

ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ

Журнал

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-31334,
выдано Россвязьохранкультуры 05.03.2008 г.



Издается с 2002 года
Выходит четыре раза в год

Редакционный совет:

Е. П. Платонов – председатель редакционного совета, главный редактор
В. В. Фомин – зам. гл. редактора
С. В. Залесов – зам. гл. редактора

Редколлегия:

А. В. Вураско, Э. Ф. Герц, З. Я. Нагимов,
И. В. Петрова, А. Н. Рахимжанов,
Р. Р. Сафин, Р. Р. Султанова,
В. А. Усольцев, П. А. Цветков

Редакция журнала:

Н. П. Бунькова – зав. редакционно-издательским отделом
И. А. Панин – ответственный за выпуск
Е. Л. Михайлова – редактор
Т. В. Упорова – компьютерная верстка

Фото на обложке: И. А. Панин

Материалы для публикации подаются ответственному за выпуск журнала
И. А. Панину
(контактный телефон 8 (952) 743-44-87,
e-mail: paninia@m.usfeu.ru)
или в РИО
(контактный телефон 8 (343) 221-21-44)

Подписано в печать 13.03.2025.
Дата выхода в свет 20.03.2025.
Формат 60×84/8. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 17,67. Усл. печ. л. 22,78.
Тираж 100 экз. (1-й завод 32 экз.).
Заказ № 8066

Учредитель:
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
Тел.: 8(343) 221-21-00

Адрес редакции и издательства: Редакционно-издательский отдел
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 33а/1
Тел.: 8 (343) 221-21-44

Цена свободная

Отпечатано с готового оригинал-макета
Типография
ООО ИЗДАТЕЛЬСТВО
«УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»
620062, РФ, Свердловская область,
Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2025

К сведению авторов

Внимание!

Журнал с 26.01.2023 был включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по следующим специальностям и направлениям:

4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные, биологические, технические науки);
4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины (технические, биологические, химические науки).

Редакция принимает только те материалы, которые полностью соответствуют обозначенным ниже требованиям.

Недоупакованный пакет материалов не рассматривается.

Плата за публикацию рукописей не взимается.

1. Представляемые статьи должны содержать результаты научных исследований, которые можно использовать в практической работе специалистов лесного хозяйства, лесопромышленного комплекса и смежных с ними отраслей (экономики и организации лесопользования, лесного машиностроения, охраны окружающей среды и экологии), либо они должны представлять познавательный интерес (исторические материалы, краеведение и др.). Рекомендуемый объем статей – 8–10 страниц текста (не менее 4 страниц). Размер шрифта – 14, интервал – 1,5, гарнитура – Times New Roman, поля – 2,5 см со всех сторон. Абзацный отступ – 1 см.

2. Структура представляемого материала следующая.

Номер УДК определяется в соответствии с классификатором (выравнивание по левому краю, без абзацного отступа).

Заглавие статьи должно быть информативным. В заглавии можно использовать только общепринятые сокращения. Полуужирное начертание. Без точки в конце (выравнивание по центру, без абзацного отступа).

Сведения об авторах: имя, отчество, фамилия полностью, место работы / учебы (официальное название организации без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, ПАО, АО и т. п.), подразделение (при наличии), адрес (город и страна); электронный адрес автора без слова e-mail; ORCID ID автора (открытый идентификатор исследователя и участника) в форме электронного адреса <http://orcid.org/> (16 чисел).

(Выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.)

Аннотация должна соответствовать требованиям ГОСТ 7.9–95 «Реферат и аннотация. Общие требования».

Ключевые слова (от 3 до 10) – это определенные слова из текста, по которым могут вестись оценка и поиск статьи. В качестве ключевых слов могут использоваться как слова, так и словосочетания.

Благодарности. Заполняется по желанию авторов.

Финансирование. Заполняется по желанию авторов, если статья написана в рамках выполнения НИР, гранта и т. д.

(**Аннотация, ключевые слова, благодарности, финансирование** выравниваются по ширине.)

Далее следует на **английском языке** заглавие статьи, сведения об авторах, аннотация, ключевые слова, благодарности, финансирование.

Текст статьи. Выравнивание по ширине. Необходимо выделить заголовками в тексте разделы «Введение», «Цель, задача, методика и объекты исследования», «Результаты исследования», «Дискуссия», «Выводы», «Список источников».

Ссылки на литературу, используемую в тексте, обозначаются в круглых скобках по фамилии первого автора. Например: (Иванов, 2021).

Линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы. Таблицы представляются в формате Word, формулы – в стандартном редакторе формул Word, структурные химические – в ISIS / Draw или сканированные, диаграммы – в Excel. Иллюстрации представляются в электронном виде в стандартном редакторе формул Word (Вставка – Объект – Создание – Тип объекта MathType 6.0 Equation, в появившемся окне набирается формула). Рекомендуется нумерацию формул также делать сквозной. Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Иллюстрации представляются в электронном виде в стандартных графических форматах. Также **обязательно переводить названия к иллюстрациям, данные иллюстраций, табличные данные вместе с заголовками, непосредственно с показателями и примечаниями, т. е. сначала приводятся таблицы и иллюстрации на русском языке, затем на английском.**

Оформление **Списка источников** производится в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» (на русском и английском языках). Составляется в алфавитном порядке.

В конце под заголовком **Информация об авторах** указываются инициалы авторов, фамилия, ученая степень и звание. По желанию автора указывается должность (ступень образования для студентов бакалавра / магистр / аспирант) с повторением наименования и адреса места работы (учебы) (выравнивание по левому краю).

3. На каждую статью требуется одна **внешняя** рецензия. **Внимание! Рецензентом может выступать только доктор наук или член Академии наук!**

4. На публикацию представляемых в редакцию материалов требуется письменное разрешение организации, на средства которой проводилась работа, если авторские права принадлежат ей.

5. **Авторы представляют** в редакцию журнала:

- статью в печатном и электронном виде (формат DOC или RTF) в одном экземпляре, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа, подписанную на обороте последнего листа всеми авторами, с указанием даты сдачи материала. Материалы, **присланные в полном объеме по электронной почте, дублировать на бумажных носителях необязательно.**

Адрес электронной почты – journal_fr@m.usfeu.ru

- иллюстрации к статье (при наличии);
- рецензию;
- авторскую справку или экспертное заключение;
- согласие на публикацию статьи и персональных данных.

Содержание

Уразов П. Н., Усольцев В. А., Уразова А. Ф. Структура надземной фитомассы насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги	4
Гавва И. Н., Нагимов З. Я., Капралов А. В., Уразова А. Ф. Мелиоративная эффективность защитных лесных полос разных конструкций, функционирующих вдоль железных дорог Свердловской области	18
Примаков Н. В. Эффективность робиниевых и ясеневых полезащитных лесных полос	26
Савинич Е. А., Матвеева Р. Н. Изменчивость показателей однолетних клонов абрикоса обыкновенного разных сортов в условиях Шушенского района Красноярского края	36
Аткина Л. И., Булатова Л. В. Изменения в проектах ландшафтных объектов при реализации, причины их возникновения	44
Рунова Е. М., Денисенко А. В. Технологические аспекты выращивания семян сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) с закрытой корневой системой	53
Марковская А. Н., Мартюшова Е. Г., Мартюшов П. А., Тесля Д. Е., Залесов С. В. Результаты клонального микроразмножения <i>Lonicera tatarica</i> L.	62
Сродных Т. Б., Протазанова П. С., Морозова Д. Н. Скверы в современной жилой застройке в Академическом районе Екатеринбурга	69
Черных А. И., Безденежных И. В., Жижин С. М., Залесов С. В., Осипенко А. Е., Панин И. А. Методика анализа лесотаксационных баз данных	81
Орлов А. М., Громыко О. С. Методика оценки объемов незаконных рубок в эквиваленте ликвидной древесины	91
Анянова Е. В., Новоселова Т. С., Андрейковец В. В. Разработка программы моделирования рубок древостоя	100
Чернышев О. Н., Лукаш А. А., Разрезов К. В., Швачко С. Н. Совершенствование технологии корпусной мебели с объемно-профильными фасадами	109
Долматов С. Н., Соболева А. А. Исследование влияния мульчи древесных опилок на тепловой режим почвы методами имитационного моделирования	115
Саая С. Ш., Орловский С. Н., Долматов С. Н. Обоснование основных параметров гусеничного лесохозяйственного трактора класса тяги 4	125
Кузнецов Л. Е., Залесов С. В. Биологический метод борьбы с сибирским шелкопрядом на территории Тюменской области	138
Захаров П. С., Усова К. А., Шкуро А. Е. Биоразлагаемые композиционные материалы на основе ацетата целлюлозы	149
Левинский В. Н., Попов В. М., Афонькина В. А. Методика получения спектральных характеристик древесины в дальней области ИК-спектра	156
Юссеф А. Использование ювенильного материала при микроклональном размножении in vitro <i>Pinus pinea</i> L.	169
Чернышев О. Н., Лукаш А. А., Романов В. А., Швачко С. Н., Максименко Д. М. Способ изготовления композиционных отделочных материалов из древесины лиственных пород	176
Пекер Х., Чамлибел О., Улай Г., Аята У. Применение гуммиарабика к термически обработанной древесине скального дуба (<i>Quercus petraea</i>)	182
Нагимов З. Я., Шевелина И. В., Аюпов И. И. Иван Федорович Коростелев. К 85-летию ученого и педагога	191

Content

Urazov P. N., Usoltsev V. A., Urazova A. F. The structure of the aboveground forest phytomass in the forest shelterbelts of the Sverdlovsk railway	5
Gavva I. N., Nagimov Z. Ya., Kapralov A. V., Urazova A. F. Ameliorative efficiency of protective forest belts of different designs operating along railroads in the Sverdlovsk region	19
Primakov N. V. The effectiveness of robinium and ash protective forest strips	27
Savinich E. A., Matveeva R. N. Variability of indicators of annual clones of common apricot of different varieties in the conditions of the Shushenskiy district of the Krasnoyarsk territory	37
Atkina L. I., Bulatova L. V. Changes in the projects of landscape objects in implementing, the reasons for their occurrence	45
Runova E. M., Denisenko A. V. Technological aspects of growing pine seedlings common (<i>Pinus sylvestris</i> L.) with a closed root system	54
Markovskaya A. N., Martyushova E. G., Martyushov P. A., Teslya D. E., Zalesov S. V. Result of clonal micropropagation <i>Lonicera tatarica</i> L.	63
Srodnykh T. B., Protazanova P. S., Morozova D. N. Squares in a modern residential development in the Academic district of Yekaterinburg	70
Chernmykh A. I., Bezdenezhnykh I. V., Zhizhin S. M., Zalesov S. V., Osipenko A. E., Panin I. A. Methodology for analyzing forest inventory database	81
Orlov A. M., Gromyko O. S. Methodology for estimating the volume of illegal logging in the equivalent of liquid wood	92
Anyanova E. V., Novoselova T. S., Andreykovets V. V. Development of a program for modeling logging of a stand	101
Chernyshev O. N., Lukash A. A., Razrezov K. V., Shvachko S. N. Improving the technology of cabinet furniture with volumetric profile facades	110
Dolmatov S. N., Soboleva A. A. Study of the influence of wood sawdust mulch on the thermal regime of soils by methods of simulation modeling	116
Saaya S. Sh., Orlovsky S. N., Dolmatov S. N. Justification of the main parameters of a tracked forestry tractor of traction class 4	126
Kuznetsov L. E., Zalesov S. V. Biological method of control of the Siberian silkworm in the Tyumen region	138
Zakharov P. S., Usova K. A., Shkuro A. E. Biodegradable composite materials based on plasticized cellulose acetate	150
Levinsky V. N., Popov V. M., Afonkina V. A. A method for obtaining spectral characteristics of wood in the far infrared range of the spectrum	157
Yossef A. Use of juvenile material in microclonal propagation in vitro <i>Pinus pinia</i> L.	170
Chernyshev O. N., Lukash A. A., Romanov V. A., S. Shvachko, D. Maksimenko. Jr. Composite finishing materials made of hardwood	177
Peker H., Chamlibel O., Ulay G., Ayata U. Application of gum arabic to heat-treated sessile oak (<i>Quercus petraea</i>) wood	183
Nagimov Z. Ya., Shevelina I. V., Ayupov I. I. Ivan Fedorovich Korostelev. On the 85th anniversary of the scientist and teacher	191

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 4–17.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 4–17.

Научная статья

УДК 630*52:630*174.754

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.001

СТРУКТУРА НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ НАСАЖДЕНИЙ В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ СВЕРДЛОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Павел Николаевич Уразов¹, Владимир Андреевич Усольцев²,
Алина Флоритовна Уразова³

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ gold-pashka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4150-2555>

² Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

³ urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

Аннотация. Изучение защитных лесных полос вдоль дорог является одной из функциональных задач комплексного мониторинга лесов и относится к категории лесной экоинженерии. Защитные полосы играют значительную роль в сохранении окружающей среды, имеют ветрозащитное значение, шумозащитные свойства и играют снегозадерживающую, декоративную и фитомелиоративную роль. Насколько нам известно, структура фитомассы в прижелезнодорожных лесных полосах ранее не изучалась. Подобные сведения необходимы, поскольку формирование защитных лесных полос происходит под влиянием специфических факторов, отличающихся от условий произрастания естественных древостоев. Целью настоящей работы было исследование структуры надземной фитомассы насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги. По материалам 9 пробных площадей, заложенных в прижелезнодорожных защитных полосах, получены значения структуры надземной фитомассы лиственницы, сосны, березы и тополя. Долевой фракционный состав фитомассы в прижелезнодорожных защитных полосах зависит от породного состава и морфоструктуры насаждений и варьирует: фитомасса стволов – от 88 до 92 %, ветвей – от 7 до 10 % и хвои (листвы) – от 1 до 3 %. При фиксированных значениях возраста и запаса надземная фитомасса в защитных полосах на 18 % больше по отношению к надземной фитомассе древостоев лесного фонда. Установлено соотношение пород в защитных полосах по величине надземной фитомассы.

Ключевые слова: надземная фитомасса, соотношение фракций, лиственница, сосна, береза, тополь, прижелезнодорожные защитные лесные полосы, регрессионные модели

Для цитирования: Уразов П. Н., Усольцев В. А., Уразова А. Ф. Структура надземной фитомассы насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 4–17.

Original article

THE STRUCTURE OF THE ABOVEGROUND FOREST PHYTOMASS IN THE FOREST SHELTERBELTS OF THE SVERDLOVSK RAILWAY

Pavel N. Urazov¹, Vladimir A. Usoltsev², Alina F. Urazova³

¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ gold-pashka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4150-2555>

² Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

³ urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

Abstract. The study of forest shelterbelts along roads is one of the functional tasks of integrated forest monitoring and belongs to the category of forest eco-engineering. Forest shelterbelts play a significant role in preserving the environment, have wind-proof value, noise-proof properties and play a snow-retaining, decorative and phytomeliorative role. As far as we know, the structure of phytomass in near-railway road forest shelterbelts has not been studied before. Such information is necessary because the formation of forest shelterbelts occurs under the influence of specific factors that differ from the growing conditions of natural stands. The purpose of this work was to study the structure of the aboveground phytomass of forests in the shelterbelts along the Sverdlovsk railway. Based on the materials of 9 sample plots established in the roadside shelterbelts, the values of the structure of the aboveground phytomass of larch, pine, birch and poplar were obtained. The component composition of phytomass in near-road shelterbelts depends on the species composition and on stand morphological structure and varies: the phytomass of stems is from 88 to 92 %, branches – from 7 to 10 % and foliage – from 1 to 3 %. With fixed values of age and volume stock, the aboveground phytomass in shelterbelts is 18 % higher in relation to the aboveground phytomass of natural forest stands. The ratio of species in the shelterbelts in terms of the amount of aboveground phytomass has been revealed.

Keywords: aboveground phytomass, phytomass component ratio, larch, pine, birch, poplar, near-road forest shelterbelts, regression models

For citation: Urazov P. N., Usoltsev V. A., Urazova A. F. The structure of the aboveground forest phytomass in the forest shelterbelts of the Sverdlovsk railway // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 4–17.

Введение

Изучение защитных лесных полос вдоль дорог является одной из функциональных задач комплексного мониторинга лесов (Кириллов, Матвеева, 2011; Boklag, 2016; Уразова, Герц, 2022) и относится к категории лесной экоинженерии (Study of forest..., 2020; Zhu, Song, 2021; Features of growth..., 2022; Condition of linear..., 2024). Защитные полосы играют значительную роль в сохранении окружающей среды (Guertin et al., 1997; Ecological development..., 2008; Кириллов, Матвеева, 2008; Матвеева, 2009; Lup, Miron, 2014; Рулев и др., 2021; Влияние лесополос..., 2023), имеют ветрозащитное значение (Ковалев, 1980; Zhu,

2008; Design criteria..., 2011; Renterghem et al., 2014; Wang et al., 2015; Тюрин, 2021), шумозащитные свойства (Сердюков, 1997; Renterghem, 2014; Ozer et al., 2018; Гавва и др., 2021) и играют снегозадерживающую (Shaw, 1988; Establishment and potential..., 2016; Здорнов, 2020; Оценка соответствия..., 2024; Уразова и др., 2024а), эстетическую (декоративную) (Региональные особенности..., 2018; Кулакова и др., 2018; Features..., 2022) и фитомелиоративную роль (Долгилевич и др., 1982; Танюкевич, Ивонин, 2014; Танюкевич, 2015; Дубенок и др., 2017; Особливості формування..., 2019; Тюрин, 2021). В то же время по состоянию защитных полос в некоторых районах им самим

требуется проведение защитных мероприятий (Hodovanyuk, 2012; Boklag, 2016; Оценка состояния..., 2016; Состояние защитных лесных полос..., 2022).

Особое внимание уделяется экологическим механизмам в системах управления, в частности исследованию взаимосвязей между структурой, защитными функциями полос и мерами их структурной оптимизации (Zhu, Song, 2021). Высота деревьев в полосе во многом определяет степень ее защитных функций и структуру фитомассы в пологе насаждения (Wiseman et al., 2009; Сидоренко, Сидоренко, 2022). Защитные придорожные полосы часто страдают от пожаров, исходящих от транспортных средств, и интенсивность пожаров во многом определяется количеством горючих материалов в фитомассе (Фуряев, Злобина, 1996). Многие морфометрические характеристики защитных полос и связанная с ними структура фитомассы с достаточной точностью оцениваются современными методами воздушного лидарного (лазерного) зондирования, позволяющими выполнять многочисленные замеры на больших площадях (Assessing the uncertainty..., 2019; Farmland..., 2022).

В лесостепной части левобережной Украины защитные полосы дуба черешчатого в возрасте около 70 лет имеют среднюю высоту от 17 до 23 м, запас – от 210 до 440 м³/га и надземную фитомассу – от 168 до 528 т/га (Особливості формування..., 2019). На Прикубанской равнине робиниевые защитные полосы к возрасту 70 лет достигают высоты 15 м, имеют запас 421 м³/га и надземную фитомассу 391 т/га (Продуктивность..., 2020). Там же тополевые защитные полосы к возрасту 35 лет достигают высоты 14 м, имеют запас 130 м³/га и надземную фитомассу 72 т/га (Танюкевич, Ивоинин, 2014; Танюкевич, 2015). Создание защитных полос в Канаде началось более ста лет назад в основном с целью защиты почв от ветровой эрозии (Above- and below-ground..., 2019). Сегодня они оцениваются с точки зрения депонирования углерода: тополевые защитные полосы депонируют углерода в год от 3,3 до 5,2 т/га, сосновые – от 1,4 до 3,3 т/га и еловые – от 2,2 до 4,1 т/га (Carbon sequestration..., 2016; Above- and below-ground..., 2019).

Насколько нам известно, структура фитомассы в прижелезнодорожных лесных полосах ра-

нее не изучалась. Подобные сведения необходимы, поскольку формирование защитных лесных полос происходит под влиянием специфических факторов, отличающихся от условий произрастания естественных лесов (Павловский, 1973; Неофитов, 1979).

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Целью настоящей работы было исследование структуры надземной фитомассы насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги.

Для ее реализации были поставлены задачи:

– определить структуру надземной фитомассы насаждений по данным пересчетов деревьев на пробных площадях и ранее опубликованным аллометрическим моделям фитомассы (Усольцев и др., 2022);

– сравнить полученные результаты с всеобщими моделями надземной фитомассы, построенными по данным пробных площадей, заложенных в насаждениях лесного фонда (Усольцев, 2007).

Объект исследований – насаждения, произрастающие в лесных полосах вдоль Свердловской железной дороги.

Предметом исследований явилась структура фитомассы насаждений.

Для реализации поставленных задач была заложена серия пробных площадей, таксационная характеристика которых была опубликована ранее (Уразова и др., 2024б). На каждой пробной площади были выполнены обмеры от 10 до 15 модельных деревьев, в том числе 44 – сосны обыкновенной, 164 – березы повислой, 40 – тополя бальзамического и 15 – лиственницы сибирской, всего 263. Диаметр ствола измеряли на высоте груди в двух направлениях и вычисляли средний. Возраст модельных деревьев: сосны – 75–80, березы – 65–85, тополя – 65–71 и лиственницы – 67 лет.

Результаты и их обсуждение

По данным перечета деревьев табулировали аллометрические модели фитомассы, опубликованные ранее для Уральского региона (Усольцев и др., 2022), и получили расчетные значения фракций фитомассы на 1 га (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Таксационная характеристика и запасы фитомассы на пробных площадях,
заложённых в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги
Taxation characteristics and forest phytomass in the sample plots establishes
in the forest shelterbelts of the Sverdlovsk railway

№ ПП	Участок Plot	Состав Composition	Возраст, лет Age, years	Густота, экз./га Density, copies/ha	Средняя высота, м Average height, м	Запас, м ³ /га Reserve, m ³ /ha	Фитомасса, т/га Phytomass, t/ha			
							стволов trunks	ветвей branches	листья и хвои leaves and needles	надземная above-ground
1	21 км правая сторона ПК 8+00–9+00 21 km right side РС 8+00–9+00	5Лц4Б1Е	67	636	22,2	413	235,5	22,6	6,2	264,3
2	28 км левая сторона ПК 8+00–9+00 28 km left side РС 8+00–9+00	9Б1Т	81	505	25,9	458	366,4	29,0	2,5	397,9
3	28 км правая сторона ПК 8+00–9+00 28 km right side РС 8+00–9+00	9С1Б	70	358	22,1	255	126,8	11,9	3,8	142,5
4	53 км левая сторона ПК 1+00–2+00 53 km left side РС 1+00–2+00	5Т5Б	71	1109	19,2	453	258,9	28,4	4,7	292,0
5	60 км левая сторона ПК 9+00–10+00 60 km left side РС 9+00–10+00	10Б	85	315	24,5	239	162,6	13,0	1,1	176,5
6	61 км левая сторона ПК 6+00–7+00 61 km left side РС 6+00–7+00	9Т1Б	65	593	29,7	597	255,5	30,3	5,3	291,1
7	62 км левая сторона ПК 2+00–3+00 62 km left side РС 2+00–3+00	6Т4Б	65	981	23,6	449	228,4	25,0	4,1	257,5
8	79 км левая сторона ПК 8+00–9+00 79 km left side РС 8+00–9+00	6БЗС1Т	85	595	18,0	209	150,5	13,7	3,0	167,2
9	79 км правая сторона ПК 8+00–9+00 79 km right side РС 8+00–9+00	10Б	85	134	22,8	140	121,0	9,1	0,9	131,0

Долевой фракционный состав фитомассы зависит от породного состава и морфоструктуры насаждений и варьирует: фитомасса стволов – от 88 до 92 %, ветвей – от 7 до 10 % и хвои (листья) – от 1 до 3 %.

Судя по данным табл. 1, средняя высота насаждений варьирует от 18 до 30 м, тогда как в таком же возрасте на Украине и Кубани дуб и робиния имеют высоту намного меньше – от 15 до 23 м. Но запас надземной фитомассы, напротив, в дубовых и робиниевых насаждениях больше (168–528 т/га) по сравнению с таковым в наших насаждениях (131–398 т/га).

Для выполнения второй задачи исследования мы привлекли регрессионные модели фитомассы насаждений, рассчитанные по материалам пробных площадей, заложенных в сомкнутых насажде-

ниях лесного фонда (Усольцев, 2007). Названные модели протабулированы по значениям возраста и запаса насаждений, показанным в табл. 1, и полученные результаты сведены в табл. 2.

Далее для реализации второй задачи нашего исследования применен двойной блок фиктивных переменных (Using..., 2012; Fu et al., 2017). Посредством его сопоставляем: фактические значения фитомассы, полученные в лесных полосах, со значениями, полученными путем табулирования моделей фитомассы, построенных для насаждений лесного фонда, и соотношения фитомассы четырех пород при фиксированных значениях возраста и запаса. Для сопоставления построена схема кодирования сравниваемых данных о фитомассе фиктивными переменными согласно табл. 3.

Таблица 2
Table 2

Результаты табулирования моделей фитомассы, построенных по фактическим данным пробных площадей, заложенных в естественных лесах (Усольцев, 2007)
The results of tabulation of phytomass models based on the actual data of the sample plots established in the natural forests (Usoltsev, 2007)

№ ПП	Порода Breed	Возраст, лет Age, years	Запас, м ³ /га Reserve, m ³ /ha	Фитомасса, т/га Phytomass, t/ha			
				стволов trunks	ветвей branches	листья и хвои leaves and needles	надземная above-ground
1	Лиственница Larch	67	413	210,39	26,56	7,11	244,05
2	Береза Birch	81	458	236,90	39,50	7,41	283,81
3	Сосна Pine	70	255	107,91	11,32	5,70	124,93
4	Тополь Poplar	71	453	211,32	38,07	4,03	253,42
5	Береза Birch	85	239	122,39	20,64	3,81	146,85
6	Тополь Poplar	65	597	270,17	48,87	5,57	324,61
7	Тополь Poplar	65	449	207,52	36,76	4,19	248,46
8	Береза Birch	85	209	106,81	18,05	3,33	128,19
9	Береза Birch	85	140	71,10	12,09	2,23	85,43

Таблица 3
Table 3

Схема кодирования сравниваемых данных о фитомассе двойным блоком
фиктивных переменных
The scheme of encoding the compared phytomass data with a double block
of dummy variables

Порода Breed	Фиктивные переменные Dummy variables			
	Y	X_1	X_2	X_3
Лиственница Larch	0	0	0	0
Сосна Pine	0	1	0	0
Береза Birch	0	0	1	0
Тополь Poplar	0	0	0	1
Лиственница Larch	1	0	0	0
Сосна Pine	1	1	0	0
Береза Birch	1	0	1	0
Тополь Poplar	1	0	0	1

Примечание. $Y=0$ – данные, полученные путем табулирования моделей, построенных для насаждений лесного фонда; $Y=1$ – фактические данные, полученные на пробных площадях защитных полос. Кодировка древесных пород выполнена следующими сочетаниями фиктивных переменных: лиственница $X_1=0; X_2=0; X_3=0$; сосна $X_1=1; X_2=0; X_3=0$; береза $X_1=0; X_2=1; X_3=0$; тополь $X_1=0; X_2=0; X_3=1$.

Note. $Y=0$ – data obtained by tabulating models constructed for forest stands; $Y=1$ – experimental data obtained on the sample plots of protective strips. The encoding of tree species is as follows: larch $X_1=0; X_2=0; X_3=0$; pine $X_1=1; X_2=0; X_3=0$; birch $X_1=0; X_2=1; X_3=0$; poplar $X_1=0; X_2=0; X_3=1$.

Для первого варианта использована схема кодирования сравниваемых данных о фитомассе бинарной фиктивной переменной ($Y=0$ или $Y=1$) согласно табл. 3 и получено уравнение

$$\ln Pa = -6,0418 + 1,2013 \ln A + 1,0540 \ln M + 0,1661 Y, \quad (1)$$

$$adjR^2 = 0,928; SE = 0,112,$$

где Pa – надземная фитомасса, т/га;

A – возраст древостоя, лет;

M – запас древостоя, м³/га;

Y – бинарная переменная;

$adjR^2$ – коэффициент детерминации, скорректированный на количество переменных;

SE – стандартная ошибка уравнения.

Путем подстановки в уравнение (1) средних значений возраста и запаса, а также бинарной

переменной (0 или 1), мы установили, что при фиксированных значениях возраста и запаса надземная фитомасса в защитных полосах на 18 % больше по отношению к надземной фитомассе древостоев лесного фонда.

По второму варианту выполнен анализ соотношения фитомассы четырех пород и получено уравнение

$$\ln Pa = -3,5358 + 0,7135 \ln A + 0,9944 \ln M + 0,1661 Y - 0,1954 X_1 - 0,0133 X_2 - 0,0947 X_3, \quad (2)$$

$$adjR^2 = 0,929; SE = 0,111.$$

Согласно уравнению (2), сохраняется соотношение полученной нами фактической фитомассы и фитомассы, полученной по моделям (регрессионный коэффициент при бинарной переменной Y

в обоих уравнениях равен 0,1661). Регрессионные коэффициенты при фиктивных переменных X_i дают числовые соотношения фитомассы четырех пород при условии равенства их возраста и запаса. Оказалось, что по отношению к фитомассе лиственницы фитомасса сосны имеет меньшее значение (–3 %), а фитомасса березы и тополя – большее (соответственно +17 и +7 %).

Известно, что основным условием устойчивости регрессионной модели является ее воспроизводимость на независимой выборке данных (Guttinger, 2020). Однако вследствие недостаточной репрезентативности данных это условие не соблюдается по одним источникам в 50 % (Baker, 2016), а по другим – в 84 % случаев (The current state..., 2021). Имея в виду данное обстоятельство, полученные нами результаты по сопоставлению данных как двух объектов (защитные полосы и естественные леса), так и четырех пород на пробных площадях защитных полос следует считать предварительными вследствие малочисленности данных, особенно по лиственнице и сосне.

Выводы

Таким образом, установлено, что средняя высота насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги варьирует от 18 до 30 м, тогда как в таком же возрасте на Украине и Кубани дуб и робиния имеют высоту намного меньше – от 15 до 23 м. Но запас надземной фитомассы, напротив, в дубовых и робиниевых насаждениях больше (168–528 т/га) по сравнению с таковым в наших насаждениях (131–398 т/га).

