiz, 1947, 156 p.
- [7] Sidiganov, Yu.N., Onuchin E.M., Lastochkin D.M. *Modular thinning and reforestation machines* [Modular thinning and reforestation machines]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2008, pp. 23–35.
- [8] Kotikov V.M. *Teoriya i konstrukcii mashin i oborudovaniya otrasli (Kolesnye i gusenichnye mashiny)* [Theory and design of machinery and equipment in the industry (Wheeled and tracked vehicles)]. Moscow: MSFU, 2007, p. 79.
- [9] Yerkhov A. V., Klubnichkin V.Ye. *Ekspluatatsionnyye materialy i ekonomiya toplivno-energeticheskikh resursov* [Operating materials and economy of fuel and energy resources]. Moscow: BMSTU, 2019, pp. 56–61.
- [10] Kotikov V.M., Yeremeyev N.S., Yerkhov A.V. *Lesozagotovitel'nyye i trelevochnyye mashiny* [Forestry and skidding machines]. Moscow: Academia, 2004, pp. 133–137
- [11] Bykovskiy M.A., Eliseev P.S. *Mnogofunktional'naya lesozagotovitel'naya mashina* [Multifunctional forestry machine]. Patent RF, no. 199382, 2020.
- [12] Eliseev P.S. *Modelirovaniye rabota sovremennykh lesozagotovitel'nykh mashin s ispol'zovaniyem innovatsionnykh komp'yuternykh program* [Modeling the work of modern logging machines using innovative computer programs]. *Inzhenernyye kadry — budushcheye innovatsionnoy ekonomiki Rossii* Materialy Vserossiyskoy studencheskoy konferentsii: v 8 chastyakh [Proceedings of the conference «Engineering personnel — the future of the innovative economy of Russia»]. Yoshkar-Ola: Volga State Technological University, 2015, pp. 44–47.
- [13] Goberman V.A., Goberman L.A. *Tekhnologiya nauchnykh issledovaniy — metody, modeli, otsenki* [Technology of scientific research — methods, models, estimates]. Moscow: MSFU, 2004, pp. 34–37.
- [14] Makarenko A.V., Bykovskiy M.A. *Mногоoperatsionnyye mashiny dlya lesozagotovok i lesokhozyaystvennogo proizvodstva. Uchebnik* [Multi-operation machines for logging and forestry production. Textbook]. Moscow: Vektor TiS, 2009, p. 188.
- [15] Grigor'yev I.V., Red'kin A.K. *Tekhnologiya i oborudovaniye lesopromyshlennykh proizvodstv. Tekhnologiya i mashiny lesoschnykh rabot* [Technology and equipment for timber industry. Logging technology and machines]. Sankt-Peterburg: LTA, 2010, p. 149.
- [16] Yakimovich S.B., Bykovskiy M.A., Yakimovich S.S. *Informatsionnoye obespecheniye v lesnom komplekse* [Information support in the forestry complex]. Yoshkar-Ola: MSFU–MarGTU, 2002, 205 p.
- [17] Platonov V.F. *Polnoprivodnyye avtomobili* [Vehicle stability theory]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1981, 279 p.
- [18] Sidorov N.N., Sipirin V.N. *Sovremennyye metody opredeleniya mekhanicheskikh svoystv gruntov* [Modern methods for determining the mechanical properties of soils]. L.: Stroyizdat, 1972, 136 p.
- [19] Smimov G.A. *Teoriya dvizheniya kolesnykh mashin* [The theory of motion of wheeled vehicles]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1990, 352 p.
- [20] Ul'yanov N.A. *Kolesnyye dvizhiteli stroitel'nykh i dorozhnykh mashin: Teoriya i raschet* [Wheeled propellers of construction and road machines: Theory and calculation]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1982, 279 p.

Authors' information

Bykovskiy Maksim Anatol'yevich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), bykovskiy@mgul.ac.ru

Eliseev Pavel Sergeevich — Pg. of the BMSTU (Mytishchi branch), peliseev@mgul.ac.ru

Golubev Mikhail Ivanovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), bykovskiy@mgul.ac.ru

Received 10.10.2020.

Accepted for publication 02.12.2020.



ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ НА СЕЛЬХОЗЗЕМЛЯХ ОБСУДИЛИ В ГОСДУМЕ

Особенности использования лесов на сельхозземлях обсудили 18 марта 2021 года на парламентских слушаниях в Государственной думе. В дискуссии, инициированной Комитетом по природным ресурсам, собственности и земельным отношениям Госдумы, принял участие заместитель руководителя Рослесхоза Иван Советников.

Отправной точкой обсуждения стал проект поправок к Постановлению Правительства РФ № 1509 об использовании, охране, защите и воспроизводстве лесов на землях сельхозназначения.

«Постановление регулирует использование лесов на определенной части земель сельскохозяйственного назначения, — отметил Иван Советников. — А именно только на тех участках, на которых в течение 20–40 лет вырос полноценный лес. К заросшим бурьяном и кустарником землям, которые с высокой долей вероятности могут быть возвращены в сельхозоборот, положения данного документа не относятся».

Он также напомнил, что качественное ведение лесного хозяйства — сложный и трудоемкий процесс, требующий профессионального, грамотного подхода, что по трудозатратам сопоставимо с ведением сельского хозяйства.

Кроме того, Рослесхоз разделяет позицию по климатическим проектам, озвученную в ходе парламентских слушаний специальным представителем Президента России по вопросам климата Русланом Эдельгериевым. Такое использование уже заросших лесом земель сельхозназначения может способствовать развитию экосистем, поглощающих углерод.

Замглавы Рослесхоза отметил, что необходимо найти оптимальное правовое регулирование сложившейся ситуации с такими землями с учетом всех норм Лесного кодекса, Земельного кодекса и других документов, а также с учетом потребностей и сельского, и лесного хозяйства. Для решения этого вопроса по инициативе вице-преьера Виктории Абрамченко создана рабочая группа, в которую входят представители заинтересованных ФОИВ, которые должны предоставить Правительству РФ предложения по доработке указанного постановления. В настоящий момент ведется совместная работа Минприроды России, Министерства сельского хозяйства, Рослесхоза и других ведомств по согласованию единой позиции, касающейся поправок в Постановление № 1509.

В парламентских слушаниях также приняли участие член Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Татьяна Гигель, заместитель Председателя Государственной Думы Алексей Гордеев, Председатель Комитета по природным ресурсам, собственности и земельным отношениям Николай Николаев, первый заместитель Председателя Комитета по контролю и регламенту Олег Нилов, заместитель Министра сельского хозяйства РФ Иван Лебедев, представители политических фракций и федеральных органов власти.