Долевой фракционный состав фитомассы в прижелезнодорожных защитных полосах зависит от породного состава и морфоструктуры насаждений и варьирует: фитомасса стволов – от 88 до 92 %, ветвей – от 7 до 10 % и хвои (листвы) – от 1 до 3 %.

При фиксированных значениях возраста и запаса надземная фитомасса в защитных полосах на 18 % больше по отношению к надземной фитомассе древостоев лесного фонда.

В прижелезнодорожных защитных полосах фитомасса сосны по отношению к фитомассе лиственницы имеет меньшее значение (–3 %), а фитомасса березы и тополя – большее (соответственно +17 и +7 %).

Список источников

- Влияние лесополос на валовое содержание Pb и Cd и их обменные соединения в черноземах выщелоченных / Е. Н. Тихонова, Н. С. Горбунова, А. А. Сафонова [и др.] // Лесотехнический журнал. 2023. № 13 (1). С. 257–267. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/17
- Гавва И. Н., Капралов А. В., Григорьева А. В. Оценка шумогасящей роли защитных лесных насаждений вдоль железнодорожных путей // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса : матер. XIII Междунар. науч.-техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2021. С. 71–74.
- Долгилевич М. И., Попов В. П., Попова О. С. Особенности роста и формирование малорядных полезащитных лесных полос в Кулунде // Бюл. ВНИАЛМИ. 1982. № 3 (39). С. 8–14.
- Дубенок Н. Н., Танюкевич В. В., Тюрин С. В. Состояние и мелиоративная эффективность полезащитных лесонасаждений Краснодарского края // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 1. С. 36–38.
- Здорнов И. А. Структура, состояние и защитно-мелиоративная эффективность придорожных лесных полос Северного Казахстана : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 / Здорнов Игорь Александрович. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 20 с.
- Кириллов С. Н., Матвеева А. А. Применение защитных лесных насаждений вдоль железных дорог для повышения устойчивости экотехнических систем // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. № 13 (5). С. 188–190.

- Кириллов С. Н., Матвеева А. А. Экологическая роль прижелезнодорожных защитных лесных насаждений в снижении техногенного воздействия // *Естественные науки*. 2008. № 3 (24). С. 27–29.
- Ковалев Ю. Л. Биометрическое обоснование площади питания деревьев и оптимальной ажурности лесных полос : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.04 / Ковалев Юрий Лазаревич. Волгоград : ВНИАЛМИ, 1980. 22 с.
- Кулакова Е. Н., Штепа А. А., Чернодубов А. И. Защитные лесные полосы вдоль автомобильных дорог // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2018. № 4 (51). С. 46–50. DOI: 10.12737/article_5c3de3817c03d1.22631961
- Матвеева А. А. Состояние и экологическая роль защитных лесных насаждений вдоль железных дорог (в пределах г. Волгограда) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 03.00.16 / Матвеева Анна Александровна. Волгоград : Всерос. науч.-исслед. ин-т агролесомелиорации, 2009. 22 с.
- Неофитов Ю. А. Таблицы объемов стволов тополя и березы для полезащитных лесных полос // *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. 1979. № 10. С. 60–62.
- Особливості формування запасів фітомаси та мортмаси в дубових полезахисних лісових смугах лісостепової частини Харківської області. Лісівництво і агролісомеліорація / С. В. Сидоренко, В. П. Пастернак, С. Г. Сидоренко, Г. Б. Гладун // *Forestry and Forest Melioration*. 2019. № 134. С. 104–116 (укр.). DOI: 10.33220/1026-3365.134.2019.104
- Оценка соответствия конструктивных характеристик защитных лесных полос объемам снегоприноса на участках Свердловской железной дороги / Уразов П. Н., Нагимов З. Я., Герц Э. Ф. [и др.] // *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства*. 2024. № 1. С. 19–27. DOI: 10.21178/2079-6080.2024.1.19
- Оценка состояния и роста агролесомелиоративных насаждений из березы повислой и лиственницы сибирской в лесостепной подзоне Северного Казахстана / С. А. Кабанова, В. П. Алека, М. А. Данченко [и др.] // *В мире научных открытий*. 2016. № 1 (73). С. 89–107. DOI: 10.12731/wsd-2016-1-89-107
- Павловский Е. С. Устройство агролесомелиоративных насаждений. М. : Лесн. пром-сть, 1973. 126 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007316040/ (дата обращения: 17.07.2024).
- Продуктивность и природоохранная роль полезащитных лесонасаждений *Robinia pseudoacacia* L. Прикубанской равнины / В. В. Тянукевич, А. С. Рулев, В. В. Бородычев [и др.] // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2020. № 6. С. 88–97. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-88-97
- Региональные особенности создания защитных лесонасаждений вдоль автомобильных дорог / С. Н. Кружилин, Т. Ю. Баранова, М. П. Мишенина, М. А. Зайцева // *Applied Technology Research Journal*. 2018. № 8 (2). С. 22–32. DOI: 10.25726/NM.2018.2.2.003
- Рулев А. С., Рулева О. В., Сучков Д. К. Почвенно-таксационная характеристика модульных полезащитных лесных полос // *Лесохозяйственная информация*. 2021. № 1. С. 83–92. DOI: 10.24419 / LHI.2304-3083.2021.1.07
- Сердюков А. В. Средозащитная роль лесных полос вдоль железных дорог степной зоны Северного Кавказа : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 11.00.11 / Сердюков Александр Валентинович ; Новочеркасск. гос. мелиорат. акад. Новочеркасск, 1997. 24 с.
- Сидоренко С. В., Сидоренко С. Г. Підходи щодо оцінювання основних характеристик та меліоративних функцій захисних лісових смуг сучасними засобами дистанційного зондування Землі // *Ліси в умовах сучасних викликів : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і здобувачів (20 жовтня 2022 року, м. Харків)*. Харків, 2022. С. 24–26 (укр.).
- Состояние защитных лесных полос вдоль железных дорог Свердловской области / И. Н. Гавва, З. Я. Нагимов, А. В. Капралов, А. Ф. Уразова // *Леса России и хозяйство в них*. 2022. № 4. С. 49–55. DOI: 10.51318/FRET.2022.80.40.006

- Танюкевич В. В. Мелиоративная роль фитомассы лесных полос степных агроландшафтов Среднего и Нижнего Дона : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.03.03 / Танюкевич Вадим Викторович. Волгоград : ВНИАЛМИ, 2015. 47 с.
- Танюкевич В. В., Ивонин В. М. Фитонасыщенность полезащитных лесных полос как фактор их мелиоративного влияния // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 2 (14). С. 1–17. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=711> (дата обращения: 24.07.2024).
- Тюрин С. В. Ветрорегулирующая эффективность и влияние на ландшафтные пожары лесных полос степной зоны : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.03 / Тюрин Сергей Владимирович. Волгоград, 2021. 25 с.
- Уразова А. Ф., Герц Э. Ф. Состояние защитных лесных полос железных дорог и их пожарная безопасность // Успехи современного естествознания. 2022. № 4. С. 35–41. DOI: 10.17513/use.37806
- Уразова А. Ф., Нагимов З. Я., Уразов П. Н. Оценка снегозадерживающей способности защитных лесных полос вдоль железнодорожной линии Екатеринбург – Каменск-Уральский // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024а. № 248. С. 43–56. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.248.43-56
- Уразова А. Ф., Нагимов З. Я., Уразов П. Н. Таксационная характеристика защитных лесных полос вдоль железной дороги Екатеринбург – Каменск-Уральский // Леса России и хозяйство в них. 2024б. № 1 (88). С. 101–111. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.010
- Усольцев В. А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург : УрО РАН, 2007. 636 с. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3281> (дата обращения: 24.07.2024).
- Усольцев В. А., Цепордей И. С., Норицин Д. В. Аллометрические модели биомассы деревьев лесобразующих пород Урала // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 1. С. 4–14. DOI: 10.51318/FRET.2022.85.72.001
- Фуряев В. В., Злобина Л. П. Динамика горючих материалов в пологе лиственно-сосновых молодняков // Лесное хозяйство. 1996. № 3. С. 17–18.
- Above- and below-ground carbon sequestration in shelterbelt trees in Canada : A review / R. C. Mayrinck, C. P. Laroque, B. Y. Amichev, K. Van // Rees Forests. 2019. № 10 (10). P. 922. DOI: 10.3390/f10100922
- Assessing the uncertainty of tree height and aboveground biomass from terrestrial laser scanner and hypsometer using airborne LiDAR data in tropical rainforests / S. Ojoatre, C. Zhang, Y. A. Hussin [et al.] // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2019. № 12 (10). P. 4149–4159. DOI: 10.1109/JSTARS.2019.2944779
- Baker M. Is there a reproducibility crisis? // Nature. 2016. № 533 (7604). P. 452–454. URL: <https://www.researchgate.net/publication/304046209> (accessed 24.07.2024).
- Boklag V. The state measures how to improve the use and protection of land planted by protective forest belt // Baltic Journal of Economic Studies. 2016. № 2 (2). P. 14–18. DOI: 10.30525/2256-0742/2016-2-2-14-18
- Carbon sequestration and growth of six common tree and shrub shelterbelts in Saskatchewan, Canada / B. Y. Amichev, M. Bentham, S. Kulshreshtha [et al.] // Canadian Journal of Soil Science. 2016. № 97. P. 368–381. DOI: 10.1139/cjss-2016-0107
- Condition of linear landscape elements improves with contiguity to protected habitats: Empirical evidence useful for agroecosystem accounting and restoration / S. Valeri, M. F. Schmitz, B. Acosta-Gallo [et al.] // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2024. № 375. P. 109199. DOI: 10.1016/j.agee.2024.109199
- Design criteria of wind barriers for traffic / S.-D. Kwon, D.H. Kim, S.H. Lee, H.S. Song // Part 1: Wind barrier performance. Wind and Structures. 2011. № 14 (1). P. 55–70. DOI: 10.12989/was.2011.14.1.055
- Ecological development and function of shelterbelts in temperate North America / C. W. Mize, J. R. Brandle, M. M. Schoeneberger, G. Bentrup ; S. Jose and A. M. Gordon (eds.) // Toward agroforestry design : An ecological approach. Chapter 3. Springer, 2008. P. 27–54. DOI: 10.1007/978-1-4020-6572-9_3

- Establishment and potential snow storage capacity of willow (*Salix* spp.) living snow fences in south-central Minnesota, USA / *E. J. Ogdahl, D. S. Zamora, G. Johnson* [et al.] // *Agroforestry Systems*. 2016. № 90. P. 797–809. DOI: 10.1007/s10457-016-9894-2
- Farmland shelterbelt age mapping using Landsat time series images / *R. Deng, Z. Xu, Y. Li* [et al.] // *Remote Sensing*. 2022. № 14. P. 1457. DOI: 10.3390/rs14061457
- Using linear mixed model and dummy variable model approaches to construct compatible single-tree biomass equations at different scales – A case study for Masson pine in Southern China / *L. Y. Fu, W. S. Zeng, S. Z. Tang* [et al.] // *Journal of Forest Science*. 2012. № 58 (3). P. 101–115. URL: <https://www.researchgate.net/publication/220001955> (accessed 20.07.2024).
- Features of growth and design of protective forests plantings along highways of the South of Russia / *S. N. Kruzhilin, T. Y. Baranova, D. A. Dubovoy, M. V. Fathetdinova* // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. № 23 (1). P. 1–10. DOI: 10.12912/27197050/143138
- Fu L., Sun W., Wang G.* A climate-sensitive aboveground biomass model for three larch species in northeastern and northern China // *Trees*. 2017. № 31. P. 557–573. DOI: 10.1007/s00468-016-1490-6
- Guertin D., Easterling W., Brandle J.* Climate change and forest in the Great Plains – Issues in modeling fragmented woodlands in intensively managed landscapes // *BioScience*. 1997. № 47 (5). P. 287–295. DOI: 10.2307/1313190
- Guttinger S.* The limits of replicability // *European Journal for Philosophy of Science*. 2020. № 10. P. 10. DOI: 10.1007/s13194-019-0269-1
- Hodovanyuk A.Y.* Forest belts for more than twenty years in need of protection // The legal aspect of the problem. Collection of papers of Actual Problems in Politics. 2012. № 49. P. 228–327.
- Lup A., Miron L.* Fighting against drought in Dobrogea by protective forest belts // *Agrarian Economy and Rural Development – Realities and Perspectives for Romania : 5th Edition of the International Symposium, November 2014, Bucharest / The Research Institute for Agricultural Economy and Rural Development (ICEADR). Bucharest, 2014. P. 69–73. URL: <https://mpr.ub.uni-muenchen.de/61724/> (accessed 20.07.2024).*
- Ozer S., Irmak M. A., Yilmaz H.* Determination of roadside noise reduction effectiveness of *Pinus sylvestris* L. and *Populus nigra* L. in Erzurum, Turkey // *Environmental monitoring and assessment*. 2018. № 144(1–3). P. 191–197. DOI: 10.1007/s10661-007-9978-6
- Renterghem T. V.* Guidelines for optimizing road traffic noise shielding by non-deep tree belts // *Ecological Engineering*. 2014. № 69. P. 276–286. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.04.029
- Renterghem T. V., Attenborough K., Jean P.* Designing vegetation and tree belts along roads. Chapter 5 // *Environmental methods for transport noise reduction / M. E. Nilsson, R. Klæboe, J. Bengtsson* (eds.). Oxford, U.K. : Spon Press, 2014. P. 1–23. DOI: 10.1201/b17606-6
- Shaw D.* The design and use of living snow fences in North America // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 1988. № 22/23. P. 351–362. DOI: 10.1016/0167-8809(88)90031-x
- Study of forest strip systems agrolandscapes structure / *V. M. Ivonin, I. V. Voskoboinikova, E. Yu. Matvienko, A. A. Kaklyugina* // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020. № 574 (1). P. 012034. DOI: 10.1088/1755-1315/574/1/012034
- The current state of uncertainty reporting in ecosystem studies: a systematic evaluation of peer-reviewed literature / *R. D. Yanai, T. A. Mann, S. D. Hong* [et al.] // *Ecosphere*. 2021. № 12 (6). P. e03535. DOI: 10.1002/ecs2.3535
- Wang Y., Guo W., Xia H.* Numerical analysis of aerodynamic features of porosity-optimized wind barriers and running safety of train // *Vibroengineering Procedia*. 2015. № 5. P. 515–520. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1058432.pdf> (accessed 20.07.2024)
- Wiseman G., Kort J., Walker D.* Quantification of shelterbelt characteristics using high-resolution imagery // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2009. № 131(1–2). P. 111–117. DOI: 10.1016/j.agee.2008.10.018

- Zhu J. J. Wind Shelterbelts // Encyclopedia of Ecology. Elsevier : Copenhagen, Denmark, 2008. P. 3803–3812. DOI: 10.1016/b978-008045405-4.00366-9
- Zhu J., Song L. A review of ecological mechanisms for management practices of protective forests // Journal of Forestry Research. 2021. № 32. P. 435–448. DOI: 10.1007/s11676-020-01233-4

References

- Above- and below-ground carbon sequestration in shelterbelt trees in Canada : A review / R. C. Mayrinck, C. P. Laroque, B. Y. Amichev, K. Van // Rees Forests. 2019. № 10 (10). P. 922. DOI: 10.3390/f10100922
- Assessing the uncertainty of tree height and aboveground biomass from terrestrial laser scanner and hypsometer using airborne LiDAR data in tropical rainforests / S. Ojoatre, C. Zhang, Y. A. Hussin [et al.] // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2019. № 12 (10). P. 4149–4159. DOI: 10.1109/JSTARS.2019.2944779
- Assessment of the compliance of the structural characteristics of protective forest strips to the volume of snowfall on the sections of the Sverdlovsk railway / P. N. Urazov, Z. Y. Nagimov, E. F. Hertz [et al.] // Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry. 2024. № 1. P. 19–27. DOI: 10.21178/2079-6080.2024.1.19 (In Russ.)
- Assessment of the condition and growth of agroforestry plantations of birch and Siberian larch in the forest-steppe subzone of Northern Kazakhstan / S. A. Kabanova, V. P. Aleka, M. A. Danchenko [et al.] // In the World of Scientific Discoveries. 2016. № 1 (73). P. 89–107. DOI: 10.12731/wsd-2016-1-89-107 (In Russ.)
- Baker M. Is there a reproducibility crisis? // Nature. 2016. № 533 (7604). P. 452–454. URL: <https://www.researchgate.net/publication/304046209> (accessed 24.07.2024).
- Boklag V. The state measures how to improve the use and protection of land planted by protective forest belt // Baltic Journal of Economic Studies. 2016. № 2 (2). P. 14–18. DOI: 10.30525/2256-0742/2016-2-2-14-18
- Carbon sequestration and growth of six common tree and shrub shelterbelts in Saskatchewan, Canada / B. Y. Amichev, M. Bentham, S. Kulshreshtha [et al.] // Canadian Journal of Soil Science. 2016. № 97. P. 368–381. DOI: 10.1139/cjss-2016-0107
- Condition of linear landscape elements improves with contiguity to protected habitats: Empirical evidence useful for agroecosystem accounting and restoration / S. Valeri, M. F. Schmitz, B. Acosta-Gallo [et al.] // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2024. № 375. P. 109199. DOI: 10.1016/j.agee.2024.109199
- Design criteria of wind barriers for traffic / S.-D. Kwon, D. H. Kim, S. H. Lee, H. S. Song // Part 1: Wind barrier performance. Wind and Structures. 2011. № 14 (1). P. 55–70. DOI: 10.12989/was.2011.14.1.055
- Dolgilevich M. I., Popov V. P., Popova O. S. Features of growth and formation of low-row field-protective forest strips in Kulunda // Bulletin VNIALMI. 1982. № 3 (39). P. 8–14. (In Russ.)
- Dubenok N. N., Tanyukevich V. V., Tyurin S. V. State and meliorative efficiency of field protective forest plantations of Krasnodar Krai // Russian agricultural science. 2017. № 1. P. 36–38. (In Russ.)
- Ecological development and function of shelterbelts in temperate North America / C. W. Mize, J. R. Brandle, M. M. Schoeneberger, G. Bentrup ; S. Jose and A. M. Gordon (eds.) // Toward agroforestry design : An ecological approach. Chapter 3. Springer, 2008. P. 27–54. DOI: 10.1007/978-1-4020-6572-9_3
- Establishment and potential snow storage capacity of willow (*Salix* spp.) living snow fences in south-central Minnesota, USA / E. J. Ogdahl, D. S. Zamora, G. Johnson [et al.] // Agroforestry Systems. 2016. № 90. P. 797–809. DOI: 10.1007/s10457-016-9894-2
- Farmland shelterbelt age mapping using Landsat time series images / R. Deng, Z. Xu, Y. Li [et al.] // Remote Sensing. 2022. № 14. P. 1457. DOI: 10.3390/rs14061457

- Features of growth and design of protective forests plantings along highways of the South of Russia / *S. N. Kruzhilin, T. Y. Baranova, D. A. Dubovoy, M. V. Fathetdinova* // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. № 23 (1). P. 1–10. DOI: 10.12912/27197050/143138
- Fu L., Sun W., Wang G.* A climate-sensitive aboveground biomass model for three larch species in northeastern and northern China // *Trees*. 2017. № 31. P. 557–573. DOI: 10.1007/s00468-016-1490-6
- Furyaev V. V., Zlobina L. P.* Dynamics of combustible materials in the canopy of deciduous-pine young forests // *Lesnoe khozyaystvo [Forestry]*. 1996. № 3. P. 17–18. (In Russ.)
- Gavva I. N., Kapralov A. V., Grigorieva A. V.* Assessment of noise-attenuating role of protective forest plantations along the railroad tracks // *Effective response to modern challenges taking into account the interaction of man and nature, man and technology: socio-economic and environmental problems of forest complex : Proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference / Ural State Forest Engineering University*. Yekaterinburg, 2021. P. 71–74. (In Russ.)
- Guertin D., Easterling W., Brandle J.* Climate change and forest in the Great Plains – Issues in modeling fragmented woodlands in intensively managed landscapes // *BioScience*. 1997. № 47 (5). P. 287–295. DOI: 10.2307/1313190
- Guttinger S.* The limits of replicability // *European Journal for Philosophy of Science*. 2020. № 10. P. 10. DOI: 10.1007/s13194-019-0269-1
- Hodovanyuk A. Y.* Forest belts for more than twenty years in need of protection // *The legal aspect of the problem. Collection of papers of Actual Problems in Politics*. 2012. № 49. P. 228–327.
- Influence of forest belts on the gross content of Pb and Cd and their exchange compounds in chernozem leached / *E. N. Tikhonova, N. S. Gorbunova, A. A. Safonova* [et al.] // *Forestry Journal*. 2023. № 13 (1). P. 257–267. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/17 (In Russ.)
- Kirillov S. N., Matveeva A. A.* Ecological role of railroad protective forest plantations in reducing technogenic impact // *Natural sciences*. 2008. № 3 (24). P. 27–29. (In Russ.)
- Kirillov S. N., Matveeva A. A.* Application of protective forest plantations along railroads to increase the stability of ecotechnical systems // *News of the Samara Scientific center of the Russian Academy of Sciences*. 2011. № 13 (5). C. 188–190. (In Russ.)
- Kovalev Yu. L.* Biometric substantiation of the area of detree nutrition and optimal openwork of forest strips : autoref. dis. Cand. of Sci. Sciences : 06.03.04 / *Kovalev Yuri Lazarevich*. Volgograd : VNIALMI, 1980. 22 p.
- Kulakova E. N., Shtepa A. A., Chernodubov A. I.* Protective Forest strips along automobile roads // *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 2018. № 4 (51). P. 46–50. DOI: 10.12737/article_5c3de3817c03d1.22631961 (In Russ.)
- Lup A., Miron L.* Fighting against drought in Dobrogea by protective forest belts // *Agrarian Economy and Rural Development – Realities and Perspectives for Romania : 5th Edition of the International Symposium, November 2014, Bucharest / The Research Institute for Agricultural Economy and Rural Development (ICEADR)*. Bucharest, 2014. P. 69–73. URL: <https://mpr.ub.uni-muenchen.de/61724/> (accessed 20.07.2024).
- Matveeva A. A.* State and ecological role of protective forest plantations along the railroads (within the city of Volgograd) : author's thesis. ... Candidate of Agricultural Sciences : 03.00.16 / *Matveeva Anna Aleksandrovna*. Volgograd : All-Russian scientific-research institute of agroforestry-melioration, 2009. 22 p.
- Neofitov Yu. A.* Tables of volumes of poplar and birch trunks for field-protective forest strips // *Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan*. 1979. № 10. P. 60–62. (In Russ.)
- Ozer S., Irmak M. A., Yilmaz H.* Determination of roadside noise reduction effectiveness of *Pinus sylvestris* L. and *Populus nigra* L. in Erzurum, Turkey // *Environmental monitoring and assessment*. 2018. № 144 (1–3). P. 191–197. DOI: 10.1007/s10661-007-9978-6
- Pavlovskiy E. S.* Arrangement of agroforest ameliorative plantations. Moscow : *Lesnaya Promyshlennost'*, 1973. Vol. 126. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007316040/ (accessed 17.07.2024). (In Russ.)

- Peculiarities of phytomass and mortmass stocks formation in oak shelterbelts of the forest-steppe part of Kharkiv region. Forestry and agroforestry melioration / S. V. Sydorenko, V. P. Pasternak, S. G. Sydorenko, G. B. Gladun // Forestry and Forest Melioration. 2019. № 134. P. 104–116. DOI: 10.33220/1026-3365.134.2019.104 (In Ukrainian)
- Productivity and conservation role of pole-protective forest plantations *Robinia pseudoacacia* L. of the Kuban plain / V. V. Tanyukevich, A. S. Rulev, V. V. Borodychev [et al.] // Izvestiya vuzov. Forest journal. 2020. № 6. P. 88–97. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-88-97 (In Russ.)
- Regional peculiarities of protective afforestation along highways / S. N. Kruzhilin, T. Y. Baranova, M. P. Mishenina, M. A. Zaitseva // Applied Technology Research Journal. 2018. № 8 (2). P. 22–32. DOI: 10.25726/NM.2018.2.2.003 (In Russ.)
- Renterghem T. V. Guidelines for optimizing road traffic noise shielding by non-deep tree belts // Ecological Engineering. 2014. № 69. P. 276–286. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.04.029
- Renterghem T. V., Attenborough K., Jean P. Designing vegetation and tree belts along roads. Chapter 5 // Environmental methods for transport noise reduction / M. E. Nilsson, R. Klæboe, J. Bengtsson (eds.). Oxford, U.K. : Spon Press, 2014. P. 1–23. DOI: 10.1201/b17606-6
- Rulev A. S., Ruleva O. V., Suchkov D. K. Soil-taxation characteristic of modular field-protective forest strips // Lesokhozyaystvennaya informatsiya. 2021. № 1. P. 83–92. DOI: 10.24419 / LHI.2304-3083.2021.1.07 (In Russ.)
- Serdyukov A. V. The protective role of forest strips along the railroads of the steppe zone of the North Caucasus : abstract of the diss. ... Candidate of agricultural sciences : 11.00.11 / Serdyukov Alexander Valentinovich. Novocherkassk. gos. meliorative academy. Novocherkassk, 1997. 24 p.
- Shaw D. The design and use of living snow fences in North America // Agriculture, Ecosystems and Environment. 1988. № 22/23. P. 351–362. DOI: 10.1016/0167-8809(88)90031-x
- State of protective forest belts along the railroads of the Sverdlovsk region / I. N. Gavva, Z. Y. Nagimov, A. V. Kapralov, A. F. Urazova // Forests of Russia and management in them. 2022. № 4. P. 49–55. DOI: 10.51318/FRET.2022.80.40.006 (In Russ.)
- Study of forest strip systems agrolandscapes structure / V. M. Ivonin, I. V. Voskoboynikova, E. Yu. Matvienko, A. A. Kaklyugina // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 574 (1). P. 012034. DOI: 10.1088/1755-1315/574/1/012034
- Sydorenko S. V., Sydorenko S. G. Approaches to assessing the main characteristics and reclamation functions of protective forest belts by modern means of remote sensing // Forests in the context of modern challenges : Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Postgraduate Students and Applicants (October 20, 2022, Kharkiv). Kharkiv, 2022. P. 24–26. (In Ukrainian)
- Tanyukevich V. V. Ameliorative role of phytomass of forest strips of steppe agrolandscapes of the Middle and Lower Don: autoref. diss. ... Dr. of agricultural sciences : 06.03.03 / Tanyukevich Vadim Viktorovich. Volgograd : VNIALMI, 2015. 47 p.
- Tanyukevich V. V., Ivonin V. M. Phytosaturation of field-protective forest strips as a factor of their ameliorative influence // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2014. № 2 (14). P. 1–17. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=711> (accessed 24.07.2024). (In Russ.)
- The current state of uncertainty reporting in ecosystem studies: a systematic evaluation of peer-reviewed literature / R. D. Yanai, T. A. Mann, S. D. Hong [et al.] // Ecosphere. 2021. № 12 (6). P. e03535. DOI: 10.1002/ecs2.3535
- Tyurin S. V. Wind-regulating efficiency and influence on landscape fires of forest strips of the steppe zone : autoref. diss. ... Cand. of agricultural sciences : 06.03.03 / Tyurin Sergey Vladimirovich. Volgograd, 2021. 25 p.

- Urazova A. F., Hertz E. F.* Condition of protective forest belts of railroads and their fire safety // *Uspekhi sovremennoi naukhstvennost' naukhstvennost'* [Successes of modern natural science]. 2022. № 4. P. 35–41. DOI: 10.17513/use.37806 (In Russ.)
- Urazova A. F., Nagimov Z. Y., Urazov P. N.* Estimation of snow-holding capacity of protective forest strips along the railroad line Yekaterinburg – Kamensk-Uralsky // *News of the St. Petersburg Forestry Academy*. 2024a. № 248. P. 43–56. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.248.43-56 (In Russ.)
- Urazova A. F., Nagimov Z. Y., Urazov P. N.* Taxation characteristic of protective forest strips along the railroad Yekaterinburg – Kamensk-Uralsky // *Forests of Russia and economy in them*. 2024б. № 1 (88). P. 101–111. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.010 (In Russ.)
- Usoltsev V. A.* Biological productivity of forests of Northern Eurasia: methods, database and its applications. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2007. Vol. 636. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3281> (accessed 24.07.2024). (In Russ.)
- Usoltsev V. A., Tsepordei I. S., Noritsin D. V.* Allometric models of tree biomass of forest-forming species of the Urals // *Forests of Russia and economy in them*. 2022. № 1. P. 4–14. DOI: 10.51318/FRET.2022.85.72.001 (In Russ.)
- Using linear mixed model and dummy variable model approaches to construct compatible single-tree biomass equations at different scales – A case study for Masson pine in Southern China / *L. Y. Fu, W. S. Zeng, S. Z. Tang* [et al.] // *Journal of Forest Science*. 2012. № 58 (3). P. 101–115. URL: <https://www.researchgate.net/publication/220001955> (accessed 20.07.2024).
- Wang Y., Guo W., Xia H.* Numerical analysis of aerodynamic features of porosity-optimized wind barriers and running safety of train // *Vibroengineering Procedia*. 2015. № 5. P. 515–520. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewById/1058432.pdf> (accessed 20.07.2024)
- Wiseman G., Kort J., Walker D.* Quantification of shelterbelt characteristics using high-resolution imagery // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2009. № 131(1–2). P. 111–117. DOI: 10.1016/j.agee.2008.10.018
- Zdornov I. A.* Structure, condition and protective and ameliorative efficiency of roadside forest strips in Northern Kazakhstan : author's thesis ... Candidate of Agricultural Sciences : 06.03.02 / *Zdornov Igor Alexandrovich*. Yekaterinburg : Ural State Forest University, 2020. 20 p.
- Zhu J. J.* Wind Shelterbelts // *Encyclopedia of Ecology*. Elsevier : Copenhagen, Denmark, 2008. P. 3803–3812. DOI: 10.1016/b978-008045405-4.00366-9
- Zhu J., Song L.* A review of ecological mechanisms for management practices of protective forests // *Journal of Forestry Research*. 2021. № 32. P. 435–448. DOI: 10.1007/s11676-020-01233-4

Информация об авторах

П. Н. Уразов – аспирант;

В. А. Усольцев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

А. Ф. Уразова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

P. N. Urazov – graduate student;

V. A. Usoltsev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

A. F. Urazova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 15.10.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 16.10.2024; accepted for publication 15.11.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 18–25.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 18–25.

Научная статья

УДК 630.265

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.002

МЕЛИОРАТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС РАЗНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ ВДОЛЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Иван Николаевич Гавва¹, Зуфар Ягфарович Нагимов²,
Анатолий Витальевич Капралов³, Алина Флоритовна Уразова⁴

¹⁻⁴ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ gavvaivan@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9743-7879>

² nagimovzy@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6853-2375>

³ capralovav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6058-2661>

⁴ urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

Аннотация. В статье приведены результаты оценки мелиоративной эффективности двух систем защитных насаждений, функционирующих в полосах отвода Свердловской железной дороги. Каждая система включает две защитные лесные полосы (ЗЛП), расположенные по обеим сторонам от дороги на одинаковом удалении от нее. В первой из них полосы имеют непродуваемую конструкцию, во второй – ажурную. Установлено, что степень и характер отложения снега вдоль дорог существенным образом зависят от конструкции полос в системе. В зоне мелиоративного влияния первой системы наибольшее количество снега задерживается перед полосой и внутри самой полосы, расположенной с наветренной стороны в отношении метелевых ветров. Вследствие этого в непосредственной близости к дороге толщина снежного покрова значительно меньше (в 1,64 раза), чем на контрольном участке. В зоне мелиоративного влияния второй системы снежный покров распределяется с заметно меньшим варьированием по высоте, более равномерно. Здесь глубина снега у железнодорожного полотна только в 1,2 меньше, чем на контрольном участке. Исследуемые системы ЗЛП по-разному изменяют скорость и траекторию ветрового потока. Ширина зоны эффективного снижения скорости ветра на объекте с системой непродуваемых полос составляет около 300 м, а на объекте с ажурными полосами в 1,5 раза меньше – 200 м. В зоне мелиоративного влияния и первой и второй систем ЗЛП скорость ветра наименьшее значение имеет в непосредственной близости от дороги с заветренной стороны. Однако степень снижения скорости ветрового потока непродуваемыми полосами в этом месте (50,0 %) значительно выше, чем ажурными (37,5 %). В целом в полосе отвода железной дороги снегозадерживающая и ветроослабляющая эффективность системы защитных насаждений с лесными полосами непродуваемой конструкции заметно выше, чем с полосами ажурной конструкции.

Ключевые слова: Свердловская железная дорога, защитные лесные полосы, мелиоративная эффективность, снегораспределение, скорость ветра

Для цитирования: Мелиоративная эффективность защитных лесных полос разных конструкций, функционирующих вдоль железных дорог Свердловской области / И. Н. Гавва, З. Я. Нагимов, А. В. Капралов, А. Ф. Уразова // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 18–25.

Original article

AMELIORATIVE EFFICIENCY OF PROTECTIVE FOREST BELTS OF DIFFERENT DESIGNS OPERATING ALONG RAILROADS IN THE SVERDLOVSK REGION

Ivan N. Gavva¹, Zufar Ya. Nagimov², Anatoly V. Kapralov³, Alina F. Urazova⁴

¹⁻⁴ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ gavvaivan@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9743-7879>

² nagimovzy@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6853-2375>

³ capralovav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6058-2661>

⁴ urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

Abstract. The paper presents the results of reclamation efficiency assessment of two systems of protective plantations functioning in the right-of-way of the Sverdlovsk railroad. Each system includes two protective forest strips (PFS) located on both sides of the road at an equal distance from it. In the first of them the strips have an impervious design, in the second – openwork. It was found that the degree and character of snow deposition along the roads significantly depend on the design of strips in the system. In the zone of ameliorative influence of the first system, the greatest amount of snow is retained in front of the strip and inside the strip itself, located on the windward side with respect to blizzard winds. As a consequence, in the immediate vicinity of the road, the snow cover thickness is much less (1,64 times) than in the control plot. In the zone of reclamation influence of the second system, the snow cover is distributed with noticeably less variation in height and more evenly. Here the snow depth near the railroad bed is only 1,2 times less than on the control section. The investigated PFS systems vary the speed and trajectory of the wind flow differently. The width of the zone of effective wind speed reduction at the site with the system of non-blown strips is about 300 m, and at the site with openwork strips 1,5 times less – 200 m. In the zone of ameliorative influence of both the first and second systems of ZLD, wind speed has the lowest value in the immediate vicinity of the road from the windward side. However, the degree of wind velocity reduction by non-blown strips in this place (50,0 %), is much higher than by openwork strips (37,5 %). In general, in the railroad right-of-way the snow-retarding and wind-relieving efficiency of the system of protective plantations with forest strips of non-blown design is noticeably higher than with strips of openwork design.

Keywords: Sverdlovsk railroad, protective forest strips, ameliorative efficiency, snow distribution, wind velocity

For citation: Ameliorative efficiency of protective forest belts of different designs operating along railroads in the Sverdlovsk region / I. N. Gavva, Z. Ya. Nagimov, A. V. Kapralov, A. F. Urazova // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 18–25.

Введение

Защитно-мелиоративную роль защитных лесных насаждений вдоль путей сообщения трудно переоценить. Они не только предотвращают снежные заносы дорог, но и выполняют разнообразные санитарно-гигиенические и социальные функции, а на безлесных территориях выступают одновременно в роли полезащитных полос. Известно, что почти 5000 км развернутой протяженности

Свердловской железной дороги представлены снегозаносимыми участками. Среди насаждений, выделенных для защиты путей от снежных заносов, 20,6 % (3851,7 га) – это искусственно созданные защитные лесные полосы (Уразова, Нагимов, 2021; Состояние..., 2022).

В процессе многолетней эксплуатации существующие защитные лесонасаждения могут значительно снизить или потерять свои снегозащитные

свойства. ЗЛП нуждаются в регулярных уходах, необходимых для сохранения и повышения их мелиоративной способности (Указания..., 1974). Однако последние десятилетия характеризуются полным отсутствием каких-либо лесохозяйственных мероприятий в защитных насаждениях, произрастающих в полосе отвода Свердловской железной дороги. В этой связи актуальной задачей является оценка состояния и защитно-мелиоративных свойств функционирующих в настоящее время вдоль железнодорожных путей ЗЛП.

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Цель данной работы заключалась в оценке влияния защитных лесных полос различных конструкций на скорость ветра и распределение снега в полосах отвода железной дороги. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- подбор соответствующих объектов для проведения исследований;
- определение конструкции ЗЛП;
- измерение скорости ветра и глубины снежного покрова (с наветренной и подветренной сторон дороги) на разном удалении от железнодорожного полотна;
- анализ мелиоративной эффективности ЗЛП различных конструкций.



а



б

Исследования проводились на двух объектах, первый из которых расположен на участке полосы отвода железнодорожной линии Екатеринбург – Красноуфимск, а второй – железнодорожной линии Екатеринбург – Каменск-Уральский. На этих объектах ЗЛП расположены по обеим сторонам железной дороги на расстоянии 8–12 м от нее, т.е. представляют собой систему защитных насаждений (Указания..., 1974). Причем на первом из них ЗЛП имеют плотную конструкцию, а на втором – ажурную (рис. 1).

Для каждого объекта был подобран один контрольный участок – территория полосы отвода без ЗЛП.

Для определения скорости ветра и высоты снежного покрова на каждом объекте закладывались 5 трансект, расположенных перпендикулярно к железнодорожному пути и пересекающих его. Расстояние между ними составляло 10 м. На трансектах по обе стороны от дороги для проведения исследований фиксировались пункты наблюдений (замеров) на разном расстоянии от головки соответствующего рельса: первый у железнодорожного полотна на удалении 5 м, второй – 30 м (за ЗЛП), третий – 50 м, четвертый – 100 м, пятый – 150 м и шестой – 200 м. На каждом пункте глубина снега измерялась в трех местах с помощью переносной снегомерной рейки с точностью до 1 см.

Рис. 1. Исследуемые ЗЛП:
а – на первом объекте; б – на втором
Fig. 1. The investigated ZLPs:
а – at the first site; б – at the second site

Снегомерная съемка осуществлялась в конце февраля (в момент наибольшего накопления снега за зимний период) 2023 г. Скорость ветра замерялась с помощью портативного анемометра АТТ-1002 на высоте 0,5 м от поверхности снега. По данным этих измерений определялись средние значения глубины снега и скорости ветра на разном удалении от дороги для каждого участка в целом.

Результаты и их обсуждение

Степень и характер отложения снега вдоль железных и автомобильных дорог зависят от многих факторов (Указания..., 1974; Здорнов и др., 2020). Результаты наших исследований свидетельствуют, что существенную роль в снижении скорости ветра и снегораспределении на прилегающих к дороге территориях играет конструкция ЗПП. В табл. 1 по каждому объекту представлены данные о глубине снежного покрова на различном удалении от дороги. Расстояния в наветренную сторону (откуда дуют преобладающие ветры) указаны со знаком минус.

Более наглядно распределение снега на исследуемых объектах показано на рис. 2 и 3.

Анализ данных, представленных в табл. 1 и на рис. 2 и 3, позволяет отметить следующее. Обе системы защитных насаждений (первая – с ЗПП непродуваемой конструкции, вторая – с ЗПП ажурной конструкции) оказывают определенное влияние на снегораспределение в полосе отвода дороги. Об этом свидетельствует сравнение данных, полученных на участках с ЗПП и без них (на контроле). Однако степень и характер отложения снега вдоль дорог существенным образом зависят от конструкции представленных в системах полос.

На первом объекте с наветренной стороны влияние полосы на снегозадержание начинает проявляться на расстоянии 50 м от дороги. Большая часть снежных масс, приносимых к полосе, задерживается на опушке и внутри самой полосы. На расстоянии 30 м от дороги (в первой полосе) глубина снега достигает максимальной величины (0,66 м), что в 1,4 раза больше, чем на контроле.

Таблица 1
Table 1

Глубина снега на исследуемых объектах, м
Snow depth at the studied objects, m

Расстояния от дороги, м Distances from the road, m	Объект № 1 Object № 1		Объект № 2 Object № 2	
	Участок с ЗПП Plot with PFB	Контрольный участок Control area	Участок с ЗПП Plot with PFB	Контрольный участок Control area
-150	0,50	0,49	0,51	0,49
-100	0,49	0,49	0,49	0,50
-50	0,56	0,51	0,56	0,51
-30	0,66	0,48	0,60	0,48
Замер у ж/д полотна Measuring at the railroad tracks	0,28	0,46	0,38	0,45
30	0,63	0,48	0,55	0,47
50	0,69	0,50	0,59	0,49
100	0,61	0,49	0,56	0,48
150	0,52	0,51	0,51	0,49
200	0,50	0,50	0,49	0,49

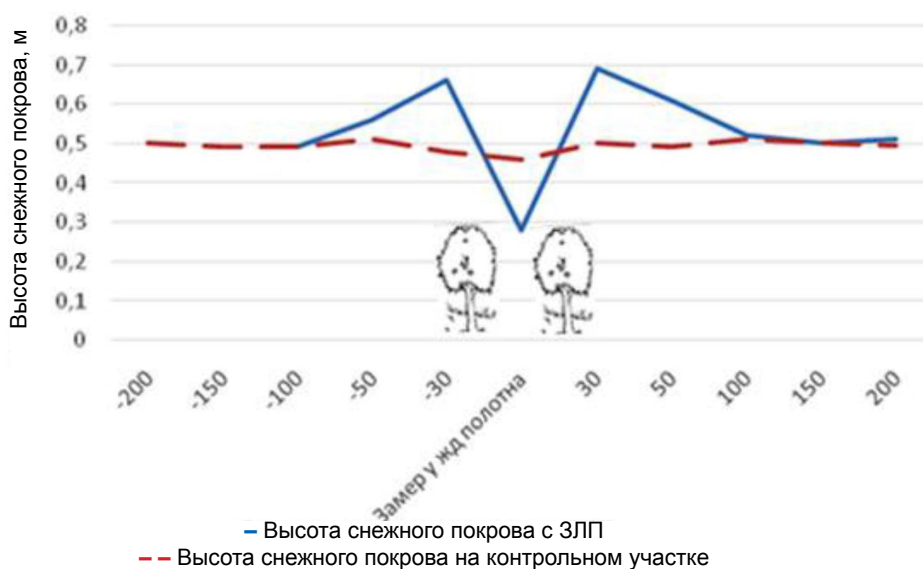


Рис. 2. Распределение снега на участках (с ЗЛП и без них) первого объекта исследований
 Fig. 2. Snow distribution in the plots (with and without PFSs) of the first study site

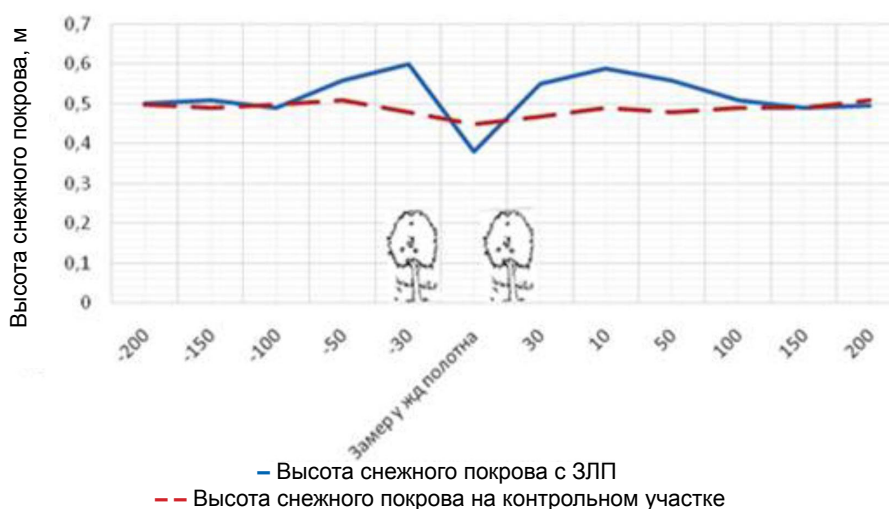


Рис. 3. Распределение снега на участках (с ЗЛП и без них) второго объекта исследований
 Fig. 3. Snow distribution in the plots (with and without PFSs) of the second study site

У железнодорожного полотна (на удалении 5 м от нее) этот показатель снижается до минимального значения и составляет всего 0,28 м. Примечательно, что в непосредственной близости к дороге толщина снежного покрова в 1,64 раза меньше, чем на контрольном участке. Это является свидетельством достаточно высокой снегозадерживающей эффективности системы ЗЛП с непродуваемой конструкцией. По мере удаления от дороги в обратном направлении (в заветренную сторону) глубина снега постепенно увеличивается и достигает максимума (0,69 м) на расстоянии 50 м (за второй

полосой) от дороги. После достижения максимума по мере дальнейшего передвижения в сторону поля толщина снежного покрова снижается и на расстоянии 150 м от дороги сравнивается с показателем на контрольном участке.

На втором объекте с ЗЛП ажурной конструкции в зоне их мелиоративного влияния снежный покров распределяется с заметно меньшим варьированием по высоте, т.е. более равномерно. Участки с ЗЛП и без них по глубине снежного покрова различаются в значительно меньшей степени, чем на первом объекте. Достаточно большое количество снега

накапливается непосредственно у дороги. Глубина снега на удалении 5 м от железнодорожного полотна достигает 0,38 м, что не намного меньше (всего на 7 см, в 1,20 раза), чем на соответствующем пункте замера контрольного участка. Таким образом, в полосе отвода железной дороги снегозадерживающая эффективность системы ЗПП с ажурной конструкцией существенно ниже, чем системы с непродуваемыми полосами. Высокая ветропроницаемость по всему вертикальному профилю ажурных полос может привести к снежным заносам полотна дороги на снегозаносимых участках в годы с выраженной метелевой деятельностью ветров.

Специфика отложения снежных масс в мелиоративной зоне ЗПП разных конструкций в первую очередь связана со степенью снижения ими скорости ветрового потока в зимний период. На основе анализа специальной литературы можно сделать заключение, что влияние на ветровой поток защитной полосы любой конструкции на расстоянии более 150 м от ее наветренной стороны практически не проявляется. Поэтому скорость ветра в пункте

наблюдений, расположенном на удалении 200 м от железнодорожного полотна с наветренной стороны, условно можно принять за скорость в открытом поле. Выразив в процентах от этого показателя значения скорости ветрового потока в других пунктах наблюдения, можно получить объективную картину о ветроослабляющей способности системы ЗПП. Соответствующие данные для оценки степени снижения скорости ветрового потока на исследуемых объектах представлены в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что степень снижения скорости ветра в зоне мелиоративного влияния системы ЗПП относительно его скорости в открытом поле варьирует в достаточно широких пределах. Минимальное значение этого показателя на обоих объектах характерно для пункта наблюдения, расположенного на расстоянии 150 м от дороги с ее наветренной стороны. На первом объекте оно составляет 5,9 %, а на втором – 6,2 %. Максимальная величина рассматриваемого показателя наблюдается с заветренной стороны на удалении 5 м от дороги: на первом объекте – 50,0 %, на втором – 37,5 %.

Таблица 2
Table 2

Снижение скорости ветра в зоне мелиоративного влияния ЗПП по сравнению с таковой в открытом поле
Reduction of wind speed in the zone of reclamation influence of PFB in comparison with the open field

Расстояния от дороги, м Distances from the road, m	Скорость ветра на разном расстоянии от дороги относительно скорости в открытом поле, % Wind speed at different distances from the road relative to the speed in the open field, %	
	Объект № 1 Object № 1	Объект № 2 Object № 2
-200	100,0	100,0
-150	94,1	93,8
-100	91,1	93,8
-50	82,3	90,6
-5	64,7	78,1
0	55,9	65,6
5	50,0	62,5
50	58,9	65,6
100	73,5	84,3
150	79,4	90,6
200	88,2	96,9

В системе ЗЛП снижение скорости ветрового потока считается эффективным, если оно составляет 10 % и более (Указания..., 1974). Из представленных в табл. 2 данных ширина зоны эффективного снижения скорости ветра на первом объекте простирается примерно от отметки –100 м до 200 м, т. е. составляет около 300 м, а на втором – от отметки –50 м до 150 м (200 м).

В целом представленные материалы свидетельствуют, что ветроослабляющая способность системы защитных насаждений с полосами непродуваемой конструкции существенно выше, чем с ажурными полосами. Первая система полос характеризуется большими дальностью защитного действия и степенью снижения скорости ветра.

Выводы

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы и обобщения. Функционирующие в настоящее время в полосе отвода железных дорог ЗЛП играют положительную роль в защите путей от заносов метелевым снегом, задерживая и аккумулируя его около и внутри себя. При этом степень и характер отложения снега вдоль дорог существенным образом зависят от конструкции этих полос. В зоне мелиоративного влияния системы ЗЛП непродуваемой конструкции мак-

симальное количество снега задерживается перед полосой и внутри самой полосы, расположенной с наветренной стороны от дороги. Вследствие этого в непосредственной близости к дороге толщина снежного покрова значительно меньше (в 1,64 раза), чем на контрольном участке. В зоне мелиоративного влияния системы ЗЛП ажурной конструкции снежный покров распределяется с заметно меньшим варьированием по высоте, более равномерно. Здесь глубина снега у железнодорожного полотна только в 1,2 меньше, чем на контрольном участке.

Исследуемые системы ЗЛП по-разному изменяют скорость и траекторию ветрового потока. Ширина зоны эффективного снижения скорости ветра на объекте с системой непродуваемых полос составляет около 300 м, а на объекте с ажурными полосами в 1,5 раза меньше – 200 м. В зоне мелиоративного влияния и первой и второй систем ЗЛП скорость ветра наименьшее значение имеет в непосредственной близости от дороги с заветренной стороны. Однако степень снижения скорости ветрового потока непродуваемыми полосами в этом месте (50,0 %) значительно выше, чем ажурными (37,5 %). В целом в полосе отвода железной дороги снегозадерживающая и ветроослабляющая эффективность системы ЗЛП непродуваемой конструкции заметно выше, чем системы полос ажурной конструкции.

Список источников

- Здорнов И. А., Нагимов З. Я., Капралов А. В. Изменение скоростей ветрового потока в системе защитная полоса – автодорога в условиях Северного Казахстана // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2020. № 3. С. 33–47.
- Состояние защитных лесных полос вдоль железных дорог Свердловской области / И. Н. Гавва, З. Я. Нагимов, А. В. Капралов, А. Ф. Уразова // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 4. С. 49–55.
- Указания по изысканию и проектированию защитных лесонасаждений вдоль железных дорог СССР. М. : Транспорт, 1974. 112 с.
- Уразова А. Ф., Нагимов З. Я. Современное состояние защитных лесных насаждений вдоль Свердловской железной дороги // Успехи современного естествознания. 2021. № 1. С. 26–31.

References

- Guidelines for the survey and design of protective forest plantations along the USSR railroads. Moscow : Transport, 1974. 112 p.
- State of protective forest belts along the railroads of the Sverdlovsk region / I. N. Gavva, Z. Y. Nagimov, A. V. Kapralov, A. F. Urazova // Forests of Russia and economy in them. 2022. № 4. P. 49–55. (In Russ.)

Urazova A. F., Nagimov Z. Ya. Modern state of protective forest plantations along the Sverdlovsk railroad // *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya [Advances in modern natural science]*. 2021. № 1. P. 26–31. (In Russ.)

Zdornov I. A., Nagimov Z. Y., Kapralov A. V. Change of wind flow velocities in the system protective strip – road in the conditions of Northern Kazakhstan // *Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry*. 2020. № 3. P. 33–47. (In Russ.)

Информация об авторах

И. Н. Гавва – аспирант;

З. Я. Нагимов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

А. В. Капралов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

А. Ф. Уразова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about authors

I. N. Gavva – postgraduate student;

Z. Ya. Nagimov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

A. V. Kapralov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

A. F. Urazova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 09.01.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 09.01.2024; accepted for publication 15.11.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 26–35.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 26–35.

Научная статья

УДК 631(470.620)

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.003

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РОБИНИЕВЫХ И ЯСЕНЕВЫХ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

Николай Владимирович Примаков

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

nik-primakov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9225-024X>

Аннотация. Урожай сельскохозяйственных растений зависит от ряда факторов, в том числе и от состояния защитных насаждений. Целью работы является определение эффективности робиниевых и ясеневых полезащитных насаждений в современных условиях на территории района исследований. Общая оценка ресурсов лесных полос определялась по общепринятой методике. Объекты исследований – агролесоландшафты Динского и Кореновского районов Краснодарского края. В результате исследований установлено, что, несмотря на более ослабленное состояние насаждений из *Fraxinus pennsylvanica* (Marsh.) и *Fraxinus lanceolata* (Borkh.), общий эффект от влияния лесных насаждений двух исследуемых районов составил 12 307 310 903,39 руб. Доход от реализации дополнительно полученной сельскохозяйственной продукции оценен в 1785–1790,72 руб/га для ясеня и 1293,1–1624,14 руб./га для *Robinia pseudoacacia* (L.). Более высокий запас древесины отмечается в насаждениях *Fraxinus pennsylvanica* (Marsh.) и *Fraxinus lanceolata* (Borkh.), для которых ценности ресурсов древесины будут выше. Это объясняется разными в возрастном отношении насаждениями. Общая ценность природоохранного ресурса, выраженного в денежном эквиваленте, для изучаемых районов определена в размере 12 661 108,47 руб. Владельцам лесных полос предлагается проведение системы мероприятий, направленных на улучшение состояния насаждений, и приведение конструкции лесных полос к рекомендуемой.

Ключевые слова: лесные полосы, оценка ресурсов, запас древесины, мелиоративный эффект, природоохранная оценка

Для цитирования: Примаков Н. В. Эффективность робиниевых и ясеневых полезащитных лесных полос // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 26–35.

Original article

THE EFFECTIVENESS OF ROBINIUM AND ASH PROTECTIVE FOREST STRIPS

Nikolay V. Primakov

Kuban State University, Krasnodar, Russia

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilina, Krasnodar, Russia

nik-primakov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9225-024X>

Abstract. The yield of agricultural plants depends on a number of factors, including the condition of protective plantings. The aim of the work is to determine the effectiveness of robinium and ash protective plantations in modern conditions in the research area. The overall assessment of forest strip resources was determined according to a generally accepted methodology. The objects of research are agroforestry landscapes of the Dinsky and Korenovsky districts of the Krasnodar Territory. As a result of the research, it was found that despite the more weakened state of the plantations of *Fraxinus pennsylvanica* (Marsh.) and *Fraxinus lanceolata* (Borkh.), the total effect of the influence of forest plantations in the two studied areas amounted to 12 307 310 903,39 rubles. The income from the sale of additionally obtained agricultural products is estimated at 1785–1790,72 rubles/ha for ash and 1293,1–1624,14 rubles/ha for *Robinia pseudoacacia* (L.). A higher supply of wood is noted in the plantations of *Fraxinus pennsylvanica* (Marsh.) and *Fraxinus lanceolata* (Borkh.), for which the values of wood resources will be higher. This is due to the age-related plantings. The total value of the environmental resource expressed in monetary terms for the studied areas is determined in the amount of 12 661 108,47 rubles. Owners of forest strips are recommended to carry out a system of measures aimed at improving the condition of plantations and bringing the design of forest strips to the recommended one.

Keywords: forest strips, resource assessment, wood stock, reclamation effect, environmental assessment

For citation: Primakov N. V. The effectiveness of robinium and ash protective forest strips // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 26–35.

Введение

Продовольственная безопасность России является одной из приоритетных задач государства. Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от ряда факторов, в том числе и от состояния защитных насаждений (Манаенков, 2023; Примаков, 2007; Примаков 2023; Семинченко, 2021). По мнению некоторых исследователей, правильно подобранный древесный состав является основой устойчивого насаждения, оказывающего мелиоративный эффект на прилегающие агроландшафты (Ивонин, Танюкевич, 2011; Агролесомелиорация..., 2016; Научные основы обогащения..., 2021; Воскобойникова, Цымбер, 2019; Состояние и задачи..., 2022; Смена пород..., 2023; Тенденции..., 2023). Проведенные

нами исследования на территории Кореновского и Динского районов Краснодарского края выявили, что основными древесными породами лесных полос являются: *Robinia pseudoacacia* (L.), *Fraxinus pennsylvanica* (Marsh.) и *Fraxinus lanceolata* (Borkh.) (Примаков и др. 2022).

Цель, методика

и объекты исследования

Цель работы – определить эффективность робиниевых и ясеневых полезащитных насаждений в современных условиях на территории района исследований.

Объектами исследований являются агролесоландшафты Краснодарского края. Общая оценка

ресурсов лесных полос региона $C_{\text{общ}}$ производится с учетом мелиоративных (прибавка урожая агрокультур $C_{\text{м}}$), продуктивных (запас стволовой древесины $C_{\text{д}}$) и природоохранных (выражается в продуцировании деревьями кислорода и депонировании углерода $C_{\text{нр}}$) ресурсов (Ивонин, Танюкевич, 2011; Танюкевич и др., 2015; Аккумуляция углерода..., 2023) по формуле

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{м}} + C_{\text{д}} + C_{\text{нр}}$$

Нормативная прибавка урожая озимой пшеницы принималась в размере 7 % (Трибунская, Кузьмина, 1984). Уборка считалась как 3,5 % от выручки с реализации дополнительной сельскохозяйственной продукции.

Результаты и их обсуждение

Средняя урожайность по озимой пшенице для районов исследований составила 0,6 т/га. Облепшенность пашни в Динском районе составляет 4,1 %, а в Кореновском – 3,5 % (согласно данным института Кубаньгипрозем). В наших исследованиях (Примаков, 2024) на территории изучаемых районов насаждения из *Fraxinus pennsylvanica* (Marsh.) и *Fraxinus lanceolata* (Borkh.) характеризуются более слабым состоянием, посадки из этих древесных пород имеют возраст 70–74 года.

Насаждения из *Robinia pseudoacacia* (L.) находятся в удовлетворительном состоянии в возрасте 51–55 лет. Конструкции большинства насаждений отличаются от рекомендуемой ажурной (Есков, 2022).

По данным ряда авторов (Белюченко, 2020; Сытин, Беляков, 2023), в комплексной оценке эффективности лесных полос одним из основных критериев является оценка мелиоративного ресурса насаждений. Оценка мелиоративного ресурса лесных полос представлена в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что прибавка урожая на площади пашни районов исследований колеблется от 0,13 до 0,186 т/га по озимой пшенице. По древесным породам установлено, что доход от реализации дополнительно полученной сельскохозяйственной продукции составил 1785–1790,72 руб./га для *Fraxinus* и 1293,1–1624,14 руб./га для *Robinia pseudoacacia* (L.).

Общая ценность мелиоративного эффекта для двух районов Краснодарского края на всей площади – 10 143 084,94 руб. Более высокий эффект отмечается для Динского района. Объясняется эта закономерность большей по размерам площади пашни района. Расчет ценности ресурсов древесины лесных полос в возрасте спелости представлен в табл. 2.

Таблица 1
Table 1

Оценка мелиоративного ресурса лесных полос
Assessment of the reclamation resource of forest strips

Древесная порода Tree species	На 1 га мелиорирующей лесной полосы For 1 hectare of reclaimed forest strip				Ценность мелиоративного ресурса, руб. The value of a reclamation resource, rub.
	Прибавка урожая на мелиорированной площади, т Increase in yield on the reclaimed area, t	Выручка от реализации дополнительной с/х продукции, руб. Revenue from the sale of additional agricultural products, rub.	Затраты на уборку дополнительной с/х продукции, руб. The cost of cleaning additional agricultural products, rub.	Доход от реализации дополнительной с/х продукции, руб. Income from the sale of additional agricultural products, rub.	
Динской район Dinskoy district					
Ясень зеленый и пенсильванский Ash green and Pennsylvania	0,184	1844,30	64,55	1785,25	3282185,55

Окончание табл. 1
The end of table 1

Древесная порода Tree species	На 1 га мелиорирующей лесной полосы For 1 hectare of reclaimed forest strip				Ценность мелиоративного ресурса, руб. The value of a reclamation resource, rub.
	Прибавка урожая на мелиорированной площади, т Increase in yield on the reclaimed area, t	Выручка от реализации дополнительной с/х продукции, руб. Revenue from the sale of additional agricultural products, rub.	Затраты на уборку дополнительной с/х продукции, руб. The cost of cleaning additional agricultural products, rub.	Доход от реализации дополнительной с/х продукции, руб. Income from the sale of additional agricultural products, rub.	
Робиния лжеакация Robinia is a fake	0,130	1299,40	45,48	1293,1	2312448,91
Всего Total					5594634,46
Кореновский район Korenovsky district					
Ясень зеленый и пенсильванский Ash green and Pennsylvania	0,186	1855,67	64,95	1790,72	2385163,05
Робиния лжеакация Robinia is a fake	0,168	1683,05	58,91	1624,14	2163287,42
Всего Total	4548450,47				
Итого Total	10143084,93				

Из табл. 2 следует, что общая ценность ресурсов древесины лесных полос для районов исследований составляет 12284506880 руб. В Динском районе отмечается в 1,62 раза более высокая ценность рассматриваемого ресурса. По породному составу отмечается большой запас в насаждениях ясеня *Fraxinus pennsylvanica* (Marsh.) и *Fraxinus lanceolata* (Borkh.). Это объясняется разными в возрастном отношении насаждениями. Оценка природоохранных ресурсов лесных полос региона исследований представлена в табл. 3.

Данные табл. 3 свидетельствуют об общей ценности природоохранного ресурса, выраженного в денежном эквиваленте, в размере 12661108,47 руб. Полученная оценка в разрезе исследованных районов имеет большую разницу. По Кореновскому району сумма общей ценности от влияния двух видов ползащитных лесных насаждений (ясеневых и робиниевых) составила

4834035,32 руб., для Динского района рассматриваемый показатель был выше – 7827073,14 руб. Колебания депонированного углерода для обоих районов установлены в пределах 13,391–79,768 т/га, продуцированного кислорода – 91,727–218,565 т/га. Общая оценка ресурсов лесных ползащитных полос представлена в табл. 4.

Анализируя табл. 4, видим, что общий эффект от влияния лесных насаждений двух исследуемых районов составил 12307310903,39 руб. В результате комплексной оценки тенденция более высоких показателей для Динского района сохраняется. Итоговая сумма оценки по двум древесным породам для этого района составляет 8019007117,60 руб. В породном составе более высокий общий эффект отмечается в насаждениях из *Fraxinus pennsylvanica* (Marsh.) и *Fraxinus lanceolata* (Borkh.). Для Динского района этот показатель равен 4405611898,38 руб.

Таблица 2

Table 2

Расчет ценности ресурсов древесины лесных полос
Calculation of the value of wood resources of forest strips

Древесная порода Tree species	Запас стволовой древесины Stock of stem wood			Ставка платы, руб./м ³ The fee rate, rub./m ³		Стоимость древесины, руб./га The cost of wood, rub/ha			Ценность древесины (C _d), руб. The value of wood (C _d), rub.	
	В возрасте спелости, м ³ /га At the age of ripeness, m ³ /ha	В т. ч.		Деловая древесина Business wood	Дровяная древесина Wood-burning wood	Деловая древесина Business wood	Дровяная древесина Burning wood	Общая General	на 1 га лесополос per 1 hectare of forest belt	на всю площадь лесополос for the entire area of the forest belts
		деловая древесина, м ³ /га business wood, m ³ /ha	дровяная древесина, м ³ /га wood-burning wood, m ³ /ha							
Динской район Dinskoy district										
Ясень зеленый и пенсильванский Ash green and Pennsylvania	174	52	122	40000	2500	2080000	305000	2385000	2385000	4398369330
Робиния лжеакация Robinia is a fake	148	44	104	35000	4000	1540000	416000	1956000	1956000	3607216080
Всего Total	8005585410									
Кореновский район Korenovsky district										
Ясень зеленый и пенсильванский Ash green and Pennsylvania	138	41	97	40000	2500	1640000	242500	1882500	1882500	2507414700
Робиния лжеакация Robinia is a fake	100	30	70	35000	4000	1050000	280000	1330000	1330000	1771506800
Всего Total	4278921500									
Итого Total	12284506880									

Таблица 3
Table 3

Оценка природоохранных ресурсов лесных полос региона исследований
Assessment of the environmental resources of the forest strips of the research region

Древесная порода Tree species	Депонированный углерод, т/га Deposited carbon, t/ha	Продуцированный кислород, т/га Produced oxygen, t/ha	Ценность, руб./га The value, rub./ha			Ценность природоохранного ресурса, руб. The value of an environmental resource, rub.
			депонирования углерода carbon deposition	продуцирования кислорода oxygen production	общая general	
Динской район Dinskoy district						
Ясень зеленый и пенсильванский Ash green and Pennsylvania	79,768	218,565	12870	405	13275,0	3960382,83
Робиния лжеакация Robinia is a fake	49,576	135,837	20215,5	639	20854,5	3866690,31
Всего Total	7827073,14					
Кореновский район Korenovsky district						
Ясень зеленый и пенсильванский Ash green and Pennsylvania	25,352	173,658	12870	405	13275,0	2641858,62
Робиния лжеакация Robinia is a fake	13,391	91,727	20215,5	639	20854,5	2192176,70
Всего Total	4834035,32					
Итого Total	12661108,47					

Таблица 4
Table 4

Общая оценка ресурсов лесных полос защитных, руб.
General assessment of the resources of forest protective strips, rub.

Древесная порода Tree species	$\frac{C_m^1}{C_m^1}$	$\frac{C_d^2}{C_d^2}$	$\frac{C_{pr}^3}{C_{pr}^3}$	$\frac{C_{ob}^4}{C_{ob}^4}$
Динской район Dinskoy district				
Ясень зеленый и пенсильванский Ash green and Pennsylvania	3282185,55	4398369330	3960382,83	4405611898,38
Робиния лжеакация Robinia is a fake	2312448,91	3607216080	3866690,31	3613395219,22
Всего Total	8019007117,60			

Окончание табл. 4
The end of table 4

Древесная порода Tree species	C_m^1	C_d^2	C_{pr}^3	C_{ob}^4
Кореновский район Korenovsky district				
Ясень зеленый и пенсильванский Ash green and Pennsylvania	2385163,05	2507414700	2641858,62	2512441521,67
Робиния лжеакация Robinia is a fake	2163287,42	1771506800	2192176,70	1775862 264,12
Всего Total	4288303785,79			
Итого Total	12307310903,39			

¹ Прибавка урожая агрокультур; ² запас стволовой древесины; ³ продуцирование деревьями кислорода и депонирование углерода; ⁴ общая оценка ресурсов лесных полос.

¹ Increasing the yield of agricultural crops; ² stock of stem wood; ³ oxygen production by trees and carbon deposition;

⁴ general assessment of forest strip resources.

Выводы

Таким образом, несмотря на более ослабленное состояние насаждений из *Fraxinus pennsylvanica* (Marsh.) и *Fraxinus lanceolata* (Borkh.), общий эффект от влияния лесных насаждений двух исследуемых районов оценен в 12307310903,39 руб. Для изучаемых древесных пород доход от реализации дополнительно полученной сельскохозяйственной продукции составил 1785–1790,72 руб./га для ясеня и 1293,1–1624,14 руб./га для *Robinia pseudo-acacia* (L.). Более высокий запас отмечается в на-

саждениях ясеня *Fraxinus pennsylvanica* (Marsh.) и *Fraxinus lanceolata* (Borkh.), для которых ценности ресурсов древесины будут выше. Это объясняется разными в возрастном отношении насаждениями. Общая ценность природоохранного ресурса, выраженного в денежном эквиваленте для изучаемых районов, определена в размере 12661108,47 руб. Владельцам лесных полос предлагается проведение системы мероприятий, направленных на улучшение состояния насаждений, и приведение конструкции лесных полос к рекомендуемой.

Список источников

- Агролесомелиорация : монография / П. Н. Проездов, Д. А. Маиштак, В. Г. Попов [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. Саратов : Амирит, 2016. 472 с.
- Аккумуляция углерода в почве и фитомассе защитных лесных насаждений юга России / В. М. Крети-нин, А. В. Кошелев, М. О. Шатровская [и др.] // Научно-агрономический журнал. 2023. № 4 (123). С. 52–59. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.008.52-59
- Белюченко И. С. Лесные полосы и их функционирование в аграрном ландшафте // Экологический вестник Северного Кавказа. 2020. Т. 16, № 2. С. 30–36.
- Воскобойникова И. В., Цымбер А. Я. Определение состояния насаждений на территории рекреационных лесов Ростовской области с применением уравнений связи // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2019. № 2. С. 59–70.
- Есков Д. В. Закономерности воздействия конструкций лесных полос и удобрений на микроклимат и урожайность яровой пшеницы на южном черноземе // Успехи современного естествознания. 2022. № 5. С. 12–18. DOI: 10.17513/use.37818
- Ивонин В. М., Танюкевич В. В. Адаптивная лесомелиорация степных агроландшафтов / Новочеркасская государственная мелиоративная академия. 2-е изд., испр. и доп. М. : Вузовская книга, 2011. 240 с.

- Ивонин В. М., Танюкевич В. В. Оценка ресурсов лесных полос на сельхозугодьях Ростовской области // Известия высших учебных заведений – Лесной журнал. 2011. № 6. С. 17–22.
- Манаенков А. С. Подходы к улучшению состояния полевых защитных лесных полос на Северном Кавказе // Лесоведение. 2023. № 4. С. 412–426. DOI: 10.31857/S002411482304006X
- Научные основы обогащения дендрофлоры малолесных регионов хозяйственно ценными растениями / А. В. Семенютина, А. Ш. Хужахметова, А. А. Долгих, В. В. Сапронов // Наука. Мысль : электронный периодический журнал. 2021. Т. 12, № 2. С. 35–51. DOI: 10.25726/v1064-3614-5462
- Примаков Н. В. Влияние лесных насаждений на продуктивность степного разнотравья // Земледелие. 2007. № 1. С. 10.
- Примаков Н. В. Влияние полевых защитных лесных полос на состояние агроландшафтов // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 2 (89). С. 89–95. DOI: 10.51318/FRET.2024.89.2.010
- Примаков Н. В. Состояние защитных лесных насаждений Азовского побережья Краснодарского края // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 1 (391). С. 77–87. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-77-87
- Примаков Н. В., Латифова А. С., Дубровин Е. Ю. Эффективность конструкции полевых защитных лесных насаждений Краснодарского края // Успехи современного естествознания. 2022. № 10. С. 41–45. DOI: 10.17513/use.37905
- Семинченко Е. В. Влияние погодных условий на урожайность ярового ячменя в зоне влияния лесной полосы // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture [Сибирский журнал естественных наук и сельского хозяйства]. 2021. Т. 13, № 2. С. 114–127. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-2-114-127
- Смена пород в полевых защитных лесных полосах Республики Башкортостан / З. З. Рахматуллин, А. Ш. Тимерьянов, И. Р. Рахматуллина [и др.] // Лесохозяйственная информация. 2023. № 1. С. 121–128. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.10
- Состояние и задачи совершенствования учета и оценки видового разнообразия древесных и кустарниковых растений в лесном хозяйстве / М. М. Паленова, В. Н. Коротков, А. А. Нотов [и др.] // Лесохозяйственная информация. 2022. № 4. С. 58–84. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.4.07
- Сытин Г. О., Беляков А. М. Влияние полевых защитных лесных полос на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зоне каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 323–329. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-37
- Танюкевич В. В., Запривода М. А., Кулик А. К. Экономическая ценность насаждений робинии ложноакациевой (*Robinia Pseudoacacia* L.) на террикониках Донецкого края // Природообустройство. 2015. № 5. С. 108–111.
- Тенденции смены породного состава лесомелиоративных насаждений каменной степи (на примере вековой лесной полосы Г. Ф. Морозова) / Е. Н. Кулакова, С. С. Шешницан, В. Ю. Кулаков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 192 (08). С. 69–82. DOI: 10.21515/1990-4665-192-006
- Трибунская В. М., Кузьмина Т. С. Нормативы прибавок урожая важнейших сельскохозяйственных культур от мелиоративного влияния полевых защитных лесных полос. М. : Агропромиздат, 1984. 99 с.

References

- Agroforestry : Monography / P. N. Proezd, D. A. Mashtakov, V. G. Popov [et al.]. The second edition is revised, supplemented. Saratov : Amirit LLC, 2016. 472 p.
- Belyuchenko I. S. Forest strips and their functioning in the agricultural landscape // Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2020. Vol. 16, № 2. P. 30–36. (In Russ.)

- Carbon accumulation in soil and phytomass of protective forest deposits in the south of Russia / *V. M. Kretinin, A. V. Koshelev, M. O. Shatrovskaya* [et al.] // *Scientific and Agronomic Journal*. 2023. № 4 (123). P. 52–59. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.008.52-59 (In Russ.)
- Change of breeds in the protective forest belts of the Republic of Bashkortostan / *Z. Z. Rakhmatullin, A. Sh. Timeryanov, I. R. Rakhmatullina* [et al.] // *Forestry information*. 2023. № 1. P. 121–128. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.10 (In Russ.)
- Eskov D. V.* Regularities of the impact of forest strip structures and fertilizers on the microclimate and yield of spring wheat in the southern chernozem // *Successes of modern natural science*. 2022. № 5. P. 12–18. DOI: 10.17513/use.37818 (In Russ.)
- Ivonin V. M., Tanyukevich V. V.* Adaptive forest reclamation of steppe agricultural landscapes / Novocherkassk State Land Reclamation Academy. 2nd edition, revised and expanded. Moscow : University Book, 2011. 240 p.
- Ivonin V. M., Tanyukevich V. V.* Assessment of forest strip resources on farmland in the Rostov region // *News of higher educational institutions – Forest magazine*. 2011. № 6. P. 17–22. (In Russ.)
- Manaenkov A. S.* Approaches to improving the condition of protective forest belts in the North Caucasus // *Forest science*. 2023. № 4. P. 412–426. DOI: 10.31857/S002411482304006X (In Russ.)
- Primakov N. V.* The influence of forest plantations on the productivity of steppe grasses // *Agriculture*. 2007. № 1. P. 10. (In Russ.)
- Primakov N. V.* The influence of protective forest strips on the state of agricultural landscapes // *Forests of Russia and agriculture in them*. 2024. № 2 (89). P. 89–95. DOI: 10.51318/FRET.2024.89.2.010 (In Russ.)
- Primakov N. V.* The state of protective forest plantations of the Azov coast of the Krasnodar Territory // *News of higher educational institutions. Forest magazine*. 2023. № 1 (391). P. 77–87. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-77-87 (In Russ.)
- Primakov N. V., Latifova A. S., Dubrovin E. Yu.* The effectiveness of the design of protective forest plantations of the Krasnodar Territory // *Successes of modern natural science*. 2022. № 10. P. 41–45. DOI: 10.17513/use.37905 (In Russ.)
- Scientific bases for enriching the dendroflora of low-forest regions with artificially valuable plants / *A. V. Semenyutina, A. Sh. Khuzhakhmetova, A. A. Dolgikh, V. V. Sapronov* // *Nauka. Thought : an electronic periodical*. 2021. Vol. 12, № 2. P. 35–51. DOI: 10.25726/v1064-3614-5462 (In Russ.)
- Seminchenko E. V.* Influence of weather conditions on the yield of spring barley in the zone of influence of the forest strip // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Vol. 13, № 2. P. 114–127. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-2-114-127 (In Russ.)
- Sytin G. O., Belyakov A. M.* The influence of protective forest strips on the productivity and quality of winter wheat grain in the chestnut soil zone of the Volgograd region // *Proceedings of the Nizhnevolsky Agrouniversity complex. Science and higher professional education*. 2023. № 2 (70). P. 323–329. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-37 (In Russ.)
- Tanyukevich V. V., Zaprivoda M. A., Kulik A. K.* The economic value of Robinia Pseudoacacia (*Robinia Pseudoacacia* L.) plantings on the terriconics of the Donetsk ridge // *Nature Management*. 2015. № 5. P. 108–111. (In Russ.)
- The state and tasks of improving the accounting and assessment of the species diversity of woody and shrubby plants in forestry / *M. M. Palenova, V. N. Korotkov, A. A. Notov* [et al.] // *Forestry information*. 2022. № 4. P. 58–84. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.4.07 (In Russ.)
- Trends in the change of the species composition of forest-reclamation plantations of the stone steppe (on the example of a century-old forest strip by G. F. Morozov) / *E. N. Kulakova, S. S. Sheshnitsan, V. Yu. Kulakov* [et al.] // *Polythematic network electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. 2023. № 192 (08). P. 69–82. DOI: 10.21515/1990-4665-192-006 (In Russ.)

Tribunskaya V. M., Kuzmina T. S. Standards of yield increases of important agricultural crops from the reclamation effect of field-protective forest strips. Moscow : Agropromizdat, 1984. 99 p.

Voskoboynikova I. V., Tsymbet A. Ya. Determination of the state of plantations in the territory of recreational forests of the Rostov region with the use of communication equations // Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry. 2019. № 2. P. 59–70. (In Russ.)

Информация об авторах

Н. В. Примаков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

N. V. Primakov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 15.10.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 15.10.2024; accepted for publication 15.11.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 36–43.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 36–43.

Научная статья

УДК 630.181.2:634.21

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.004

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОДНОЛЕТНИХ КЛОНОВ АБРИКОСА ОБЫКНОВЕННОГО РАЗНЫХ СОРТОВ В УСЛОВИЯХ ШУШЕНСКОГО РАЙОНА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Елена Александровна Савинич¹, Римма Никитична Матвеева²

^{1,2} Сибирский государственный университет науки и технологий им. М. Ф. Решетнева,
Красноярск, Россия

¹ elenasavinich@gmail.com; <http://orcid.org/0009-0005-3971-6772>

² matveevrn@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-8437-4274>

Аннотация. Абрикос обыкновенный является древнейшей плодовой косточковой культурой, отличающейся интенсивным ростом, высокими декоративными качествами, ранним цветением, быстрым вступлением в пору плодоношения. Абрикос выращивают не только как плодовое растение, но и используют в озеленении. Обладая хорошо развитой корневой системой, быстрым ростом, абрикос обыкновенный применяют в агролесомелиорации для создания ветрозащитных и снегозащитных лесополос, а также для укрепления оврагов и балок. Абрикос в России считается традиционно южной культурой. Выращивается на Северном Кавказе, в Крыму, в Краснодарском и Ставропольском краях. В последние десятилетия активно культивируется на Южном Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке. Цель исследования: изучить изменчивость показателей роста и формирования листьев однолетних привитых растений абрикоса разных сортов для дальнейшего их использования в озеленении в условиях юга Красноярского края. Задачи исследования: сопоставить показатели однолетних растений абрикоса разных сортов (высота, диаметр привоя, количество боковых ветвей, листьев на растении, длина, ширина, площадь листа и фотосинтезирующая поверхность отдельных растений); определить уровень изменчивости показателей; выделить сорта, отличающиеся интенсивным ростом и экологической эффективностью. В статье представлен сравнительный анализ показателей роста однолетнего клонового потомства абрикоса обыкновенного (*Prunus armeniaca* L.), выращенного в условиях Шушенского района Красноярского края. Черенки абрикоса сортов Академик, Бай, Королевский и сортообразца Поздний Филиппева были привиты на однолетние сеянцы абрикоса маньчжурского весной 2022 г. Результаты: сопоставлены следующие показатели: высота, диаметр привоя, количество боковых ветвей, размеры листьев. Определены уровни изменчивости по методике С. А. Мамаева. Наибольший размер привоя и ширина листа были у потомства сортообразца Поздний Филиппева. Количество боковых ветвей, листьев наибольшее на привое сорта Королевский. Выращенный посадочный материал данных сортов абрикоса представляет большую ценность не только как плодовое растение, но и для озеленения при использовании экземпляров, отличающихся повышенной экологической эффективностью.

Ключевые слова: абрикос, сорт, клон, изменчивость, Сибирь

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Селекция древесных растений» проекта «Селекционно-генетические основы формирования целевых насаждений и рационального использования древесных ресурсов Красноярского края (Енисейской Сибири)» (№ FEFE-2024-0013).

Для цитирования: Савинич Е. А., Матвеева Р. Н. Изменчивость показателей однолетних клонов абрикоса обыкновенного разных сортов в условиях Шушенского района Красноярского края // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 36–43.

Original article

VARIABILITY OF INDICATORS OF ANNUAL CLONES OF COMMON APRICOT OF DIFFERENT VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE SHUSHENSKY DISTRICT OF THE KRASNOYARSK TERRITORY

Elena A. Savinich¹, Rimma N. Matveeva²

^{1,2} Siberian State University of Science and Technology named after M. F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russia

¹ elenasavinich@gmail.com; <http://orcid.org/0009-0005-3971-6772>

² matveevrn@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-8437-4274>

Abstract. *Prunus armeniaca* L. is the oldest stone fruit crop, characterized by intensive growth, early flowering, and rapid entry into fruiting. Apricot is grown not only as a fruit plant, but also used in landscaping. Has well-developed root system, rapid growth, apricots are used in agromelioration to create wind- and snow-protective forest belts, as well as to strengthen ravines. Apricot in Russia is considered a traditionally southern crop. Grown in the North Caucasus, Crimea, Krasnodar and Stavropol territories. In recent decades it has been actively cultivated in the southern Ural, in Siberia and the Far East. Purpose of the study: the article presents a comparative analysis of the growth rates of annual clones of *Prunus armeniaca* L. in the condition of the Shushenskiy district of Krasnoyarsk territory. Research objectives: compare the results of annual apricot plants of different varieties (height, scion diameter, number of lateral branches, number of leaves on the plant, length, width, leaf area and photosynthetic surface area of individual plants; determine the level of the variability of indicators; select varieties, characterized by intensive growth and environmental efficiency. The article presents a comparative analysis of the growth rates of one-year clonal seedlings of apricot (*Prunus armeniaca* L.), grown in the conditions of the Shushenskiy district of the Krasnoyarsk region. Cuttings of apricot varieties of Academic, Bay, Korolevsky and Pozdnyy Filipieva were grafted into annual Mandzhurian apricot seedlings in the spring of 2022. Levels of variability were determined using Mamaev method. Results: the following indicators were compared: height, barrel diameter, number of lateral branches, leaf dimensions. The largest scion size and leaf width were in the late offspring, the number of lateral branches and leaves was significantly higher on the Korolevsky variety. The planting material of these apricot varieties grown is of the great value not only as fruit plants, but also for landscaping in the selection of plants characterized by increased environmental efficiency.

Keywords: apricot, variety, clone, variability, Siberia

Funding: the study was carried out within the framework of the protective assignment of the Ministry of Education and Science of Russia for the implementation by the collective scientific laboratory “Selection of Woody Plants” of the project “Selection and genetic bases for the formation

of target plantings and rational use of wood resources in the Krasnoyarsk Territory (Yenisei Siberia)” (№ FEFE-2024-0013).

For citation: Savinich E. A., Matveeva R. N. Variability of indicators of annual clones of common apricot of different varieties in the conditions of the Shushensky district of the Krasnoyarsk territory // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 36–43.

Введение

Абрикос обыкновенный *Prunus armeniaca* L. – плодовая косточковая культура, популярная во всех странах мира. Он отличается интенсивным ростом, высокими декоративными качествами, коротким ювенильным периодом, а соответственно, быстрым вступлением в плодоношение и ранним созреванием плодов. Продолжительность плодоношения составляет 20–30 лет. Возраст деревьев варьирует от 40 до 100 лет (Плодоводство, 2012). Абрикос выращивают не только как плодое растение, но и используют в озеленении населенных пунктов, городских территорий, при создании парков и скверов как одно из раноцветущих растений. Так как абрикос обыкновенный обладает хорошо развитой корневой системой и быстрым ростом, его рекомендуют для создания ветрозащитных и снегозащитных лесополос (Усенко, 2009; Костырина, 2022). Данный вид в России считается традиционно южным. Выращивается на Северном Кавказе, в Крыму, в Краснодарском и Ставропольском краях, частично в Волгоградской, Воронежской областях, на Южном Урале и в Хабаровском крае. Для Сибири абрикос является новой культурой, хотя история его изучения и возделывания в этих условиях, по данным Т. Дускабилова, насчитывает около 100 лет (Дускабилов и др., 2004).

В условиях Сибири абрикос считается сложной для возделывания культурой. Из-за раннего цветения растений завязь повреждается возвратными заморозками.

Плоды абрикоса имеют высокие вкусовые качества и ценятся за содержание в них сахаров, органических кислот, витаминов, минеральных солей и других биологически активных веществ, крайне необходимых для нормального функционирования и жизнедеятельности организма человека. По богатому витаминному составу плодов,

питательности и диетическому значению абрикос занимает первое место среди косточковых культур (Стародубцева, Джураева, 2016).

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью проводимых исследований явилось изучение изменчивости показателей роста и формирования листьев однолетних привитых растений абрикоса разных сортов для рекомендации их использования в озеленении в условиях юга Красноярского края.

Для реализации данной цели необходимо было решить следующие задачи:

- сопоставить показатели однолетних растений абрикоса разных сортов (высота, диаметр привоя, количество боковых ветвей, листьев на растении, длина, ширина, площадь листа и фотосинтезирующая поверхность отдельных растений);
- определить уровень изменчивости показателей;
- выделить сорта, отличающиеся интенсивным ростом и экологической эффективностью, для озеленения в данных условиях.

В качестве подвоя использовали однолетние растения абрикоса маньчжурского, выращенного из косточек после их стратификации, которую проводили во влажном песке при низких положительных температурах в течение 90–100 дней. Посев проводили наклюнувшимися косточками.

В качестве привоя использовали черенки сравнимых сортов абрикоса: Академик, Бай, Королевский и сортообразца Поздний Филиппева. Прививка проведена в начале марта 2022 г. способом улучшенной копулировки. После прививки над растениями были сооружены укрытия для повышения их приживаемости. Укрытия оставляли над растениями в течение 1,5 мес. Периодически проводили проветривание для адаптации растений

к натурным условиям. При таком способе у привитых растений увеличивалась продолжительность вегетационного периода, ткани растений хорошо срастались и почки успевали полностью вызреть перед последующей зимовкой (Железов, Хусанов, 2019). Оценку показателей роста привитых саженцев абрикоса проводили в августе.

При измерении использовали штангенциркуль и линейку. Для установления средних размеров с каждого привитого растения брали по 30 листьев. Площадь листьев определяли по формуле $D \times Ш \times K$, где D – длина листа, см; $Ш$ – ширина листа, см; K – коэффициент формы листа, при определении которого использовали миллиметровую бумагу (Дмитриев, Хуснидинов, 2016). Уровень изменчивости показателей определяли по методике С. А. Мамаева (1973). Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программ MS Excel.

Объектом исследования было вегетативное потомство трех сортов абрикоса обыкновенного (Академик, Бай, Королевский) и сортообразца Поздний Филиппева. Выращивание посадочного материала проведено в коллекционном саду фермерского хозяйства «Дружба», расположенного в п. Красный Хутор Шушенского района (лесостепная зона). Сорта абрикоса Академик и Бай имеют дальневосточное происхождение, сорт Королевский интродуцирован из Франции, сортообразец Поздний Филиппева получен в Республике Хакасия садоводом-опытником В. В. Филиппевым.

Сорт абрикоса Академик выведен Г. Т. Казьминим и В. А. Марусичем от скрещивания сортов Спутник и Хабаровский. Оригинатор сорта – Дальневосточный НИИСХ. Деревья образуют округло-вытянутую крону. Штамб средней толщины. Сорт частично самоплодный. Первое плодоношение наступает на трехлетнем привое, массовое – на шести-семилетнем. Плодоносит ежегодно.

Сорт Бай является межсортовым гибридом, полученным Н. В. Овсянниковым от скрещивания сортов Седанский и Еловицкого. Дерево сильно-рослое (высота 4–5 м, диаметр кроны 5 м), крона раскидистая, редкая. Сорт зимостойкий с высокой урожайностью.

Сорт Королевский выведен в 1808 г. из косточки сорта Персиковый. Дерево сильно-рослое, высотой до 4,5–5 м, с округлой кроной. Плоды крупные (45 г и более), широкояйцевидные. Мякоть желто-оранжевая, средней плотности, легко перезревает. В плодоношение вступает на пятый год после прививки, урожайность регулярная. Морозостойкость средняя, характеризуется высокой регенерационной способностью. На юг Красноярского края сорт был ввезен садоводами-опытниками в 70-е годы прошлого века. Достоинства сорта: красивый внешний вид, урожайность, высокие вкусовые качества плодов (Помология, 2008).

Сортообразец Поздний Филиппева. Отселектирован Т. Дускабиловым в 1997 г. на приусадебном участке садовода-опытника В. В. Филиппева (г. Саяногорск). Дерево средней высоты с раскидистой кроной. Плоды крупные, до 80 г, круглые, светло-желтые, с румянцем. Достоинства сорта: декоративность, позднее цветение, что предохраняет цветы абрикоса от воздействия возвратных заморозков, и высокая урожайность (Дускабилов и др., 2004).

Результаты и их обсуждение

Показатели однолетних привитых растений абрикоса разных сортов приведены в табл. 1.

Высота привитых растений в среднем составила 81,8 см без достоверных различий между сравниваемыми сортами. Статистически достоверные различия по диаметру привоя подтверждаются между сортообразцом Поздний Филиппева и сортами Королевский и Бай ($t_{\phi} > t_{05}$).

Наибольшее количество боковых ветвей сформировалось у растений сорта Королевский. Процент превышения в сравнении с таковым у других сортов был от 35,6 до 60,0 %. Сопоставлены количество и размеры листьев на однолетних привоях абрикоса.

Уровень изменчивости размеров и количества листьев у абрикосов разных сортов приведен в табл. 2.

Фотосинтезирующая поверхность на растении в зависимости от сортовой принадлежности привоя варьировала от 1811,0 до 2599,3 см² (рисунок).

Таблица 1
Table 1

Показатели абрикоса обыкновенного разных сортов
Indicators of common apricot of different varieties

Сорт/сортобразец Variety	X_{cp}	$\pm m$	$\pm O$	$V, \%$	$P, \%$	t_{ϕ} при $t_{05=2,04}$	Уровень изменчивости Level of variability
Высота, см/Height, sm							
Академик/Academic	83,7	3,40	18,33	21,9	4,1	–	Высокий/High
Бай/Bay	81,1	3,57	21,12	26,0	4,4	0,53	Высокий/High
Королевский/ Korolevsky	83,6	3,84	20,67	24,7	4,6	0,02	Высокий/High
Поздний Филиппева/ Pozdnyy Filipieva	78,6	3,86	17,67	22,5	4,9	0,99	Высокий/High
Среднее значение / Average value	81,8						
Диаметр привоя, мм/Scion diameter, mm							
Академик/Academic	6,6	0,30	1,60	24,2	4,5	1,49	Высокий/High
Бай/Bay	6,2	0,24	1,40	22,6	3,8	2,54	Высокий/High
Королевский/ Korolevsky	6,2	0,35	1,87	30,2	5,6	2,19	Высокий/High
Поздний Филиппева/ Pozdnyy Filipieva	7,3	0,36	1,64	22,5	4,9	–	Высокий/High
Среднее значение/ Average value	6,6						
Количество боковых ветвей, шт./Number of side branches, pcs.							
Академик/Academic	5,0	0,21	2,39	47,8	4,2	11,4	Очень высокий/Very high
Бай/Bay	5,9	0,16	2,08	35,3	2,7	9,33	Высокий/High
Королевский/ Korolevsky	8,0	0,15	2,27	28,4	1,9	–	Высокий/High
Поздний Филиппева/ Pozdnyy Filipieva	5,6	0,23	2,39	42,7	4,1	8,60	Очень высокий/Very high
Среднее значение/ Average value	6,1						

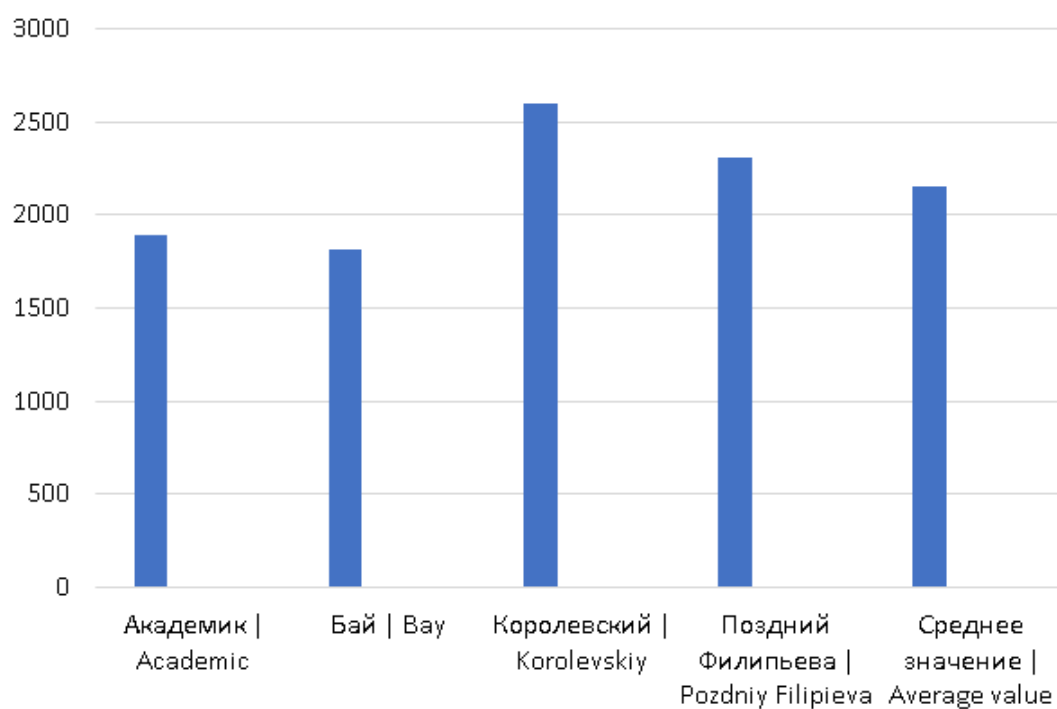
Таблица 2
Table 2

Изменчивость размеров и количества листьев разных сортов абрикоса
Variability of size and quantity of apricot leaves of different varieties

Сорт/сортобразец Variety	X_{cp}	$\pm m$	$\pm O$	$V, \%$	$P, \%$	t_{ϕ} при $t_{05=2,04}$	Уровень изменчивости Level of variability
Длина листа, см/Leaf length, cm							
Академик/Academic	6,5	0,15	0,81	15,1	2,8	0,01	Средний/Average
Бай/Bay	6,6	0,11	0,67	10,5	1,8	0,01	Низкий/Low
Королевский/ Korolevsky	6,3	0,15	0,79	12,0	2,2	0,56	Низкий/Low
Поздний Филиппева/ Pozdnyy Filipieva	6,7	0,14	0,63	9,4	2,0	–	Низкий/Low

Окончание табл. 2
The end of table 2

Сорт/соргообразец Variety	$X_{cp.}$	$\pm m$	$\pm O$	$V, \%$	$P, \%$	t_{ϕ} при $t_{05}=2,04$	Уровень изменчивости Level of variability
Ширина листа, см/Sheet width, cm							
Академик/Academic	4,3	0,12	0,67	23,5	4,4	2,88	Высокий/High
Бай/Bay	4,3	0,07	0,43	14,8	2,5	4,08	Средний/Average
Королевский/ Korolevsky	3,9	0,05	0,30	8,9	1,7	9,30	Низкий/Low
Поздний Филиппева/ Pozdnyy Filipieva	4,7	0,07	0,32	9,5	2,1	–	Низкий/Low
Фотосинтезирующая поверхность листа, см ² /Photosynthetic leaf surface, cm ²							
Академик/Academic	19,8	1,37	7,52	38,1	6,9	0,99	Высокий/High
Бай/Bay	20,1	1,19	6,56	32,6	5,9	0,89	Высокий/High
Королевский/ Korolevsky	18,7	1,78	9,78	52,4	9,5	1,32	Очень высокий/Very high
Поздний Филиппева/ Pozdnyy Filipieva	22,0	1,76	7,88	35,8	8,0	–	Высокий/High
Количество листьев на растении, шт./Number of leaves on the plant, pcs.							
Академик/Academic	95,5	7,50	40,39	42,3	7,9	2,82	Очень высокий/Very high
Бай/Bay	90,1	6,06	35,87	39,8	6,7	3,31	Высокий/High
Королевский/ Korolevsky	139,0	13,49	72,66	52,2	9,7	–	Очень высокий/Very high
Поздний Филиппева/ Pozdnyy Filipieva	105,0	37,83	37,83	36,0	7,9	5,47	Высокий/High



Фотосинтезирующая поверхность листьев в зависимости от сорта, см²
Photosynthetic surface depending on the variety, cm²

Выводы

Проявляется межсортовая изменчивость однолетних клонов абрикоса обыкновенного в условиях Шушенского района Красноярского края. Наибольший диаметр привоя был у клонов сорта Академик и сортообразца Поздний Филиппева. Количество боковых ветвей наибольшее у сорта Королевский. Наибольшую ширину листа имели экземпляры сортообразца Поздний Филиппева, количество листьев и фотосинтетическую поверх-

ность – сорт Королевский. Среди клонов внутри сортов целесообразно отселектировать отдельные экземпляры, отличающиеся интенсивностью роста и фотосинтетической поверхностью.

Среди сравниваемых сортов абрикоса наибольшую ценность для озеленения в условиях Шушенского района Красноярского края имеет сорт Королевский, отличающийся повышенной экологической эффективностью.

Список источников

- Дмитриев Н. Н., Хуснидинов Ш. К.* Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии // Вестник КрасГАУ. 2016. № 7. С. 88–93.
- Дускабилов Т. Д., Дускабилова Т. И., Пискунов Е. И.* Абрикос на юге Средней Сибири. Новосибирск : РАСХН. Сиб. отд-ние. ГНУ НИИАП Хакасии, 2004. 78 с.
- Железов В. К., Хусанов С. Р.* Северный сад : сотворение чуда своими руками. СПб. : Победа. Качество. Здоровье, 2019. 288 с.
- Костырина Т. В.* Абрикос маньчжурский в фитоценозах Корсаковского лесничества КГКУ «Приморское лесничество» // Аграрный вестник Приморья. 2022. С. 39–44.
- Мамаев С. А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М. : Наука, 1973. 284 с.
- Плодоводство / *Ю. В. Трунов, Е. Г. Самощенко, Т. Н. Дорошенко* и [др.]. М. : КолосС, 2012. 415 с.
- Помология. Т. 3: Косточковые культуры / под общ. ред. Е. Н. Седова. М. : Изд-во ВНИИСПК, 2008. 591 с.
- Стародубцева Е. П., Джураева Ф. К.* Абрикос как пример импортозамещения в Оренбургской области // Известия Оренбургского ГАУ. 2016. Вып. 5 (61). С. 37–39.
- Усенко Н. В.* Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. Хабаровск : Приамурские ведомости, 2009. 272 с.

References

- Apricot on the south of Central Siberia / *T. D. Duscabilov, T. I. Duscabilova, E. I. Piskunov* [et al.]. Novosibirsk : RAAS. Siberian branch. SSciAPoK, 2004. 78 p.
- Dmitriev N. N., Husnutdinov Sh. K.* Technique for accelerated determination of leaf surface area of agricultural crops using computer technology // Vestnik KrasSAU. 2016. № 7. P. 88–93. (In Russ.)
- Fruit growing / *Yu. V. Trunov, E. G. Samoschenkov, T. N. Doroshenko* [et al.]. Moscow : KolosS, 2012. 415 p.
- Kostyrina T. V., Husanov S. R.* Madshurica apricot in the phytocenoses of the Korsakov forestry «Primorsky forestry» // Agrarian Bulletin of Primorye. 2022. P. 39–44. (In Russ.)
- Mamaev S. A.* Forms of intraspecific variability of woody plants (using the example of Pinaceae families in the Urals). Moscow : Nauka, 1973. 284 p.
- Pomology. Vol. 3 : Stone crops / under the general editorship of E. N. Sedov. Moscow : VNIISPK Publishing House, 2008. 591 p.
- Starodubtceva E. P., Dzhuraeva F. K.* Apricot as an example of import substitution in the Orenburg region // News of the Orenburg SAU. 2016. Vol. 5 (61). P. 37–39. (In Russ.)

Usenko N. V. Trees, shrubs and vines of the Far East. Habarovsk : Priamurskie statements, 2009. 272 p.

Zhelezov V. K. Northern orchard: Creating a miracle with your own hands. Saint-Petersburg : Pobeda. Kachestvo. Zdorovie, 2019. 288 p.

Информация об авторах

Е. А. Савинич – аспирант;

Р. Н. Матвеева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

E. A. Savinich – graduate student;

R. N. Matveeva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Статья поступила в редакцию 18.10.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 18.10.2024; accepted for publication 15.11.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 44–52.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 44–52.

Научная статья

УДК 630:712.0

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.005

ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТАХ ЛАНДШАФТНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ, ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Людмила Ивановна Аткина¹, Любовь Валентиновна Булатова²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ atkinali@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8578-936X>

² bulatovalv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2117-7732>

Аннотация. Единое городское пространство невозможно представить без ландшафтных объектов. Создание или реконструкция ландшафтных объектов – длительный процесс от момента составления технического задания на проектирование до итогового воплощения в городскую структуру. На разных этапах проектирования и строительства возникают вопросы, которые ведут к изменению первоначальных архитектурных и конструктивных решений. С 2018 г. действует Государственная программа Свердловской области «Формирование современной городской среды на территории Свердловской области на 2018–2027 годы», утвержденная постановлением правительства Свердловской области от 31.10.2017 № 805-ПП. В рамках данной программы на территории Свердловской области реализовано более 200 объектов. При анализе различных объектов было выявлено различие между решениями проектной документации и планировочной структурой вновь созданного (реконструируемого) объекта. На примере общественной территории «Верхний уровень набережной р. Уфы с прилегающей к ней территорией г. Красноуфимска Свердловской области» рассмотрены изменения объемов работ в ходе строительства и выявлены их причины. Все объемы по данному объекту не превышают предельно допустимые изменения по законодательству Российской Федерации. Изменения, вносимые в проектную документацию, могут быть связаны с социальными, экономическими, экологическими и градостроительными аспектами; могут быть значительными и точечными, с изменением или без изменения сметной стоимости. Основные причины возникновения изменений: корректировка градостроительной документации, социальный аспект, увеличение (уменьшение) финансирования, наличие неучтенных инженерных сетей, улучшение качества ландшафтного объекта, недостаточная проработка проектных предложений. Все изменения сведены к тому, чтобы получить ландшафтный объект, который бы отражал все потребности для населения, градостроительной структуры и экологии города. Выявление причин изменений проектных предложений и их систематизация позволяют выстроить алгоритм решения проблемы. С учетом действующих норм и постановлений оптимальным периодом для внесения изменений является начальный этап создания документации, общественные слушания до начала тендерных торгов.

Ключевые слова: авторский надзор, городские ландшафтные объекты, проектные решения, ландшафтное проектирование

Для цитирования: Аткина Л. И., Булатова Л. В. Изменения в проектах ландшафтных объектов при реализации, причины их возникновения // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 44–52.

Original article

CHANGES IN THE PROJECTS OF LANDSCAPE OBJECTS IN IMPLEMENTING, THE REASONS FOR THEIR OCCURRENCE

Lyudmila I. Atkina¹, Lyubov V. Bulatova²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ atkinali@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8578-936X>

² bulatovalv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2117-7732>

Abstract. It is impossible to imagine a coherent urban space without landscape objects. The creation or reconstruction of landscape objects is a long process from the initial drafting of technical specifications for the design to the final implementation in the urban structure. At different stages of design and construction, issues arise that lead to changes in the original architectural and design solutions. Since 2018, the state program in the Sverdlovsk region “Formation of a Modern Urban Environment in the Territory of the Sverdlovsk Region for 2018–2027”, approved by Sverdlovsk Region Government Decree of October 31, 2017 № 805-PP has been in effect. According to the program, more than 200 facilities have been implemented in the Sverdlovsk region. When analyzing various landscape objects, a difference has been revealed between the solutions of the design documentation and the planning structure of the newly created (reconstructed) objects. On the example of the public open space “The Upper Level of the Embankment of the Ufa River with the Adjacent Territory of the Town of Krasnoufimsk in Sverdlovsk Region”, changes in the work volume during construction have been considered and their causes have been identified. It has been established that the changes made to the project documentation may be related to social, economic, environmental and urban planning reasons. The changes can be significant and minimal, preserving or changing the estimated cost of implementation. The main reasons for the changes are following: adjustment of urban planning documentation, social causes, change in financing, the presence of unaccounted engineering networks, increased adaptation of the design solution to real natural conditions, insufficient elaboration of project proposals. Identification of the reasons for changes in project proposals, and their systematization allowed us to build an algorithm for solving the problem. Considering the current standards and regulations, the optimal period for making changes to the project is the initial stage of creating documentation related to public hearings held before the start of bidding.

Keywords: author’s supervision, urban landscape objects, design solutions

For citation: Atkina L. I., Bulatova L. V. Changes in the projects of landscape objects in implementing, the reasons for their occurrence // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 44–52.

Введение

Создание ландшафтных объектов – достаточно сложный и длительный процесс. С 2018 г. действует Государственная программа Свердловской области «Формирование современной городской среды на территории Свердловской области

на 2018–2027 годы», утвержденная постановлением правительства Свердловской области от 31.10.2017 № 805-ПП. В рамках данной программы на территории Свердловской области создано более 200 объектов. В ходе реализации проектов, даже таких крупных, как парки «Зеленая Роща»

и парк им. 22 Партсъезда в г. Екатеринбурге, и многих других по различным причинам возникла потребность изменения проектной документации. При этом отмечается активность населения как из прилегающих домов, так и из различных общественных организаций. Возможность внесения изменений в проектную документацию осложняется ограниченным временем производства работ, нормативно-правовыми актами и другими причинами. Создание реального алгоритма взаимодействия проект – реализация позволило бы процесс реализации сделать более прозрачным, что снизило бы накал недовольства общественности, сопровождающий строительство каждого объекта.

Цель, объекты и методика исследований

Цель работы – рассмотреть общие закономерности возникновения изменений в проектах ландшафтных объектов при реализации на примере общественной территории «Верхний уровень набережной р. Уфы с прилегающей к ней территорией г. Красноуфимска Свердловской области».

Для этого поставлены задачи: провести анализ нормативных документов, на основании которых можно вносить изменения в проектную документацию, изучить на примере общественной территории «Верхний уровень набережной р. Уфы с прилегающей к ней территорией г. Красноуфимска Свердловской области» объем фиксируемых изменений в проектной документации в ходе строительства и выделить причины изменений в проектах ландшафтных объектов при реализации.

Методика исследования основывается на работе с законодательными документами, которые регулируют процесс создания ландшафтных объектов, и анализе проектной документации ландшафтных объектов (О контрактной системе..., 2023). Для подтверждения изменений в проекте проведены натурные обследования территории на различных этапах реализации.

Результаты и их обсуждение

Объекты ландшафтной архитектуры находятся в динамическом состоянии, что обусловлено следующими причинами: биологическими

(насаждения являются неотъемлемой частью ландшафтных объектов); социальными (немаловажную роль играет мнение людей, для которых и создаются общественные территории, в процессе создания за счет предложений жителей могут принципиально меняться проектные решения), экономическими (возможность полной реализации проекта с учетом финансовых ресурсов региона), организационными (изменения законодательных норм в процессе проектирования и строительства).

Внесение изменений в проектную документацию в ходе строительства осложняется нормативными документами, в рамках которых происходят процессы строительства объектов благоустройства. Основным регулирующим документом – Постановление Правительства РФ от 1 октября 2020 г. № 1591 – определяет порядок и сроки внесения изменений. Но при реализации проектов также важен, в частности, Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 № 44-ФЗ. Согласно данному закону, внесение изменений может варьироваться в пределах 10 %. Для внесения, а также согласования возможных изменений на основании СП 246.1325800.2016 большая роль отводится авторскому надзору.

Изменения технико-экономических показателей ландшафтного проекта и данных после его реализации рассмотрено на примере общественной территории «Верхний уровень набережной р. Уфы с прилегающей к ней территорией г. Красноуфимска Свердловской области». Объект проектирования относится к территории общего пользования, является местом кратковременного отдыха людей. Предназначен для беспрепятственного посещения жителями в целях рекреации и транзита, а также для проведения культурно-массовых мероприятий. Расположен в центральной части г. Красноуфимска с прилегающей исторической застройкой, основные функции – создание динамичного городского пространства. Проект был создан в 2018 г., а его реализация шла на протяжении 2019–2021 гг. Авторский надзор в процессе реализации объекта отсутствовал.

Территория благоустройства в ходе проектирования была разделена на семь зон, что давало возможность разделить реализацию на этапы или производство работ по их видам. Для этого сметы рассчитаны с учетом двух вышеперечисленных положений – территориальная дробность и виды работ.

На территории проектируемого участка произрастало 68 деревьев, из них наибольшую часть занимает клен ясенелистный – 32 %, тополь бальзамический и яблоня ягодная – по 12 %, доля хвойных не превышала 10 %. Кроме деревьев, отмечены 6 кустарников. Единично присутствовали сосна обыкновенная, ель обыкновенная, липа мелколистная, береза повислая, черемуха обыкновенная, ива пятитычиночная, рябина обыкновенная, из кустарников – карагана древовидная и бузина красная.

Проектом заложены следующие типы покрытий: асфальтобетонное покрытие для автопарковок и проездов, плиточное покрытие тротуаров, покрытие проездов каменной брусчаткой, плиточное покрытие автопарковок, покрытие тротуаров каменной брусчаткой, газон.

Предусмотрена установка садовой мебели: скамьи – 104 шт., урны – 70 шт., вазоны для цветников.

Озеленение представлено живыми изгородями из кустарников (кизильник блестящий), рядовой и групповой посадкой деревьев (липа мелколистная), газоном обыкновенным (мятлик, овсяница, райграс) с максимальным сохранением существующей растительности.

В ходе производства работ непосредственно на местности были внесены изменения в проектную документацию, которые можно разделить на качественные и количественные (табл. 1).

В процессе реализации проекта произошли следующие количественные изменения.

1. Увеличена общая площадь из-за изменения градостроительного статуса прилегающей территории, в результате чего ее включили в общегородскую.
2. Изменилась конфигурации плоскостных элементов (тротуаров) с целью обеспечения более комфортного передвижения горожан.
3. Создана дополнительная живая изгородь для визуального разграничения территории.

Таблица 1
Table 1

Изменение технико-экономических показателей,
внесенных при реализации объекта
Changes in technical and economic indicators introduced during
the implementation of the facility

Показатели Indicators	До проектирования Before the design	Проектные предложения Project proposals	После реализации After implementation	Объем и доля изменений, ед. изм./ % Volume and proportion of changes, un. meas/ %	Причины Reasons
Площадь в границах участка, м ² The area within the boundaries of the site, m ²	27419,3	27419,3	27419,3	321,3/1,2	Изменение статуса прилегающей территории Changing the status of the adjacent territory
Площадь проездов, м ² The area of the driveways, m ²	4517	4517	4517	0	Отсутствует Absent
Площадь тротуаров, м ² Sidewalk area, m ²	6580	7147,3	7258,6	111,3/1,5	Изменение конфигурации плоскостных элементов Changing the configuration of planar elements
Площадь спортивных площадок, м ² The area of sports grounds, m ²	–	279	279	0	Отсутствует Absent

*Окончание табл. 1
The end of table 1*

Показатели Indicators	До проектирования Before the design	Проектные предложения Project proposals	После реализации After implemen- tation	Объем и доля изменений, ед. изм./ % Volume and proportion of changes, un. meas/ %	Причины Reasons
Площадь велосипедных дорожек, м ² The area of the bike paths, m ²	–	547	565	18/3,3	Изменение конфигурации плоскостных элементов Changing the configuration of planar elements
Площадь газонов, м ² Lawn area, m ²	9153,3	7760	7630,7	–129,3/–1,7	Изменение конфигурации плоскостных элементов Changing the configuration of planar elements
Здания и сооружения, м ² Buildings and structures, m ²	7169	7169	7169	0	Отсутствуют Absent
Коэффициент озеленения, % Landscaping coefficient, %	33,4	28,4	29	0,6	Отсутствует Absent
Деревья, шт. Trees, pieces	51	65	65	0	Отсутствует Absent
Кустарники, шт. Shrubs, pieces	23	299	329	30/10	Дополнительная посадка Additional boarding
МАФ, в т. ч. SAF including	–	–	–	–	Отсутствует Absent
Скамья, шт. The bench, pieces	15	38	38	0	Отсутствует Absent
Урна бетонная, шт. The urn is concrete, pieces	24	70	70	0	Отсутствует Absent
Скульптура из бронзы, шт. Bronze sculpture, pieces	–	10	10	6/40	Изменения композиции Composition changes
Информационные вставки, шт. Information tablets, pieces	–	10	10	0	Отсутствует Absent
Информационные книги, шт. Information books, pieces	–	2	2	0	Отсутствует Absent
МАФ SAF Шахматный стол, шт. The chess table, pieces	–	1	1	0	Отсутствует Absent
Вазоны, шт. Flowerpots, pieces	–	12	12	0	Отсутствует Absent

В целом по данному объекту объем количественно измеренных изменений не превышает 10 %, что можно назвать незначительным.

К качественным можно отнести изменение композиций из парковых скульптур, план раскладки плитки, замену плоскостных цветников внутри контура скамеек на цветочные вазоны. На основе анализа проектных предложений и фотоматериала реализованных объектов (рисунок) можно утверждать, что общее стилистическое

направление и цветовое решение сохранены, но видны изменения по конфигурации плоскостных элементов, раскладке плитке, замене малых архитектурных форм.

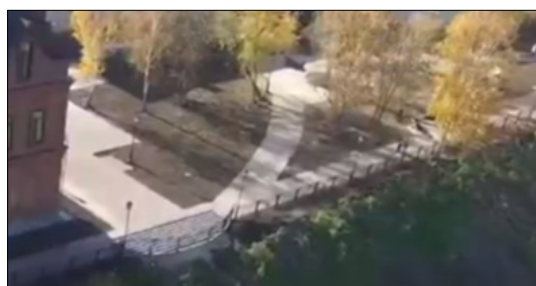
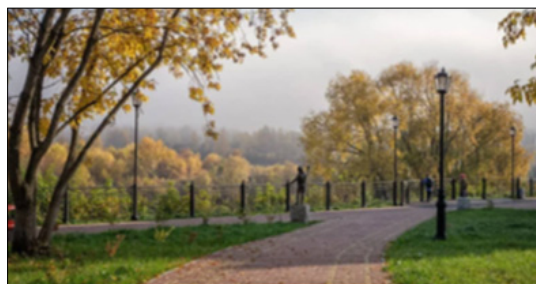
Отличительной особенностью качественных изменений (замена материалов, изменение конфигурации зон и т. д.) является то, что они не влекут за собой перерасчета объемов работ с изменением сметной стоимости, а значит, и дополнительных финансовых расходов.

Эскиз. Видовые точки
Sketch. Viewpoints

Фотографии после реализации
Photos after implementation



Сквер вдоль реки
A square along the river



Центральная площадь
The Central square



Ул. Пролетарская
Proletarskaya Street



Изучив проектную документацию и реализованные объекты территории «Верхний уровень набережной р. Уфы с прилегающей к ней территорией г. Красноуфимска Свердловской области», можно утверждать, что в ходе строительства при создании различных элементов объекта возникают вопросы к проектным решениям, которые можно классифицировать по следующим видам (табл. 2).

На основе выделенных видов изменений проектных решений при реализации практически везде

присутствует причина – недостаточная проработка проектных решений. По сути, она ведет к позициям: социальный аспект и адаптация проекта к существующей среде. Это связано с недостаточно проработанным обсуждением проекта в администрации города и с общественностью еще на стадии проектирования. Эти вопросы в отличие от изменения финансирования и градостроительной документации вполне решаемы.

Таблица 2

Table 2

Виды и причины изменений проектной документации в ходе реализации объекта
Types and reasons for changes in project documentation during the implementation of the facility

Виды изменений Types of changes	Причины возникновения изменений The reasons for the changes
Изменения границ объекта Changes to the boundaries of the object	<ul style="list-style-type: none"> – Внесение изменений в градостроительную документацию Making changes to urban planning documentation – Социальный аспект The social aspect – Увеличение (уменьшение) финансирования Increase (decrease) in financing – Наличие неучтенных инженерных сетей The presence of unaccounted engineering networks
Изменения месторасположения функциональных зон Changes in the location of functional areas	<ul style="list-style-type: none"> – Адаптация проекта к существующей среде Adapting the project to the existing environment – Социальный аспект The social aspect – Недостаточная проработка проектных предложений Insufficient elaboration of project proposals
Изменения конфигурации плоскостных элементов (дорожно-тропиночная сеть, газоны, цветники и пр.) Changes in the configuration of planar elements (road network, lawns, flower beds, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> – Адаптация проекта к существующей среде Adapting the project to the existing environment – Наличие неучтенных инженерных сетей The presence of unaccounted engineering networks – Сохранения насаждении Conservation of plantings – Социальный аспект The social aspect – Недостаточная проработка проектных предложений Insufficient elaboration of project proposals
Замена малых архитектурных форм, видов растений и других материалов Replacement of small architectural forms, plant species and other materials	<ul style="list-style-type: none"> – Адаптация проекта к существующей среде Adapting the project to the existing environment – Изменения законодательства Changes in legislation – Увеличение (уменьшение) финансирования Increase (decrease) in financing – Недостаточная проработка проектных предложений Insufficient elaboration of project proposals
Изменения конструктивных решений Changes in design solutions	<ul style="list-style-type: none"> – Изменения законодательства Changes in legislation – Увеличение (уменьшение) финансирования Increase (decrease) in financing – Недостаточная проработка проектных предложений Insufficient elaboration of project proposals – Адаптация проекта к существующей среде Adapting the project to the existing environment
Изменения эстетического характера (гамма малых архитектурных форм, цветников, раскладка плитки) Aesthetic changes (range of small architectural forms, flower beds, tile layout)	<ul style="list-style-type: none"> – Социальный аспект The social aspect – Адаптация проекта к существующей среде Adapting the project to the existing environment – Увеличение (уменьшение) финансирования Increase (decrease) in financing – Недостаточная проработка проектных предложений Insufficient elaboration of project proposals

Выводы

Изменение проекта «Верхний уровень набережной р. Уфы с прилегающей к ней территорией г. Красноуфимска» незначительно – не более 10 %, наибольшее изменение приходится на дополнительные посадки. Изменена конфигурация дорожно-тропиночной сети, но общая площадок и дорожек увеличилась всего на 1,5 %. Общая концепция ландшафтного объекта соответствует эскизным предложениям.

Для того чтобы минимизировать изменения в ходе строительства, требуется изменить этапы проект – строительство, сделав усиление акцента на этап общественных слушаний, где будут детально просматриваться все проектные решения всеми заинтересованными лицами, и тогда же возможна корректировка проектной документации до процедуры тендера в рамках ФЗ № 44.

Список источников

- О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд : Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ (ред. от 14.11.2023) // Единая информационная система в сфере закупок : [сайт]. URL: <https://zakupki.gov.ru> (дата обращения: 01.12.2023).
- Об утверждении государственной программы Свердловской области «Формирование современной городской среды на территории Свердловской области на 2018–2027 годы» (с изменениями на 19 октября 2023 года) : постановление правительства Свердловской области от 31 октября 2017 года № 805-ПП // Информационная компания «Кодекс» : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/56150872> (дата обращения: 15.11.2023).
- Об утверждении Правил внесения изменений в документацию по планировке территории, указанную в части 18 статьи 45 Градостроительного кодекса Российской Федерации, отмены такой документации или ее отдельных частей, признания отдельных частей такой документации не подлежащими применению и о внесении изменений в Правила подготовки документации по планировке территории, подготовка которой осуществляется на основании решений уполномоченных федеральных органов исполнительной власти, и принятия уполномоченными федеральными органами исполнительной власти решений об утверждении документации по планировке территории для размещения объектов федерального значения и иных объектов капитального строительства, размещение которых планируется на территориях 2 и более субъектов Российской Федерации (с изменениями на 3 апреля 2023 года) : Постановление Правительства РФ от 1 октября 2020 года № 1591 // Информационная компания «Кодекс» : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565935060> (дата обращения: 14.11.2023).
- Паспорт регионального проекта «Формирование комфортной городской среды на территории Свердловской области» : версия 42, от 24.05.2023 // Министерство энергетики и ЖКХ Свердловской области : [сайт]. URL: <https://energy.midural.ru> (дата обращения: 23.11.2023).
- Положение об авторском надзоре за строительством зданий и сооружений : СП 246.1325800.2016 от 14.03.2016 // Информационная компания «Кодекс» : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133993> (дата обращения: 23.11.2023).
- Проектно-сметная документация по объекту «Общественной территории “Верхний уровень набережной р. Уфы с прилегающей к ней территорией г. Красноуфимска Свердловской области”» : Электронный аукцион от 15.03.2019 № 0362300168219000038 // Единая информационная система в сфере закупок : [сайт]. URL: <https://zakupki.gov.ru> (дата обращения: 10.11.2023).

References

- Decree of Sverdlovsk Region Government of October 31, 2017 № 805-PP «On Approval of the State Program of the Sverdlovsk Region “Formation of a Modern Urban Environment in the Territory of the Sverdlovsk Region for 2018–2027”, (as amended on October 19, 2023) // Information Company “Codex” : [official website]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/56150872> (accessed 15.11.2023).
- Design and estimate documentation for the landscape objects of the public open space “The Upper Level of the Embankment of the Ufa River with the Adjacent Territory of the Town of Krasnoufimsk in Sverdlovsk region” 15.03.2019 No 0362300168219000038 // Official website of the Unified Information System in the field of procurement. URL: <https://zakupki.gov.ru> (accessed 10.11.2023).
- On Approval of the Rules for Making Changes to the Documentation on the Layout of the Territory Specified in Part 18 of Article 45 of the Urban Planning Code of the Russian Federation (as amended on April 3, 2023) : Decree of the Government of the Russian Federation of October 1, 2020 № 1591 // Information Company “Codex”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565935060> (accessed 14.11.2023).
- On the Contract System in the Field of Procurement of Goods, Works and Services for State and Municipal Needs : Federal Law № 44-FZ dated 05.04.2013 (as amended on 14.11.2023) // Official website of the Unified Information System in the field of procurement. URL: <https://zakupki.gov.ru> (accessed 01.12.2023).
- Passport of the regional project “Formation of a Comfortable Urban Environment in the Sverdlovsk Region” : version 42, dated 24.05.2023 // Ministry of Energy and Housing of the Sverdlovsk region. URL: <https://energy.midural.ru> (accessed 23.11.2023).
- Regulations on the Supervision of the Construction of Buildings and Structures SP 246.1325800.2016 to 14.03.2016 // Information Company “Codex” : [website]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133993> (accessed 23.11.2023).

Информация об авторах

*Л. И. Аткина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Л. В. Булатова – старший преподаватель.*

Information about the authors

*L. I. Atkina – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
L. V. Bulatova – Senior teacher.*

*Статья поступила в редакцию 05.03.2024; принята к публикации 10.06.2024.
The article was submitted 05.03.2024; accepted for publication 10.06.2024.*

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 53–61.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 53–61.

Научная статья

УДК 630*232.32

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.006

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

Елена Михайловна Рунова¹, Анна Викторовна Денисенко²

^{1,2} Братский государственный университет, Братск, Россия

¹ runova0710@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6178-4038>

² anneta-anneta20@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-7999-1726>

Аннотация. Приведены результаты исследования влияния на рост посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с закрытой корневой системой на основе тепличного комплекса АУ РБ «Лесресурс» Республики Бурятия. Целью работы явилось исследование технологии выращивания сеянцев сосны обыкновенной на фенологическое состояние и морфометрические показатели посадочного материала. По стандартным методикам определялись условия выращивания сеянцев (температура, влажность воздуха и почвы, кислотность почвы), проводились фенологические наблюдения за развитием сеянцев, определялись биометрические показатели сеянцев. При выращивании сеянцев использовались доступные минеральные удобрения: раствор калия перманганата KMnO_4 (0,1 мл/10 л), аммофос (20 г/м²), акварин 5 (1 кг/1000 л), акварин 16 (1 кг/1000 л), суперфосфат (34 г/м²), фитоспорин-М (100 г/10 л), ракурс (0,1 мл/10 л), пиноцид (0,1 мл/10 л), циркон (0,1 мл/10 л), сульфат калия (34 г/м²). Описаны сроки, виды удобрений и химикатов с указанием дозы внесения. В тепличном комплексе на протяжении всего периода выращивания сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой поддерживалась оптимальная влажность 75 %, а также кислотный баланс почвы в интервале 5,0–5,5 рН. Для поддержания кислотности почвы использовались минеральные удобрения, своевременный полив, оптимальная температура в теплице, затенение теплиц, проветривание. Исследованы высота надземной части и толщина корневой шейки стволика сеянцев сосны в конце периода вегетации. Предложена технология выращивания сеянцев с закрытой корневой системой сосны обыкновенной с наиболее качественными биометрическими показателями посадочного материала. Проведены исследования фенологического развития сеянцев, определены биометрические показатели выращенного посадочного материала. С помощью применяемой технологии удалось вырастить 394 тыс. сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой, что позволило восстановить 179 га площадей, отведенных под лесовосстановление. Результаты исследования показали высокую приживаемость посадочного материала на лесокультурных площадях – 87,3 %.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, сеянец, закрытая корневая система, минеральные удобрения, торф, кассеты, морфометрические показатели

Для цитирования: Рунова Е. М., Денисенко А. В. Технологические аспекты выращивания сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с закрытой корневой системой // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 53–61.

Original article

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF GROWING PINE SEEDLINGS COMMON (*PINUS SYLVESTRIS* L.) WITH A CLOSED ROOT SYSTEM

Elena M. Runova¹, Anna V. Denisenko²

^{1,2} Bratsk State University, Bratsk, Russia

¹ runova0710@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6178-4038>

² anneta-anneta20@mail.ru

Abstract. The results of a study of the effect on the growth of the planting material of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with a closed root system based on the greenhouse complex AU RB “Lesresurs” of the Republic of Buryatia are presented. The aim of the work was to study the technology of growing seedlings of Scots pine on the phenological state and morphometric parameters of the planting material. According to standard methods, the conditions of growing seedlings (temperature, humidity of air and soil, soil acidity) were determined, phenological observations of the development of seedlings were carried out, biometric indicators of seedlings were determined. When growing seedlings, available mineral fertilizers were used: potassium permanganate KMnO_4 solution (0,1 ml/10 l), ammophos (20 g/m²), aquarin 5 (1 kg/1000 l), aquarin 16 (1 kg/1000 l), superphosphate (34 g/m²), phytosporin-M (100 g/10 l), racurs (0,1 ml/10 l), pinocide (0,1 ml/10 l), zircon (0,1 ml/10 l), potassium sulfate (34 g/m²). The terms, types of fertilizers and chemicals are described, indicating the dose of application. In the greenhouse complex, during the entire period of growing seedlings of scots pine with a closed root system, an optimal humidity of 75 % was maintained, as well as the acid balance of the soil in the range of 5,0–5,5 pH. To maintain the acidity of the soil, mineral fertilizers, timely watering, optimal temperature in the greenhouse, shading of greenhouses, ventilation were used. The height of the aboveground part and the thickness of the root neck of the stem of pine seedlings at the end of the growing season were studied. Based on the data obtained, a conclusion and recommendations for the cultivation of planting material for a specific purpose are formulated. The technology of growing seedlings with a closed root system of Scots pine with the highest quality biometric indicators of planting material is proposed. Studies of the phenological development of seedlings have been carried out, biometric indicators of the grown planting material have been determined. With the help of the applied technology, it was possible to grow 394 thousand seedlings of Scots pine with a closed root system, which made it possible to restore 179 hectares of areas allocated for reforestation. The results of the study showed a high survival rate of planting material on forest-cultivated areas – 87,3 %.

Keywords: scots pine, seedling, closed root system, mineral fertilizers, peat, cassettes, morphometric indicators

For citation: Runova E. M., Denisenko A. V. Technological aspects of growing pine seedlings common (*Pinus sylvestris* L.) with a closed root system // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 53–61.

Введение

Посадочный материал с закрытой корневой системой (ЗКС) является более качественным продуктом и требует строгого выполнения технологических процессов выращивания. Для получения большого количества посадочного материала тре-

буется целый комплекс с высокотехнологичным оборудованием: это теплицы, регуляция микроклимата (температура, влажность, освещенность), вентиляция, система автоматического полива, удобрение и защита растений от болезней (Бурцев, 2014; Васильев, 2018; Залесов и др., 2002; Сахнов,

Пуряев, 2015; Значение выращивания..., 2016). В ряде случаев при получении посадочного материала не достигается положительного результата, большой проблемой является низкая приживаемость на лесокультурных площадях (Ананьев, 2017; Гоф и др., 2019). После высаживания на лесокультурную площадь сеянцы сосны обыкновенной формируют не якорную корневую систему, а поверхностные корни, что приводит к гибели сеянцев, не достигших корнями уровня капиллярной влаги.

Цель, методика и объекты исследований

Целью работы явилось исследование возможности использования промышленных методов выращивания сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой для создания лесных культур в Республике Бурятия. В исследовании сеянцы сосны обыкновенной были выращены в тепличном комплексе АУ РБ «Лесресурс» Республики Бурятия в кассетах для выращивания сеянцев РКЛ-81Н. Кассеты использовались в соответствии с ГОСТ Р 50962–96: внешние габариты – не менее $38 \times 38 \times 7$ см, размер ячейки – не менее $4,1 \times 4,1 \times 7,3$ см, количество ячеек – не более 81, объем ячейки – не менее 85 см^3 , количество сеянцев на 1 м^2 – не менее 549, дно ячейки в кассете должно иметь шаровидную форму с боковыми отверстиями, чтобы торф не вымывался под воздействием вертикального полива. Для правильного и естественного развития корневой системы сеянцев в боковых стенках ячейки обязательно должны быть вертикальные щели и направляющие ребра. Боковые щели также предотвращают образование недостатка кислорода в торфяном коме в ячейке и одновременно являются дренажом при чрезмерном поливе, благодаря открытым ячейкам излишки поливочной воды легко вытекают из отверстий дна, что дает возможность полива также снизу. Особенность боковых щелей в том, что в активной фазе роста корневой системы боковые корни сеянца сосны обыкновенной сильно разветвляются и, доходя до щелей в стенках ячеек, подвергаются воздействию воздуха, который, в свою очередь, способствует образованию активных корневых кончиков.

Первая ротация сеянцев выращена в 2021 г. и реализована в 2023 г. на лесокультурных площадях. В процессе выращивания по стандартным методикам определялись условия выращивания сеянцев (температура, влажность воздуха и почвы, кислотность почвы), проводились фенологические наблюдения за их развитием, определялись их биометрические показатели.

Результаты и их обсуждение

Посадочный материал выращивался в теплицах из металлического каркаса, стоящих на бетонном фундаменте и покрытых поликарбонатом с наличием системы проветривания. Кассеты размещались на металлических каркасах, напольное покрытие – щебень мелкой и крупной фракции, полив в теплицах применялся автоматический форсуночного типа распыления. Предварительно вода набиралась в емкости и стояла 2–3 дня для приобретения атмосферной температуры, затем с помощью насосной станции подавалась в теплицы. Также использовался метод затенения из укрывного материала в теплице № 1 и сетки фасадной Mazaika Net-65 затеняющей в теплице № 2.

Одна теплица изначально создавалась под выращивание сосны обыкновенной с открытой корневой системой. Согласно изменениям в п. 4 Правил лесовосстановления, вступивших в законную силу 29.12.2021 г., № 1024 (Об утверждении правил..., 2021), было принято решение о выращивании сосны обыкновенной с закрытой корневой системой, для чего на грядах разместили металлические каркасы. На каркасы были установлены рамки для кассет, чтобы при необходимости можно было быстро перейти на выращивание сосны обыкновенной с открытой корневой системой. Рамки металлические для кассет имеют ширину 1,20 см, а длину 1,98 см, что соответствует ширине гряды, рамки при необходимости можно быстро демонтировать.

При выращивании сеянцев хвойных пород использовался торф резной и фрезерный, фракции 0–10 мм, pH 4,0–4,5, PGmix 1,0 кг/м³, смачивающий реагент 0,1 л/м³, рецепт 4с/1/5,2, по рекомендуемой методике при посадке мульчирование кассет производилось вермикулитом садовым

фракции 1–5 мм. Посев семян производился вручную, предварительно семена сосны обыкновенной обрабатывались в растворе $KMnO_4$, отверстия в касете по центру делали с помощью пресс-маркера.

Для выращивания посадочного материала в 2021 г. использовались минеральные удобрения: раствор калия перманганата $KMnO_4$ (0,1 мл/10 л), аммофос (20 г/м²), акварин 5 (1 кг/1000 л), акваин 16 (1 кг/1000 л), суперфосфат (34 г/м²), фитоспорин-М, (100 г/10 л), ракурс (0,1 мл/10 л), пиноцид (0,1 мл/10 л), циркон (0,1 мл/10 л), сульфат калия (34 г/м²). Приведена таблица применяемых удобрений в тепличном комплексе АУ РБ «Лесресурс» для выращивания сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой.

В тепличном комплексе на протяжении всего периода выращивания сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой поддерживались оптимальная влажность 75 %, а также кислотный баланс почвы 5,0–5,5 рН, для определений использовались беспроводная метеостанция First avstria Fa-2461-6 ВА, рН-метр iTuin. Для поддержания кислотности почвы служит правильное и грамотное применение минеральных удобрений, своевременный полив, оптимальная температура в теплице, затенение теплиц, проветривание. В табл. 1 приведены технологические параметры внесения удобрений и химикатов при выращивании сеянцев.

Таблица 1
Table 1

Удобрения и химикаты, используемые в теплице для выращивания сеянцев сосны обыкновенной
Fertilizers and chemicals, used in the greenhouse for growing seedlings of scots pine

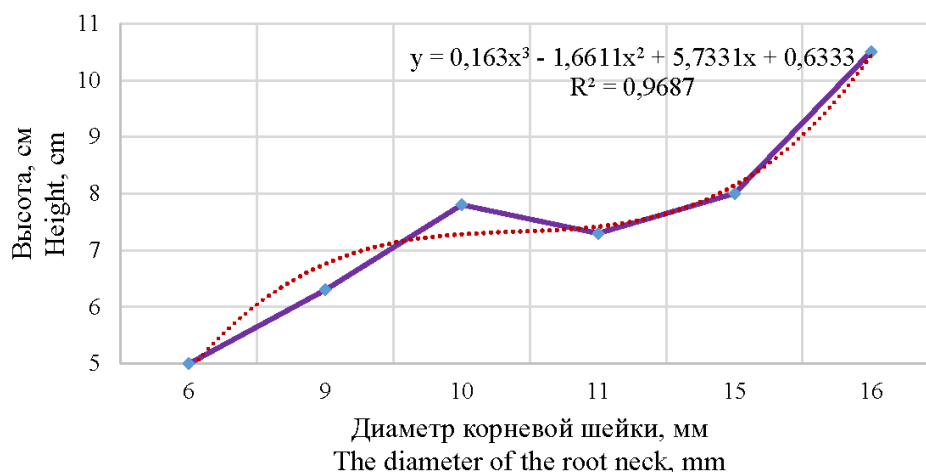
Наименование Name	Квалификация	Состав Qualification	Количество Quantity	Использование Using
Калия перманганат Potassium permanganate	Антисептическое средство Antiseptic remedy	$KMnO_4$	1 мл/10 л 1 ml/10 l	Обработка семян сосны обыкновенной – время замачивания 2 ч в пластмассовой емкости. Обработка кассет Processing of common pine seeds soaking time is 2 hours in a plastic container. Processing of cassettes
Аммофоска (Аммофос) Ammophoska (Ammophos)	Минеральное удобрение Mineral fertilizer	N – 15 % P_2O_5 – 15 % K_2O – 12 %	20 г/м ² 20 g/m ²	1 раз при посадке в кассеты с перемешиванием торфа в емкости 1 time when boarding at the checkout, you mix the peat in itbones
Акварин 5 Aquarin 5	Минеральное удобрение Mineral fertilizer	N 18 % P_2O_5 18 % K 2 % Mg 1,5 % Сера, S+ Микроэлементы	1 кг/1000 л 1 kg/1000 l	Водорастворимое минеральное удобрение. Первая половина июня, автоматическая система полива Water-soluble mineral fertilizer. The first half of June, the automatic system is alive
Акваин 16 Aquarin 16	Водорастворимое комплексное минеральное удобрение с хелатными микроэлементами Water-soluble complex mineral fertilizer with chelated microelements	N – 6 %, P_2O_5 – 12 %, K_2O – 36 %, MgO – 2 %, S – 4 %, микроэлементы: Fe (ДТПА) – 0,054 %, Zn (ЭДТА) – 0,014 %, Cu (ЭДТА) – 0,01 %, Mn (ЭДТА) – 0,042 %, Mo – 0,004 %, B – 0,02 %	1 кг/1000 л 1 kg/1000 l	Водорастворимое минеральное удобрение, первая половина июля, автоматическая система полива Water-soluble mineral fertilizer the first half of July, automatic irrigation system

*Окончание табл. 1
The end of table 1*

Наименование Name	Квалификация	Состав Qualification	Количество Quantity	Использование Using
Фитоспорин-М Phytosporin-M	Фунгицид Fungicide	Живые бактерии Bacillus subtilis Live Bacillus subtilis bacteria	100 г/10 л 100 g/10 l	Производилось опрыскивание хвой сосны обыкновенной системой полива «Жук», июнь-июль The pine needles were sprayed with the usual polyva “Beetle” system June-July
Ракус, пиноцид Rakus, pinocid	Фунгицид Fungicide	От болезней хвойных From coniferous diseases	0,1 мл/10 л 100 g/10 l	Производилось опрыскивание хвой сосны обыкновенной системой полива «Жук» 2 раза, июнь-июль Pine needles were sprayed with the usual “Beetle” irrigation system 2 times June-July
Циркон Zircon	Иммуномодулирующее средство Immunomodularizing agent	Регулятор роста растений, от стрессовых погодных условий Plant growth regulator, from stressful environmental conditions	1 мл/10 л 1 ml/10 l	Производилось опрыскивание хвой сосны обыкновенной системой полива «Жук». Июль-август The pine needles were sprayed with the usual polyva “Beetle” system. July-August
Сульфат калия Potassium sulfate	Минеральное удобрение Mineral fertilizer	N – 0 % P – 0 % K – 52 %	1 кг/1000 л 1 kg/1000 l	Водорастворимое минеральное удобрение, первая половина августа, автоматическая система полива Water-soluble mineral fertilizer the first half of August, automatic irrigation system

По результатам биометрических показателей выявлено, что сеянцы, выращенные по опыту 2021 г., в весенне-летний период (май-сентябрь) достигли технической спелости согласно ОСТ 56-98–93. Проведенные биометрические из-

мерения 405 сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой позволили выявить определенные закономерности (рисунок) в росте и развитии посадочного материала (Морфометрические параметры..., 2014).



Взаимосвязь высоты и диаметра корневой шейки сенцев
The relationship between the height and diameter of the root neck of the senets

В табл. 2 приведены результаты фенологиче-ских наблюдений за сеянцами, начиная с момента посева семян и заканчивая периодом покоя.

Произведенное наблюдение по состоянию на 24.08.2021 г. показало, что с 9 октября сосна обыкновенная с ЗКС находится в состоянии покоя, морфометрические показатели не увеличиваются. Не на всех сеянцах произошло формирование поч-

ки, это говорит о том, что количество макроэлементов оказалось недостаточным, что не позволило получить 100 % результаты для формирования стандартного посадочного материала (оставлены на доращивание) (Об утверждении..., 1995). В мае 2022 г. сеянцы были высажены на лесокультурных площадях. Приживаемость сеянцев составила 87,3 %.

Таблица 2

Table 2

Фенологическое развитие сенцев с закрытой корневой системой

Phenological development of senets with a closed root system

Фенофаза Phenophase	Морфологическая характеристика сеянцев Morphological characteristics of seedlings	Продолжи- тельность, дней Length of residence, days	Возраст сеянцев (с момента посева), дни The age of the seedlings (from the moment of sowing), days
Проращивание семян Seed germination	От посева до появления всходов (первый посев с ЗКС 25.06.2021 г.), полив – 2 раза в день (утро, вечер). Проветривание, поддержание влажности в теплице. Первые всходы появились 03.07.2021 г. (т. е. через 9 дней после посадки) From sowing to the emergence of seedlings (the first sowing with ZKS on 25.06.2021), (watering – 2 times a day (morning, evening)). Ventilation, maintenance of humidity in the greenhouse. The first shoots appeared on 03.07.2021 (i. e. 9 days after planting)	9	Семена предварительно обработаны в растворе перманганата калия (KMnO ₄), время обработки 2 часа. The seeds were pretreated in a solution of potassium permanganate (KMnO ₄) processing time is 2 hours
Появление всходов Emergence of seedlings	Над поверхностью субстрата появляются на гипокотылях семенные покровы Seed coats appear on hypocotyls above the surface of the substrate	3–5	11–14
Развертывание семядолей The unfolding of the cotyledons	Семядоли сбрасывают семенные покровы и распускаются Cotyledons shed their seed coats and bloom	3–5	14–16
Появление почки зачаточного побега The appearance of a bud of rudimentary shoot	Между семядолями закладывается бугорок с яркой окраской. Внесение удобрения аммофос A tubercle with a bright color is laid between the cotyledons. Fertilization of Ammophos	3	19–21
Развертывание хвои The deployment of needles	Начало роста настоящей хвои. Формирующиеся хвоинки приобретают зеленый цвет, их длина составляет около половины длины семядолей (произведено опрыскивание хвои в кассетах Фитоспорин-М) The beginning of the growth of real needles. The needles that are forming turn green, their length is about half the length of the cotyledons, (needles were sprayed in Phytosporin-M cassettes)	2	21–23
Ускорение роста хвои Accelerating the growth of needles	Увеличение количества формирующихся хвоинок. Длина образовавшейся хвои равна длине семядолей (внесено удобрение акварин-5) An increase in the number of needles forming. The length of the formed needles is equal to the length of the cotyledons (fertilizer Aquarin-5 was introduced)	3–5	24–27

*Окончание табл. 2
The end of table 2*

Фенофаза Phenophase	Морфологическая характеристика сеянцев Morphological characteristics of seedlings	Продолжи- тельность, дней Length of residence, days	Возраст сеянцев (с момента посева), дни The age of the seedlings (from the moment of sowing), days
Рост эпикотильной части побегов The growth of the epicotyl part of the shoots	Эпикотильная часть стволика приподнимает сформировавшуюся хвою над уровнем прикрепления семядолей. Увеличение количества хвоинок на осевом побеге. Образуется второй ряд семядолей. Идет разветвление побега и прирост боковых побегов хвои The epicotyl part of the stem lifts the formed needles above the level of attachment of cotyledons. An increase in the number of needles on the axial shoot. A second row of cotyledons is formed. There is a branching of the shoot and an increase in lateral shoots of needles	3–5	27–31
Нарастание надземной части сосны обыкновенной The growth of the aboveground part of the Scots pine	Темпы образования хвоинок и увеличение площади их на поверхности (из кассет появляются корни, выходящие за пределы глубины кассеты). Внесено удобрение акварин-16 The rate of formation of needles and an increase in their surface area (roots appear from cassettes that go beyond the depth of the cassette). The fertilizer Aquarin-16 has been added	10–12	37–42
Нарастание надземной части сосны обыкновенной The growth of the aboveground part of the Scots pine	Темпы образования хвоинок и увеличение площади их на поверхности (из кассет появляются корни, выходящие за пределы глубины кассеты). Формирование почки, длина надземной части сеянца сосны обыкновенной составляет 5–8 см, корневая шейка – 5–12 мм. Внесение удобрения суперфосфат, фитоспорин-К The rate of formation of needles and an increase in their area on the surface (roots appear from cassettes that go beyond the depth of the cassette). Bud formation, the length of the aboveground part of the scots pine seedling is from 5–8 cm, the root neck is from 5–12 mm. Fertilization of Superphosphate, Phytosporin-K	10–15	57
Нарастание надземной части сосны обыкновенной The growth of the aboveground part of the Scots pine	Темпы образования хвоинок и увеличение площади их на поверхности (из кассет появляются корни, выходящие за пределы дна кассеты). Формирование почки, длина надземной части сеянца сосны обыкновенной составляет 5–8 см, корневая шейка – 10–20 мм. Внесение удобрения сульфат калия, фитоспорин-К The rate of formation of needles and an increase in their surface area (roots appear from cassettes extending beyond the bottom of the cassette). Bud formation, the length of the aboveground part of the scots pine seedling is from 5–8 cm, the root neck is from 10–20 mm. Fertilization of Potassium sulfate, Phytosporin-K	30–35	92
Переход растений в состояние покоя The transition of plants to a state of rest	Изменение цвета хвои от фиолетового до темно-бурого. Почки сформированы не у всех сеянцев The color of the needles changes from purple to dark brown. Not all seedlings have buds	10–15	107

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Предложенный технологический процесс выращивания сеянцев сосны обыкновенной позволяет формиро-

вать устойчивые всходы и развитие посадочного материала. Характерной особенностью является тесная корреляция, существующая между ростом и развитием надземной части сеянца сосны обыкновенной и диаметром корневой шейки. Чем выше

надземная часть, тем больше диаметр корневой шейки. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют об успешном применении минеральных удобрений в тепличном комплексе АУ РБ «Лесресурс». Получены результаты фенологического развития сеянцев, выявлены оптимальные нормы внесения удобрений и препаратов для защиты сеянцев от болезней. С помощью применяемой технологии удалось вырастить 394 036 тыс. сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой, что позволило восстановить 179 га площадей, отведенных под лесовосстановление.

Список источников

- Ананьев Е. М.* Причины низкой приживаемости лесных культур, созданных сеянцами с закрытой корневой системой // Актуальные проблемы лесного комплекса : сб. науч. тр. Вып. 49. Брянск : БГИТУ, 2017. С. 58–62.
- Бурцев Д. С.* Развитие исследований в области совершенствования технологии выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте лесного хозяйства // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2014. № 2. С. 27–31.
- Васильев О. И.* Технологические и экономические аспекты производства посадочного материала с закрытой корневой системой // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2018. № 2. С. 53–63.
- Гоф А. А., Жигулин Е. В., Залесов С. В.* Причины низкой приживаемости сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой в ленточных борах Алтая // Успехи современного естествознания. 2019. № 12-1. С. 9–13.
- Залесов С. В., Лобанов А. Н., Луганский Н. А.* Рост и производительность сосняков искусственного и естественного происхождения. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 112 с.
- Значение выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в лесоразведении и лесовосстановлении / *А. М. Сабиров, Д. И. Файзрахманов, Р. А. Газизов, А. Р. Минниханов* // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (39). С. 58–61.
- Морфометрические параметры сеянцев сосны с открытой и закрытой корневой системой / *В. П. Бессчетов, Н. Н. Бессчетнова, Л. И. Клишина* [и др.] // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. Т. 4. С. 52–67.
- Об утверждении норм выхода стандартных сеянцев деревьев и кустарников в лесных питомниках Российской Федерации : утв. приказом Федеральной службы лесного хозяйства России № 144 от 25.10.1995 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации : [сайт]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9015220> (дата обращения: 20.02.2024).
- Об утверждении правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления : утв. приказом Минприроды России от 29.12.2021. № 1024 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации : [сайт]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/728111110> (дата обращения: 01.02.2024).
- ОСТ 56-98-93. Отраслевой стандарт. Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород. Технические условия : утв. и введен в действие приказом Рослесхоза от 10.12.1993 № 327. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 09.04.2023).
- Сахнов В. В., Пуряев А. С.* Совершенствование технологий выращивания посадочного материала хвойных пород для целей лесовосстановления и лесоразведения в различных почвенно-климатических условиях // Проблемы воспроизводства лесов в Российской Федерации. Пушкино : ВНИИЛМ, 2015. С. 135–142.

References

- Ananyev E. M.* The reasons for the low survival rate of forest crops created by seedlings with a closed root system // Actual problems of the forest complex : Collection of scientific works. Issue 49. Bryansk : BGITU, 2017. P. 58–62. (In Russ.)
- Burtsev D. S.* Development of research in the field of improving the technology of growing planting material with a closed root system in the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry // Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry. St. Petersburg, 2014. № 2. P. 27–31. (In Russ.)
- Gof A. A., Zhigulin E. V., Zalesov S. V.* The reasons for the low survival rate of seedlings of Scots pine with a closed root system in the ribbon forests of Altai // Successes of modern natural science. 2019. № 12-1. P. 9–13. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Lobanov A. N., Lugansky N. A.* Growth and productivity of pine forests of artificial and natural origin. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2002. 112 p.
- Morphometric parameters of pine seedlings with an open and closed root system / *V. P. Besschetnov, N. N. Besschetnova, L. I. Klishina* [et al.] // Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2014. Vol. 4. P. 52–67. (In Russ.)
- On approval of the rules of reforestation, form, composition, procedure for approving the reforestation project, grounds for refusal to approve it, as well as requirements for the format in electronic form of the reforestation project: Approved By Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 29.12.2021. № 1024. URL: <http://docs.cntd.ru/document/728111110> (accessed 01.02.2024).
- On approval of the standards for the yield of standard seedlings of trees and shrubs in forest nurseries of the Russian Federation: Approved by Order of the Federal Forestry Service of Russia № 144 dated 25.10.1995 // Electronic Fund of legal and regulatory and technical Information. URL: <http://docs.cntd.u/document/9015220> (accessed 20.02.2024). (In Russ.)
- OST 56-98–93. An industry standard. Seedlings and seedlings of the main tree and shrub species. Technical conditions” (approved and put into effect by the Order of the Federal Forestry Agency dated 10.12.1993 № 327). URL: <http://www.consultant.ru> (accessed 09.04.2023).
- Sakhnov V. V., Puryaev A. S.* Improvement of technologies for growing softwood planting material for the purposes of reforestation and afforestation in various soil and climatic conditions // Problems of forest reproduction in the Russian Federation. Pushkino : VNIILM, 2015. P. 135–142. (In Russ.)
- The importance of growing planting material with a closed root system in afforestation and reforestation / *A. M. Sabirov, D. I. Fayzrakhmanov, R. A. Gazizov, A. R. Minnikhanov* // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2016. № 1 (39). P. 58–61. (In Russ.)
- Vasiliev O. I.* Technological and economic aspects of the production of planting material with a closed root system // Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry. 2018. № 2. P. 53–63. (In Russ.)

Информация об авторах

Е. М. Рунова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
А. В. Денисенко – аспирант.

Information about the authors

E. M. Runova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
A. V. Denisenko – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 02.02.2024; принята к публикации 10.09.2024.
The article was submitted 02.02.2024; accepted for publication 10.09.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 62–68.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 62–68.

Научная статья

УДК 581.1:630.177.722

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.007

РЕЗУЛЬТАТЫ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ *LONICERA TATARICA* L.

А. Н. Марковская¹, Е. Г. Мартюшова², П. А. Мартюшов³,
Д. Е. Тесля⁴, С. В. Залесов⁵

¹⁻⁵ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Анастасия Николаевна Марковская,
markovskaya_nastasya@mail.ru

Аннотация. В ряду кустарниковых растений выгодно выделяется *Lonicera tatarica* L. – неприхотливый к уходам, быстрорастущий кустарник. Благодаря быстрому росту и неприхотливости часто выращивается в качестве декоративного кустарника. Особенно декоративна *L. tatarica* L. во время цветения и плодоношения. Обладает высокой для кустарника долговечностью – 60 лет и более (Рязанская, Коробкова, 2022). Достаточно хорошо переносит интенсивные антропогенные нагрузки, включая рекреационные. В лесных парках жимолость татарская служит местом гнездования большого количества мелких птиц, а также кормовой базой для ряда млекопитающих. На территории Ботанического сада УГЛТУ УСЛК им. профессора Л.И. Вигорова жимолость татарская произрастает более 30 лет (Клональное микроразмножение..., 2023). Исследования показали, что она переносит климатические условия Среднего Урала и относится к одним из самых перспективных видов для озеленения и введения под полог древостоев в лесных парках с целью увеличения биологического разнообразия. Однако использование жимолости татарской сдерживается недостатком посадочного материала. Так, при создании живых изгородей вдоль дорожно-тропиночной сети необходимо наличие тысяч саженцев. Имеющиеся в лесных парках посадки и самосев жимолости татарской в большинстве своем требует омоложения посадкой на пень. В садоводстве *L. tatarica* L. размножают вегетативно. Семена используются преимущественно в селекционно-семеноводческих центрах, что требует больше времени и затрат на выращивание (Колесников, 1974). Цель нашего исследования заключалась в том, чтобы обратить внимание на вегетативное размножение *L. tatarica* L. путем микроклонального размножения, так как одной из особенностей данного метода является ускорение достижения растениями репродуктивного возраста. Данный метод позволяет в кратчайшие сроки вырастить большое количество качественного посадочного материала для создания новых объектов озеленения и омоложения имеющихся посадок *L. tatarica* L. в лесопарках города.

Ключевые слова: жимолость татарская, размножение *in vitro*, микроклональное размножение

Для цитирования: Результаты клонального микроразмножения *Lonicera tatarica* L. / А. Н. Марковская, Е. Г. Мартюшова, П. А. Мартюшов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 62–68.

Original article

RESULT OF CLONAL MICROPROPAGATION *LONICERA TATARICA* L.

Anastasia N. Markovskaya¹, Elena G. Martyushova², Pavel A. Martyushov³,
Daria E. Teslya⁴, Sergey V. Zalesov⁵

¹⁻⁵ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Anastasia N. Markovskaya,
markovskaya_nastasya@mail.ru

Abstract. Among the shrubby plants the *Lonicera tatarica* L. – a fast growing shrub – is favourably stands out for ease of maintenance. Due to its rapid growth and unpretentiousness, it is often grown as an ornamental shrub. *Lonicera tatarica* L. is especially decorative during flowering and fruiting. It has a high durability for a shrub – 60 years or more (Razanskaya, Rorobkova, 2022). It tolerates intensive anthropogenic loads, including recreational ones. In forest parks, Tatar honeysuckle serves as a nesting place for a large number of small birds, as well as a food base for a number of mammals. On the territory of the Botanical Garden of the Ural Forest Engineering University the Tatar honeysuckle has been growing for more than 30 years (Martyushova et al., 2023). Studies have shown that it tolerates the climatic conditions of the Middle Ural and belongs to one of the most promising species for landscaping and introduction under the canopy of stands in forest parks in order to increase biological diversity. However, the use of Tatar honeysuckle is limited by a lack of planting materials. So, when aerating a hedge along a road and foot path network through stands of seedlings are required. The plantings and self-seeding of Tatar honeysuckle present in forest parks mostly require rejuvenation by planting on a stump. In gardening *L. tatarica* L. propagate vegetatively, seeds are used mainly in breeding and seed growing centers. Seeds are used mainly in breeding and seed-growing centers, which requires more time and costs for cultivation (Kolesnikov, 1974). The purpose of our study was to pay attention to the vegetative reproduction of *L. tatarica* L. by microclonal reproduction, since one of the features of this method is to accelerate the achievement of reproductive age by plants. This method allows you to grow a large amount of high-quality planting material in the shortest possible time to create new landscaping and rejuvenation of existing *L. tatarica* L. plantings in the parks of the city.

Keywords: tatar honeysuckle, in vitro reproduction, micropropagation

For citation: Result of clonal micropropagation *Lonicera tatarica* L. / A. N. Markovskaya, E. G. Martyushova, P. A. Martyushov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 62–68.

Введение

Lonicera tatarica L. – очень популярный вид кустарника, который активно используют в ландшафтном дизайне при озеленении городских пространств как красивоцветущее декоративное растение. *L. tatarica* L. высаживают в крупные живые экраны и изгороди, поскольку она отлично удерживает пыль, поглощает шум, терпима к загрязнению воздуха (Колесников, 1974). В качестве солитера она будет служить украшением газона или зеленым фоном.

Кустарник хорошо переносит условия затенения, поэтому *L. tatarica* L. может использоваться в качестве подлеска в лесопарках, пригородных лесах, лесозащитных насаждениях (Древесные растения..., 2008), где создаст благоприятные условия для гнездования мелких птиц и разнообразит их кормовую базу (Заборовский, 1962; Усенко, 1984).

L. tatarica L. представляет особый интерес для озеленения благодаря быстрому росту и неприхотливости в уходе. Кусты *L. tatarica* L. обладают декоративным внешним видом и характеризуются

высокой степенью засухо- и морозостойчивости (Шиманюк, 1974; Холмуротов, Бобоева, 2023).

Как декоративное растение в XVII в. она была завезена в Центральную и Западную Европу и Америку, где смогла приспособиться к местным условиям и натурализоваться. На европейском континенте вид широко используется как ландшафтное растение, а на американском считается агрессивным и инвазивным. В Европе *L. tatarica* L. известна с 1752 г. и является самой распространенной из кустарниковых жимолостей, растущих как в садах, так и в полудиком виде. В природе вид изменчив, что является результатом разных условий среды обитания (Шиманюк, 1974).

L. tatarica L. естественно распространена в восточной части европейской территории России к востоку от Казани, в Заволжье, в Южной Сибири и в горах Средней Азии. Широко разводится за пределами естественного ареала. По результатам

многочисленных исследований, жимолость прекрасно адаптирована к условиям Среднего Урала, обильно цветет и плодоносит (Петров, Булатова, 2005).

L. tatarica L. очень эффектна во время цветения и плодоношения (рис. 1, 2). Цветение приходится на середину июня, длится 10–15 дней, цветки белые, темно-розовые, душистые. Плодоношение начинается во второй половине июля и достигает пика в конце месяца. Плоды декоративны, красного или оранжевого цвета, часто сросшиеся парами в основании, диаметром около 6 мм. Плоды выглядят сочно и привлекательно. Ягоды горькие, несъедобны для человека, но активно поедаются птицами.

Выбор данного вида для решения вопросов озеленения был обусловлен декоративностью во время цветения и плодоношения, быстрым ростом, устойчивостью к условиям г. Екатеринбурга.



Рис. 1. Цветение *L. tatarica* L.
Fig. 1. Flowering of *L. tatarica* L.



Рис. 2. Плодоношение *L. tatarica* L.
Fig. 2. Fruiting of *L. tatarica* L.

Методика и результаты исследования

Объектом исследования была определена *L. tatarica* L. В течение вегетационного периода 2024 г. произведен визуальный осмотр нескольких лесопарков г. Екатеринбурга.

По предварительным данным было определено, что процент встречаемости *L. tatarica* L. в лесопарке им. Лесоводов России составляет 7,2 % и в Юго-Западном парке – 7,0 %. Большая часть посадок представлена старыми кустами, нуждающимися в омоложении. Также отрицательной чертой является то, что *L. tatarica* L. сильно повреждена различными вредителями, в частности тлей, и болезнями – мучнистой росой.

С этими проблемами можно справиться благодаря методу микроклонального размножения. Первая проблема решается за счет посадки старых растений на пень, а также быстрого достижения растениями репродуктивного возраста при микроклональном размножении благодаря тому, что полученные образцы клеток тканей для эксперимента были взяты от взрослого растения; вторая – за счет оздоровления посадочного материала.

Образцы для эксперимента были взяты на территории Ботанического сада УГЛТУ УСЛК им. профессора Л. И. Вигорова.

Инициация образцов производилась в октябре 2022 г. Схема стерилизации стандартная, проводимая в два этапа: предварительная стерилизация в нестерильных условиях и основная стерилизация с добавлением мертиолята в условиях ламинар-бокса (Калинин и др., 1980).

Культивирование растений проводилось на питательной среде по прописи Мурасиге – Скуга (MS) (Murashige, Skoog, 1962) с добавлением ауксинов (ИМК) и цитокининов (6-БАП) разных концентраций. Условия культивирования растений – 16-часовой световой день, температура воздуха +24 °С, относительная влажность 60–70 %. Опыты закладывали с двукратной повторностью по 30 эксплантов в каждой.

В качестве первичных эксплантов использовались апексные и латеральные почки осенних вегетативных полностью одревесневших побегов. Инициировали на среду MS с незначительным со-

держанием гормонов (ИМК – 0,01 мл/л и 6-БАП – 0,1 мл/л). Рост образцов зафиксирован на 6-й день эксперимента – 60 % образцов, 40 % эксплантов так и не тронулись в рост и были исключены на 28-й день эксперимента.

На 14-й день эксперимента живые стерильные экспланты были пассированы на свежую питательную среду MS, содержащую 6-БАП 1,2 мл/л, постепенно количество цитокининов в среде было повышено до 1,5 мл/л.

После пассирования на среду с добавлением 6-БАП в концентрации 1,2 мл/л (на 14-й день эксперимента) у 20 % выживших образцов появились листья.

На этапе микроразмножения экспланты были разделены на 4 адвентивных микропобега (по 4 образца с каждого экземпляра). Коэффициент размножения составил 1/4.

После пассирования на среду с добавлением 6-БАП в концентрации 1,5 мл/л (на 28-й день эксперимента) был отмечен интенсивный рост образцов, каждый образец был поделен на 6 микропобегов. Коэффициент размножения составил 1/6, при необходимости его можно увеличивать до требуемого количества.

Пассирование проводили 3 раза с длительностью пассажа 28–30 дней. Ризогенез микрочеренков жимолости стимулировали добавлением в питательную среду ауксина (ИМК) – 1,0 мл/л, полностью исключив цитокинины.

Пассирование на среду для укоренения было произведено на 98-й день эксперимента. Через 2 недели все микрочеренки образовали корни и были высажены в контейнеры со стерильной почвосмесью (3 части грунта и 1 часть вермикулита). Адаптация растений продолжалась в течение месяца. Весной 2023 г. жимолость была высажена в теплицу (рис. 3, 4).

В течение вегетационного периода жимолость увеличилась в размерах. И осенью того же года была высажена в открытый грунт. После непродолжительной адаптации жимолость укрепилась и благополучно ушла под зиму.

Весной 2024 г. все образцы вышли из стадии покоя без потерь, продолжили свой рост и начали куститься. К концу вегетации достигли высоты 60 см.



Рис. 3. Адаптация в условиях лаборатории
Fig. 3. Adaptation in the laboratory



Рис. 4. Адаптация в тепличных условиях
Fig. 4. Adaptation in greenhouse conditions

Выводы

1. *L. tatarica* L. представляет особый интерес для озеленения благодаря быстрому росту и неприхотливости в уходе. Кусты жимолости татарской обладают декоративным внешним видом и характеризуются высокой степенью засухо- и морозоустойчивости.

2. *L. tatarica* L. эффективна во время цветения и плодоношения, а также обладает устойчивостью к условиям г. Екатеринбурга.

3. Большая часть посадок представлена старыми кустами, нуждающимися в омоложении посадкой растений на пень.

4. *L. tatarica* L. сильно повреждена различными вредителями, в частности тлей, данную проблему

можно решить за счет оздоровления посадочного материала.

5. *Lonicera tatarica* L. результативно размножается методом клонального микроразмножения и показывает хорошие результаты. Питательная среда МС является оптимальной для микроразмножения *Lonicera tatarica* L.

6. Повышение концентрации цитокинина 6-БАП увеличивает коэффициент размножения, что позволяет быстро получить большое количество качественного посадочного материала.

7. Адаптация *Lonicera tatarica* L. к нестерильным условиям теплиц и открытого грунта проходит успешно.

Список источников

- Древесные растения для озеленения Новосибирска / под общей ред. И.Ю. Коропачинского. Новосибирск : Гео, 2008. 303 с.
- Заборовский Е.П. Плоды и семена древесных и кустарниковых пород. М. : Гослесбумиздат, 1962. С. 256–258.

- Калинин Ф. Л., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. Киев : Наукова думка, 1980. 407 с.
- Клональное микроразмножение форзиции яйцевидной (*Forsythia ovata* Nakai.) и жимолости татарской (*Lonicera tatarica* L.) ботанического сада УГЛТУ УСЛК имени проф. Л. И. Вигорова / Е. Г. Мартюшова, П. А. Мартюшов, А. Н. Марковская, С. В. Залесов // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 6. С. 492–494.
- Колесников А. И. Декоративная дендрология. М. : Лесн. пром-сть, 1974. 704 с.
- Петров А. П., Булатова И. К. Жимолостные в садах и парках Екатеринбурга // Леса Урала и хозяйство в них : сб. науч. тр. Екатеринбург, 2005. Вып. 26. С. 162–165.
- Рязанская А. А., Коробкова Т. С. Жимолость татарская в Якутском ботаническом саду // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1 (178). С. 39–45.
- Усенко Н. В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока : справочная книга. 2-е изд., перераб. и доп. Хабаровск : Кн. изд-во, 1984. С. 215–221.
- Холмуротов М. З., Бобоева Г. Р. Показатели роста жимолости татарской (*Lonicera tatarica* L.) // Science and innovation : международный научный журнал. 2023. № 8. С. 959–963. DOI: 10.5281/zenodo.8370290
- Шиманюк А. П. Дендрология. М. : Лесн. пром-сть, 1974. 264 с.
- Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962. Vol. 15 (3). P. 473–497.

References

- Clonal micropropagation of *Forsythia ovata* Nakai.) and Tatar honeysuckle (*Lonicera tatarica* L.) of the botanical garden of UGLU USL named after Prof. L. I. Vigorov / E. G. Martyushova, P. A. Martyushov, A. N. Markovskaya, S. V. Zalesov // Coniferous forests of the boreal zone. 2023. Vol. XLI, № 6. P. 492–494. (In Russ.)
- Kalinin F. L., Sarnatskaya V. V., Polishchuk V. E. Methods of tissue culture in plant physiology and biochemistry. Kiev : Naukova dumka, 1980. 407 p.
- Kholmurotov M. Z., Boboeva G. R. Growth indicators of Tatar honeysuckle (*Lonicera tatarica* L.) // Science and innovation : The international scientific journal. 2023. № 8. P. 959–963. DOI: 10.5281/zenodo.8370290 (In Russ.)
- Kolesnikov A. I. Decorative dendrology. Moscow : Forest Industry, 1974. 704 p.
- Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962. Vol. 15 (3). P. 473–497.
- Petrov A. P., Bulatova I. K. Honeysuckle plants in gardens and parks of Yekaterinburg // Forests of the Urals and the economy in them: collection of scientific tr. Yekaterinburg. 2005. Vol. 26. P. 162–165. (In Russ.)
- Ryazanskaya A. A., Korobkova T. S. Tatar honeysuckle in the Yakut Botanical garden // Bulletin of KrasGAU. 2022. № 1 (178). P. 39–45. (In Russ.)
- Shimanyuk A. P. Dendrology. Moscow : Forest industry, 1974. 264 p. Usenko N. V. Trees, shrubs and lianas of the Far East. A spring book. The second, revised and expanded edition. Khabarovsk : Publishing house, 1984. P. 215–221. (In Russ.)
- Woody plants for landscaping Novosibirsk / under the general editorship of I. Y. Koropachinsky. Novosibirsk : Geo, 2008. 303 p.
- Zaborovsky E. P. Fruits and seeds of woody and shrubby plants. Moscow : Goslesbumizdat, 1962. P. 256–258. (In Russ.)

Информация об авторах

Анастасия Николаевна Марковская – аспирант,

markovskaya_nastasya@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5966-7825>

Елена Геннадьевна Мартюшова – аспирант,

martyushovaeg@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0022-3412>

Павел Александрович Мартюшов – аспирант,

martyushovpa@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6541-0375>

Дарья Евгеньевна Тесля – аспирант,

teslyad@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6042-1363>

Сергей Вениаминович Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

Zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Information about the authors

Anastasia N. Markovskaya – postgraduate student,

markovskaya_nastasya@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5966-7825>

Elena G. Martyushova – postgraduate student,

martyushovaeg@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0022-3412>

Pavel A. Martyushov – postgraduate student,

martyushovpa@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6541-0375>

Daria E. Teslya – postgraduate student,

teslyad@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6042-1363>

Sergey V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,

Zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Статья поступила в редакцию 20.10.2024; принята к публикации 05.12.2024.

The article was submitted 20.10.2024; accepted for publication 05.12.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 69–80.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 69–80.

Научная статья

УДК: 712.03

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.008

СКВЕРЫ В СОВРЕМЕННОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ В АКАДЕМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ ЕКАТЕРИНБУРГА

Татьяна Борисовна Сродных¹, Полина Сергеевна Протазанова²,
Дарья Николаевна Морозова³

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ tata.srodnykh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4297-0147>

² seleznevapolina97@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0302-0106>

³ dnmoro2ova@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1079-753X>

Аннотация. В работе представлен анализ планировочной структуры, баланса территории и видового состава трех скверов в новой жилой застройке Академического района г. Екатеринбурга. Проведенное исследование выявило, что скверы в современной жилой застройке, как правило, обладают небольшими площадями (до 1–1,5 га), выступая преимущественно в качестве «малых скверов». Основные функции этих объектов – транзитная и рекреационная, а также имеет место и декоративная. Центральные площадки некоторых оформлены жанровыми скульптурами и оригинальными памятниками. Результаты показали, что баланс территории выполняется и соответствует нормативам, хотя зеленые насаждения представлены в основном газонами (95,5–97 %) с незначительной долей деревьев и кустарников (1,8–4,3 % от площади сквера). Тем не менее плотность посадок деревьев во всех трех скверах превышает рекомендуемые нормативы на 24–70 %, что свидетельствует о чрезмерной загущенности посадок. Такой подход позволяет быстрее достичь декоративного эффекта, но влечет за собой необходимость ухода в ближайшие 5–10 лет, в том числе санитарные рубки и обрезку для обеспечения здорового развития деревьев. Ассортимент деревьев в основном включает традиционные для Екатеринбурга виды, тогда как кустарники представлены более разнообразно. В целом скверы отличаются продуманной планировкой и оригинальностью декоративных элементов. Однако повышенная плотность посадок, ограничивая рост и развитие растений, снижает потенциал их важнейших функций – санитарно-гигиенической и средообразующей, требуя проведения ухода за насаждениями уже на данном этапе и особенно в будущем.

Ключевые слова: сквер, планировка, насаждения, баланс территории, функциональное назначение

Для цитирования: Сродных Т. Б., Протазанова П. С., Морозова Д. Н. Скверы в современной жилой застройке в Академическом районе Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 69–80.

Original article

SQUARES IN A MODERN RESIDENTIAL DEVELOPMENT IN THE ACADEMIC DISTRICT OF YEKATERINBURG

Tatyana B. Srodnykh¹, Polina S. Protazanova², Daria N. Morozova³

¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ tata.srodnykh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4297-0147>

² seleznevapolina97@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0302-0106>

³ dnmoro2ova@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1079-753X>

Abstract. This paper presents an analysis of the planning structure, land balance, and species composition of three parks in new residential developments within the Akademicheskyy District of Yekaterinburg. The study revealed that parks in modern residential areas are generally small (up to 1–1.5 hectares), primarily functioning as “small parks.” The main functions of these parks are transit and recreational, with additional decorative roles; some central areas are highlighted by genre sculptures and unique monuments. The findings show that land balance is achieved and meets regulatory standards, although the green spaces primarily consist of lawns (95.5–97 %), with a minimal share of trees and shrubs (1.8–4.3 % of the park area). However, tree-planting density in all three parks exceeds recommended standards by 24–70 %, resulting in excessive crowding. While this approach accelerates the achievement of decorative effects, it necessitates maintenance in the next 5–10 years, including sanitation pruning and thinning to support healthy tree growth. The tree selection mainly includes species traditional to Yekaterinburg’s urban greenery, while the variety of shrubs is somewhat more diverse. Overall, the parks are characterized by thoughtful layout and unique decorative elements. Nevertheless, the high planting density, which limits plant growth and development, reduces the parks’ potential to fulfill critical functions, such as environmental sanitation and microclimate regulation, requiring immediate and ongoing maintenance to ensure long-term sustainability.

Keywords: square, layout, plantings, balance of the territory, functional purpose

For citation: Srodnykh T. B., Protazanova P. S., Morozova D. N. Squares in a modern residential development in the Academic district of Yekaterinburg // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 69–80.

Введение

В настоящее время активно идет застройка современных жилых районов, где возникает проблема с организацией зеленых пространств. Дефицит свободного пространства – это одна из ключевых преград на пути к созданию и развитию «зеленых легких» в мегаполисах (Цыпуштанова, 2024). Создание «зеленого каркаса» города требует радикального переосмысления подхода к планированию новых жилых районов. Вместо традиционной модели, ориентированной на максимальную плотность застройки, необходимо внедрить концепцию экологического планирования. В современном представлении зеленая инфраструктура является

целостной системой природных территорий в городе (Аткина, 2022). В Европе в последние 20 лет большое внимание уделяется крупным экологическим проектам в градостроительстве. Таковым стал парижский экорайон Клиши-Батиньоль, созданный на месте бывшей промзоны. Центром притяжения района является районный парк им. Мартина Лютера Кинга площадью 10 га, это примерно пятая часть всего района. Здесь, помимо разнообразных рекреационных услуг, сформирована система рекуперации воды, использования солнечной энергии, минимальна площадь автодорог и парковок (Парижский район..., 2024). Это хороший пример экологизации новых жилых районов.

Зеленые зоны, парки, скверы и пешеходные маршруты должны стать неотъемлемой частью городской среды, а не ее дополнением.

Одним из новых жилых районов Екатеринбурга является Академический район (Сродных и др., 2023). Современный микрорайон Академический, появившийся на месте торфяников, является крупнейшим в Европе проектом комплексного освоения территории, планировка которого была разработана в середине 2000-х годов французским архитектурным бюро Valode & Pistre. Идея создания научного городка в Уральском регионе возникла в середине XX в. Планировалось открыть 22 института и построить инфраструктуру для ученых, но реализация проекта была приостановлена в 90-е годы.

В 2006 году к идее вернулись, и уже в 2009 г. началось строительство Академического с элементами наукограда. За 15 лет построено более 130 домов для 80 тыс. жителей, создана инфра-

структура с детскими садами, школами и поликлиниками.

В 2021 г. Академический получил статус административного района Екатеринбурга, объединив в себе несколько микрорайонов. Район активно развивается, и для комфортной жизни и пребывания местных жителей создаются новые парки и скверы (Микрорайон Академический..., 2024).

Цель, методика, объекты исследования

Цель исследования – выявить особенности планировки, плотности посадки и видового состава насаждений скверов в новой жилой застройке.

Для проведения исследования были выбраны три сквера в новом жилом районе Екатеринбурга Академическом: сквер в 1-м квартале, сквер-аллея «Радуга» и сквер «Кленовая аллея». Месторасположение скверов в районе Академический представлено на рис. 1.



Рис. 1. Расположение исследуемых скверов на плане Академического района, г. Екатеринбург:

1 – сквер в 1-м квартале, 2 – сквер-аллея «Радуга», 3 – «Кленовая аллея»

Fig. 1. The location of the studied squares on the plan of the Academic district, Yekaterinburg:

1 – Square in the 1st quarter, 2 – Square-alley “Rainbow”, 3 – “Maple Alley”

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: определить планировку скверов, рассчитать баланс территории скверов и плотность посадки деревьев, выявить основной ассортимент видов деревьев и кустарников.

Использовались следующие методики: инвентаризация насаждений – согласно регламенту (Регламент..., 2007), планы скверов и расчет баланса территории с использованием общедоступных карт (Карты Екатеринбурга..., 2024). Возраст посадок деревьев – ориентировочно 5–10 лет. Диаметр крон деревьев, рассчитанный на данный момент, составляет в среднем 1,75 м.

Результаты и их обсуждение

Размещение скверов в жилой застройке многофункционально. Прежде всего это связь с окружающими элементами застройки – комплексами предприятий обслуживания, соседними дворами, группами жилых зданий и пр. Конечно, функция рекреации, ей уделяется большое внимание – создание мест отдыха и площадок различного назначения. Декоративной функции в новых современных скверах также уделяется особое внимание. Мы отметим это при описании конкретных скверов. Общие характеристики скверов и их функциональное назначение показаны в табл. 1.

На основе данных табл. 1 видно, что анализируемые скверы относятся к категории «малых» (Шипарева, 2018), выполняют преимущественно функции транзита и рекреационную, в меньшей мере – декоративную.

Первый сквер расположен в 1-м квартале Академического района г. Екатеринбурга, в границах

улиц Сахарова, Шаманова. С северо-западной и с юго-восточной сторон ограничен девятиэтажными жилыми домами. Данный сквер имеет регулярную планировку с зеркальной симметрией. Основной транзитный путь проходит через центральную ось с северо-востока, где расположены партерные цветники, на юго-запад. В сквере располагаются два арт-объекта: деревянный колодец и скульптура «Доброкот». На центральной аллее выполнены рядовые посадки из березы, согласно классификации, аллея имеет сложную структуру с тремя дорожками и простую конструкцию из одного вида деревьев – березы повислой (Никитина и др., 2024б). Планировочная структура территории представлена на рис. 2.

Рассмотрим баланс территории сквера. Существующий баланс территории сквера в 1-м квартале Академического района представлен в табл. 2.

Баланс территории сквера в целом выдержан, доля зеленых насаждений практически в норме, но большая часть озеленения представлена плоскостными элементами, преимущественно газонами, и в этой ситуации сложно создать комфортные условия для отдыха и прогулок жителей (Рувина, 2017). Зеленые насаждения, и прежде всего деревья, поддерживают биологическое разнообразие и создают оптимальный микроклимат для человека, регулируя газовый состав воздуха, микробиологическую активность почвы, гидрологический режим (Зеленые насаждения..., 2010). На территории сквера под деревьями и кустарниками всего 4,3 %, т. е. 7,3 % от всей площади озеленения.

Таблица 1

Table 1

Функциональное назначение и год формирования скверов
The functional purpose and the year of the formation of squares

Наименование сквера Name of the square	Функциональное назначение Functional purpose	Площадь, га Area, ha	Год создания Year of creation
Сквер в 1-м квартале The square in the 1st quarter	Транзитная, рекреационная, декоративная Transit, recreational, decorative	1,3	2016
Сквер-аллея «Радуга» Square-alley "Rainbow"	Транзитная, рекреационная, декоративная Transit, recreational, decorative	1,5	2013
«Кленовая аллея» "Maple Alley"	Транзитная, рекреационная, декоративная Transit, recreational, decorative	0,42	2013

Второй объект – сквер-аллея «Радуга» – начинается от ул. Краснолесья и заканчивается памятником «Студенческим стройотрядам». Сквер ограничен с северо-западной и юго-восточной сторон жилыми домами высотой в 22 этажа и двумя детскими садами. Основу планировки и композиции представляет цветная дорожка шириной 3 м в виде радуги, которая, плавно изгибаясь, соединяет две

части сквера, создавая прогулочную трассу с передвижением по направлению с северо-востока на юго-запад. Сквер имеет пейзажную планировку с площадками для отдыха геометрической формы, на одной из которых располагается цветник, в центре которого стоит жанровая скульптура «Умка». Основной транзитный путь проходит через центральную ось.

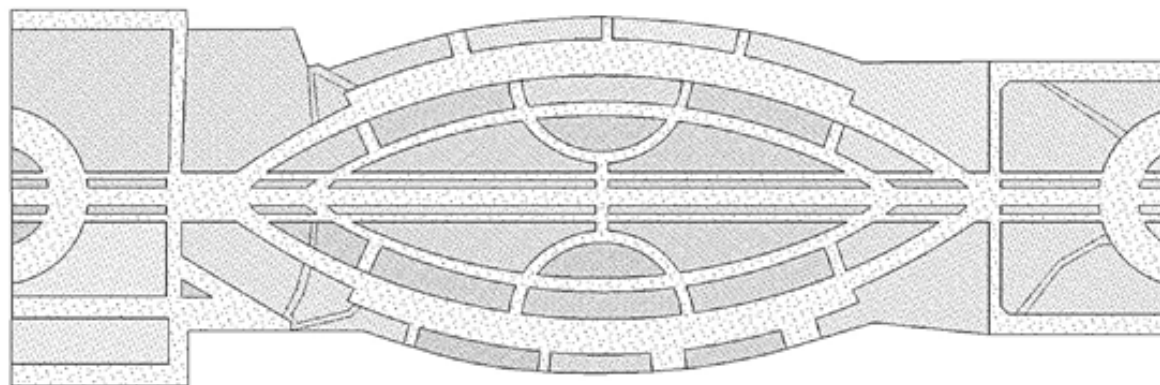


Рис. 2. Планировка сквера в 1-м квартале Академического района
Fig. 2. The layout of the square in the 1st quarter of the Academic district, Yekaterinburg

Таблица 2
Table 2

Баланс территории сквера в 1-м квартале
Академического района, г. Екатеринбург
The balance of the territory of the square in the 1st quarter
of the Academic district, Yekaterinburg

№	Наименование элементов Name of the elements	Основные показатели Key indicators		
		Площадь Area		Норма, % Standard, %
		м ² m ²	%	
1	Дорожки Tracks	5537	41	20–40
2	Сооружения Facilities	–	–	–
3	Зеленые насаждения, в т. ч. Green spaces, including	7840	59	60–80
3	деревья и кустарники Trees and shrubs	576	4,3	–
4	Газоны Lawns	7223,6	54,0	–
5	Цветники Flower beds	40,4	0,3	–
6	Общая площадь Total area	13377	100	100

Часть основной аллеи имеет сложную планировку с двумя дорожками и посадками из одного вида деревьев – лиственницы сибирской. В целом в озеленении сквера преобладают хвойные деревья и используется недостаточное количество кустарников. Планировочная структура сквера представлена на рис. 3. Баланс территории сквера показан в табл. 3.

Баланс территории сквера также близок к рекомендуемым нормам. Но практически вся площадь озеленения представлена газонами, площадь под

деревьями и кустарниками очень мала – 1,8 % от всей площади сквера и 3,1 % от площади под озеленением. Открытая объемно-пространственная структура сквера негативно влияет на микроклимат территории: в жаркую погоду местность перегревается, а в холодную охлаждается, в том числе отсутствует укрытие от ветра и осадков. Кроны деревьев, а в основном это сосна обыкновенная, липа и яблоня, на данный момент в малой степени выполняют защитные функции. Тем более что посадкам 8–10 лет (СП 42.13330.2016).

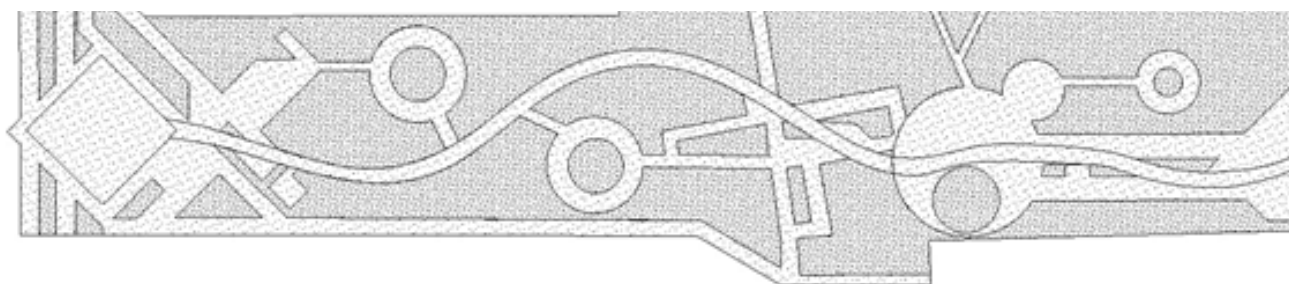


Рис. 3. Планировка сквера-аллеи «Радуга», г. Екатеринбург
 Fig. 3. Layout of the park-alley “Rainbow”, Yekaterinburg

Таблица 3
 Table 3

Баланс территории аллеи «Радуга», г. Екатеринбург
 The balance of the territory of the Rainbow Alley, Yekaterinburg

№	Наименование элементов Name of the elements	Основные показатели Key indicators		
		Площадь Area		Норма, % Standard, %
		м ² m ²	%	
1	Дорожки Tracks	6403	42	20–40
2	Сооружения Facilities	10,6	0,1	–
3	Зеленые насаждения, в т. ч. Green spaces, including	8882	58	60–80
4	Деревья и кустарники Trees and shrubs	280	1,8	–
5	Газоны Lawns	8632	56,4	–
6	Цветники Flower beds	90	0,6	–
7	Общая площадь Total area	15295,6	100	100

Третий объект – сквер «Кленовая аллея» – расположен на улице Краснолесья. Конфигурация аллеи, выполненной из клена остролистного, имеет регулярную планировочную структуру с зеркальной симметрией. Данная аллея также имеет сложную планировку с тремя дорожками и простую конструкцию из одного вида деревьев. С северо-западной и юго-восточной сторон аллея ограничена жилыми восемнадцатизэтажными домами. Основной транзитный маршрут проходит через

центральную ось аллеи, ориентированную с северо-востока, где расположены партерные цветники, на юго-запад. На центральной площадке расположена скульптура «Ассоль. Вера, Надежда, Любовь». Скульптурная композиция «Ассоль» – это бронзовая фигурка девушки, выполненная в классическом стиле, которая олицетворяет собой вечную надежду, любовь и веру (Скульптура..., 2024). Схема «Кленовой аллеи» представлена на рис. 4. Баланс территории объекта показан в табл. 4.

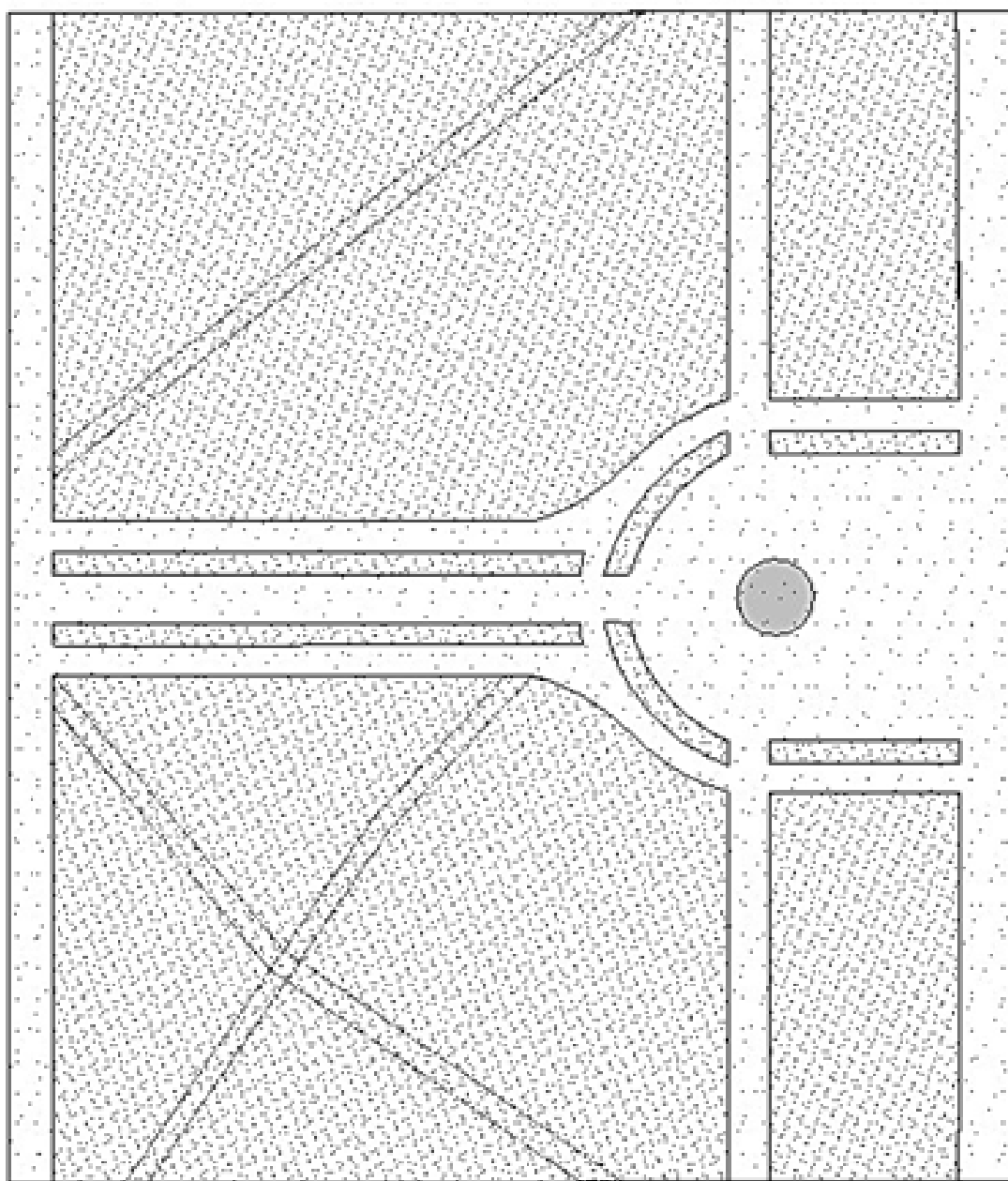


Рис. 4. Планировка Кленовой аллеи, г. Екатеринбург

Fig. 4. Layout of Maple Alley, Yekaterinburg

Таблица 4
Table 4

Баланс территории Кленовой аллеи
The balance of the territory of Maple Alley, Yekaterinburg

№	Наименование элементов Name of the elements	Основные показатели Key indicators		
		Площадь Area		Норма, % Standard, %
		м ² m ²	%	
1	Дорожки Tracks	1194	28	20–40
2	Сооружения Facilities	–	–	–
3	Зеленые насаждения, в т. ч. Green spaces, including	3095	72	60–80
4	Деревья и кустарники Trees and shrubs	142	3,3	–
5	Газоны Lawns	2802	65,3	–
6	Цветники Flower beds	151	4,8	–
7	Общая площадь Total area	4289	100	100

Площадь зеленых насаждений и твердых покрытий в «Кленовой аллее» соответствует нормативам. Под зелеными насаждениями занято 72 %, что точно соответствует рекомендациям. Но ситуация аналогичная: подавляющая доля площади зеленых насаждений представлена газонами – 65,3 %, на объемные элементы приходится всего 3,3 %. В этом сквере цветники занимают внушительную площадь – 4,8 %, что больше, чем рекомендуемый для городских скверов норматив. Цветники состоят из однолетних растений, таких как петуния (*petunia*) и якобея морская (*jacobaea maritima*).

В табл. 5 представлены основные показатели по анализируемому скверам.

Данные табл. 5 показывают, что рекомендуемый баланс территории в скверах в целом соблюдается. Отличия от рекомендаций в 1–2 % незначительны. Плотность посадки превышает рекомендованную, особенно в сквере «Кленовая аллея», где тройная аллея, как основной элемент композиции сквера, включает большое количество деревьев, а также плотные загущенные посадки яблони ягодной по периметру и в центре сквера

способствуют увеличению показателя плотности посадки деревьев на этом объекте на 70 %.

В преобладающем ассортименте древесных видов присутствуют яблоня ягодная (*Malus baccata* L.), береза повислая (*Betula pendula* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Реже встречаются тополь белый (*Populus alba* L.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), ель колючая (*Picea pungens*). В целом ассортимент древесных видов не отличается от городских объектов (Никитина и др., 2024а) и имеет сходство с преобладающим ассортиментом деревьев в новых жилых районах, например в Солнечном (Тутынин, Агафонова, 2024). Ассортимент кустарников более разнообразен. Здесь, помимо рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) и розы морщинистой (*Rosa rugosa*), присутствуют снежноягодник белый (*Symphoricarpos albus*), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius*) и др. Но количество кустарников невелико, они размещаются единично и группами.

Таблица 5
Table 5

Основные характеристики трех скверов жилого района Академический
The main characteristics of the three squares of the residential area

№	Показатели Indicators	Сквер в 1-м квартале The square in the 1st quarter	Сквер-аллея «Радуга» “Rainbow” Park Alley	«Кленовая аллея» “Maple Alley”	Норма, %, шт./га Standard, %, pieces/ha
1	Площадь под дорожками и площадками, % The area under the paths and platforms, %	41	42	28	20–40
2	Площадь под зелеными насаждениями, % The area under the green spaces, %	59	58	72	60–80
3	Плотность посадки деревьев, шт./га Tree planting density, pieces/ha	186	188	255	100–150
4	Преобладающие виды деревьев The predominant tree species	<i>Malus baccata</i> L., <i>Betula pendula</i> L., <i>Populus alba</i> L.	<i>Pinus sylvestris</i> L., <i>Tilia cordata</i> L., <i>Malus baccata</i> L.	<i>Malus baccata</i> L., <i>Acer platanoides</i> L.	–
5	Преобладающие виды кустарников The predominant types of shrubs	<i>Rosa rugosa</i> L., <i>Syringa vulgaris</i> L., <i>Cornus alba</i> L.	<i>Sorbaria sorbifolia</i> L., <i>Syringa vulgaris</i> L., <i>Berberis vulgaris</i> L.	<i>Sorbus aucuparia</i> L., <i>Symphoricarpos albus</i> L., <i>Syringa vulgaris</i> L., <i>Physocarpus opulifolius</i> L.	–

Выводы

1. Скверы в современной жилой застройке имеют преимущественно небольшие площади, т. е. это «малые скверы» площадью до 1–1,5 га.

2. Важны все характерные для скверов функции, но прежде всего транзитная и рекреационная. Следует особо отметить и функцию декоративную, так как в исследуемых скверах имеются оригинальные жанровые скульптуры, памятники, являющиеся определенными символами для жителей района.

3. Баланс территории скверов в целом соблюдается, он соответствует рекомендациям специалистов. Но зеленые насаждения представлены на 95,5–97 % плоскостными элементами, преимущественно газонами. Очень мала доля деревьев и кустарников, она колеблется от 1,8 до 4,3 % от площади сквера.

4. Плотность посадки деревьев превышает рекомендуемые нормативы на 24–70 %. При этом растения размещены очень плотно. На новых

объектах ландшафтной архитектуры часто используют загущенные посадки для получения более быстрого декоративного эффекта, но следует учитывать, что в дальнейшем уже через 5–10 лет потребуется проведение рубок ухода и различные варианты обрезки.

5. Ассортимент используемых деревьев в основном представлен традиционными видами, характерными для городского озеленения Екатеринбурга. Ассортимент кустарников довольно разнообразен.

В целом скверы в новой жилой застройке небольшие по площади, имеют хорошую планировку, функциональны, отличаются оригинальностью декоративных элементов. Однако высокая плотность посадки, скученность насаждений не позволяют деревьям успешно развиваться и выполнять защитные, средообразующие функции, страдает и декоративность посадок. Требуется проведение уходовых работ уже сейчас и особенно через 5–10 лет.

Список источников

- Аткина Л. И.* Зеленая инфраструктура г. Екатеринбурга как часть водно-зеленого городского каркаса // Ландшафтная архитектура: традиции и перспективы – 2022 : матер. I Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2022. С. 36–43.
- Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений (СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01–89») : введ. приказом Минстроя России от 30 декабря 2016 г. № 1034/пр. 125 с. URL: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 18.10.2024).
- Зеленые насаждения дендропарков Екатеринбурга / *В. Э. Власенко, Л. М. Дорофеева, С. В. Яковлева, Л. А. Семкина* // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 1–5. С. 1376–1378.
- Карты Екатеринбурга. URL: <https://yandex.ru/maps/54/yekaterinburg/?ll=60.597465%2C56.838011&z=12> (дата обращения: 15.10.2024).
- Микрорайон Академический. Исторический лонгрит // Семь районов. URL: <https://ekb7.ru/akadem> (дата обращения: 09.10.2024).
- Никитина Е. С., Сродных Т. Б., Кайзер Н. В.* Анализ парковых аллей сложной конструкции и новые предложения // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий : матер. XV Междунар. науч.-техн. конф., Екатеринбург, 08 февраля 2024 года. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2024б. С. 215–221.
- Никитина Е. С., Сродных Т. Б., Кайзер Н. В.* Аллейные посадки в парках, скверах, на бульварах Екатеринбурга // Международный научно-исследовательский журнал. 2024а. № 3 (141). URL: <https://research-journal.org/archive/3-141-2024-march/10.23670/IRJ.2024.141.73> (дата обращения: 24.10.2024). DOI: 10.23670/IRJ.2024.141.73
- Парижский район Клиши-Батиньоль: экогород будущего в миниатюре // TravelAsk – специализированный поисковик тревел-услуг. URL: <https://travelask.ru/blog/posts/14758-parizhskiy-rayon-klishi-batinol-ekogorod-budushego-v-miniat> (дата обращения: 27.10.2024).
- Регламент на работы по инвентаризации и паспортизации объектов озелененных территорий 1-й категории г. Москвы. М. : Мосзеленхоз; Институт организационных технологий в жилищно-коммунальном хозяйстве, 2007. 54 с.
- Рувинова Л. Г.* Оценка шумового загрязнения в городской среде // Вестник КрасГАУ. 2017. № 7 (130). С. 134–139.
- Скульптура «Вера, Надежда, Любовь» // Гранитная мастерская. URL: https://izgotovleniepamyatnikov.ru/mogila/ekb_vera/ (дата обращения: 18.10.2024).
- Сродных Т. Б., Вишнякова С. В., Кайзер Н. В.* Зеленый каркас города Екатеринбурга – проблемы и задачи // Весенние дни науки : сб. докл. междунар. конф. студ. и молодых ученых, Екатеринбург, 20–22 апреля 2023 года. Екатеринбург : Ажур, 2023. С. 481–483.
- Тутынин А. Д., Агафонова Г. В.* Комплексная характеристика древесных и кустарниковых насаждений в парке микрорайона Солнечный г. Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 2 (89). С. 119–128. DOI: 10.51318/FRET.2024.89.2.013
- Цыпуштанова Е. Н.* Проблемы создания и содержания зеленых насаждений городских территорий // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 6–3 (93). С. 247–252.
- Шипарева Ю. М.* Скверы города Екатеринбурга – анализ, состояние // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIV Всерос. науч.-техн. конф. студ. и аспирантов и конкурса по программе «Умник». Екатеринбург, 2018. С. 627–630.

References

- Atkina L. I.* The green infrastructure of Yekaterinburg as part of the water-green urban framework // Landscape architecture: traditions and prospects – 2022 : mater. I All-Russian Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, 2022. P. 36–43. (In Russ.)
- Green spaces of the arboretums of Yekaterinburg / *V. E. Vlasenko, L. M. Dorofeeva, S. V. Yakovleva, L. A. Semkina* // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2010. Vol. 12, № 1–5. P. 1376–1378. (In Russ.)
- Maps of Yekaterinburg. URL: <https://yandex.ru/maps/54/yekaterinburg/?ll=60.597465%2C56.838011&z=12> (accessed 15.10.2024). (In Russ.)
- Nikitina E. S., Srodnykh T. B., Kaiser N. V.* Analysis of park alleys of complex construction and new proposals // Effective response to modern challenges taking into account the interaction of man and nature, man and technology : Proceedings of the XV International Scientific and Technical Conference, Yekaterinburg, February 08, 2024. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2024b. P. 215–221. (In Russ.)
- Nikitina E. S., Srodnykh T. B., Kaiser N. V.* Alley plantings in parks, squares, on the boulevards of Yekaterinburg // International Scientific Research Journal. 2024a. № 3 (141). URL: <https://research-journal.org/archive/3-141-2024-march/10.23670/IRJ.2024.141.73> (accessed 24.10.2024). DOI: 10.23670/IRJ.2024.141.73 (In Russ.)
- Parisian district of Clichy-Batignolles: eco-city of the future in miniature // TravelAsk. URL: <https://travelask.ru/blog/posts/14758-parizhskiy-rayon-klishi-batinol-ekogorod-buduschego-v-miniat> (accessed 27.10.2024). (In Russ.)
- Regulations for work on inventory and certification of objects of landscaped areas of the 1st category of Moscow. Moscow : Moszelenkhoz ; Institute of Organizational Technologies in Housing and Communal Services, 2024. 54 p.
- Ruvina L. G.* Assessment of noise pollution in the urban environment // Bulletin of the KrasGAU. 2017. № 7 (130). P. 134–139. (In Russ.)
- Sculpture “Faith, Hope, Love” // Granite workshop. URL: https://izgotovleniepamyatnikov.ru/mogila/ekb_vera/ (accessed 18.10.2024). (In Russ.)
- Shipareva Yu. M.* Squares of the city of Yekaterinburg – analysis // Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia : materials of the XIV All-Russian Scientific and technical conference of students and postgraduates and the competition under the program “Umnik”. Yekaterinburg, 2018. P. 627–630. (In Russ.)
- Srodnykh T. B., Vishnyakova S. V., Kaiser N. V.* The green frame of the city of Yekaterinburg – problems and tasks // Spring Days of Science : Collection of reports of the international conference of students and young scientists, Yekaterinburg, April 20–22, 2023. Yekaterinburg : LLC Publishing House “Azhur”, 2023. P. 481–483. (In Russ.)
- The Academic microdistrict. Historical longrit // Seven districts. URL: <https://ekb7.ru/akadem> (accessed 09.10.2024). (In Russ.)
- Tsypushanova E. N.* Problems of creation and maintenance of green spaces in urban areas // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2024. № 6–3 (93). P. 247–252. (In Russ.)
- Tutyinin A. D., Agafonova G. V.* Complex characteristics of tree and shrub plantations in the park of the Solnechny microdistrict of Yekaterinburg // Forests of Russia and their management. 2024. № 2 (89). P. 119–128. DOI: 10.51318/FRET.2024.89.2.013 (In Russ.)
- Urban planning. Planning and construction of urban and rural settlements (SP 42.13330.2016 «SNiP 2.07.01–89») : Order № 1034/pr of the Ministry of Construction of the Russian Federation dated December 30, 2016. 125 p. URL: <https://docs.cntd.ru/> (accessed 18.10.2024). (In Russ.)

Информация об авторах

Т. Б. Сродных – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

П. С. Протазанова – аспирант;

Д. Н. Морозова – магистр.

Information about the authors

T. B. Srodnykh – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

P. S. Protazanova – graduate student;

D. N. Morozova – Master's degree.

Статья поступила в редакцию 30.10.2024; принята к публикации 10.12.2024.

The article was submitted 30.10.2024; accepted for publication 10.12.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 81–90.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 81–90.

Научная статья

УДК 630.5:004.65

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.009

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ

А. И. Чермных¹, И. В. Безденежных², С. М. Жижин³,
С. В. Залесов⁴, А. Е. Осипенко⁵, И. А. Панин⁶

¹⁻⁶ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Артем Игоревич Чермных,
chermnyhai@m.usfeu.ru

Аннотация. Предложена методика обработки электронных баз лесостроительных материалов в табличном редакторе Microsoft Excel. Изложенная методика ограничена анализом только таксационных показателей насаждений. Выбор инструмента анализа обусловлен повсеместной распространенностью данного инструмента в среде научного сообщества лесной отрасли. Методика позволяет обрабатывать огромные массивы данных и при этом значительно сокращать время и трудозатраты, необходимые для анализа больших объемов информации. Использование описательной статистики для расчета доверительных интервалов обеспечивает первичное понимание достоверности среднего показателя при анализе баз данных. В работе приведен пример использования указанной методики с разделом описательной статистики. Последний применяется для создания одномерного статистического отчета, содержащего информацию о центральной тенденции и изменчивости входных данных.

Ключевые слова: электронные базы лесостроительных материалов, методика обработки, статистика, табличный редактор

Для цитирования: Методика анализа лесотаксационных баз данных / А. И. Чермных, И. В. Безденежных, С. М. Жижин [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 81–90.

Original article

METHODOLOGY FOR ANALYZING FOREST INVENTORY DATABASE

Artyom I. Chermnykh¹, Irina V. Bezdenezhnykh², Sergey M. Zhizhin³,
Sergey V. Zalesov⁴, Alexey E. Osipenko⁵, Igor A. Panin⁶

¹⁻⁶ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Artyom I. Chermnykh,
chermnyhai@m.usfeu.ru

Abstract. A method for processing electronic databases of forest management materials has been proposed in Microsoft Excel. the presented methodology is limited to the analysis of only taxation indicators of plantings. The choice of analysis fool is due to the widespread use of tool among the

scientific community of the forest industry. This methodology allows you to process large amounts of data and at the same time significantly reduce the time and labor costs required for analysis of large volumes of information. The use of descriptive statistics to calculate confidence intervals provides an initial understanding of average index reliability in database analysis. In this article it is shown an example of indicated methodology including the section of descriptive statistics. The latter is used to create a one-dimensional statistical report containing information about the central tendency and variability of the input data.

Keywords: electronic databases of forest management materials, processing technique, statistics, table editor

For citation: Methodology for analyzing forest inventory database / A. I. Chermnykh, I. V. Bezdezhnykh, S. M. Zhizhin [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 81–90.

Введение

Проведение лесоустроительных работ на территории лесного фонда дает возможность создать базы лесоустроительных материалов. Обработка собранных материалов позволяет объективно оценить последствия лесохозяйственной деятельности, а также влияние природных и антропогенных факторов на лесные экосистемы. Так, в частности, на основе баз лесоустроительных материалов установлены количественные показатели обеспеченности подростом спелых и перестойных насаждений различных формаций (Обеспеченность подростом..., 2013; Обеспеченность подростом..., 2019; Обеспеченность спелых..., 2019; Обеспеченность подростом..., 2024; Безденежных, Залесов, 2024).

В то же время потенциальные возможности использования электронных баз данных лесоустроительных материалов используются далеко не полностью. Причина заключается прежде всего в отсутствии практических рекомендаций по обработке и анализу имеющихся материалов на основе ранее разработанных программ и современной вычислительной техники.

При этом следует отметить, что анализ баз данных – это процесс исследования, очистки, преобразования и моделирования данных с целью обнаружения полезной информации, выявления закономерностей, формирования выводов и поддержки принятия решений. Анализ в основном состоит из упорядочивания и агрегации данных лесотаксационной базы для выявления закономерностей природных процессов с использованием элементов описательной статистики (средние зна-

чения, медианы, моды, дисперсии и т. д.) и визуализации данных.

Анализ данных на ЭВМ открывает широкие возможности исследователю, позволяет изучить огромные массивы данных, выявить новые закономерности и сделать научные открытия.

Цель исследования – создание методики работ с электронными базами данных лесоустроительных материалов в табличном редакторе Microsoft Excel.

Статья имеет практический характер и направлена на повышение квалификации и компетенций исследователей по методике анализа баз данных в лесной отрасли.

Обоснование выбора инструментов анализа данных

Способов и инструментов анализа баз данных огромное множество: от табличных редакторов до вычислительных движков распределенной пакетной и потоковой обработки неструктурированных данных на основе искусственного интеллекта и машинного обучения (Hadoop, Spark). Выбор инструмента обработки данных зависит от поставленной задачи и квалификации исследователя. В данной статье будет описана базовая методика работы в табличном редакторе Microsoft Excel по обработке описательной части исследуемых участков на примере таксационных описаний. Выбор инструмента анализа обусловлен повсеместной распространенностью данного инструмента в среде научного сообщества лесной отрасли, что позволит охватить основной массив исследователей и станет инструкцией к первому шагу

в изучении основ обработки данных для обучающихся лесных специальностей, аспирантов и доцентов. Данная методика ограничена анализом только таксационных показателей насаждений, моделирование и анализ графической части исследуемого участка содержит в себе не меньший объем данных для анализа, но имеет повышенный уровень квалификации исследователя и рекомендуется к освоению после детального изучения принципов анализа таксационных описаний в составе электронной базы данных.

Методика анализа баз данных

Табличный анализ электронной базы данных таксационных описаний исследуемого участка можно разделить на три этапа.

1. Создание сводных таблиц для получения закономерностей распределения таксационных показателей на основе агрегирования лесотаксационных выделов по общим признакам.

2. Расчет статистических показателей анализируемых данных, определение средних значений, максимальных и минимальных отклонений и т. д.

3. Построение визуализированных графиков и диаграмм для успешного восприятия полученных закономерностей в результате анализа сводных таблиц.

Создание сводных таблиц

Сводные таблицы – мощный инструмент для анализа и обобщения больших объемов данных в табличных редакторах, они позволяют динамически группировать, фильтровать и агрегировать данные для выявления закономерностей и получения необходимой результирующей информации по базе данных. Основное преимущество сводных таблиц – в мгновенной обработке больших массивов информации баз данных лесных участков при сокращении трудозатрат исследователя с многочасовой монотонной работы до нескольких минут на формирование требуемого запроса по обработке миллионов уникальных значений, при этом порог квалификации исполнителя и доступности программных средств и баз данных минимален. При отсутствии электронной базы данных она элементарно создается из существующих таксаци-

онных описаний лесных массивов или результатов проведенных исследований, инструмент создания баз данных – табличные редакторы – доступен по лицензии на свободное программное обеспечение. Использование сводных таблиц при анализе структурированных данных является обязательной нормой для любого исследователя, существенно повышая скорость и эффективность его работы.

Принцип создания сводной таблицы построен на обобщении различных данных по заданным критериям. Исследователю необходимо четко определить, какую информацию он хочет донести с помощью таблицы. Это поможет выбрать правильный тип таблицы и установить, какие данные электронной базы данных поместить в строки, столбцы и тело таблицы.

Для создания сводной таблицы необходимо иметь структурированную базу данных таксационных описаний с уникальными заголовками без пустых ячеек в строке заголовков, каждая строчка должна содержать информацию об уникальном исследуемом объекте (лесотаксационный выдел, пробная площадь и т. д.). Для фактического создания сводной таблицы в программе Microsoft Excel необходимо активировать команду «Вставка – Сводная таблица» (рис. 1), в появившемся диалоговом окне указывается диапазон ячеек базы данных, который будет использоваться при обсчете сводной таблицы, и желаемое местоположение выходных данных, т. е. создаваемой таблицы.

После выполнения команды по созданию сводной таблицы открывается макет проектируемой таблицы (рис. 2), в котором необходимо указать основные критерии, по которым будет происходить обобщение данных из общего массива лесотаксационной базы данных.

Для начала построения сводной таблицы достаточно перетащить нужное поле из списка заголовков столбцов исходной базы данных в блок конструктора проектируемой таблицы. Перемещение заголовка столбца в одно из четырех полей конструктора позволяет задать место использования данных в проектируемой таблице. Перенос заголовка столбца исходной базы данных в поле «Строки» или «Столбцы» (в зависимости от версии локализации поле может называться «Колонны»)

конструктора сводной таблицы запустит процесс размещения уникальных значений выбранного столбца базы данных в необходимой части формируемой таблицы в строках или столбцах соответ-

ственно. Данной процедурой выбираются те значения базы данных, на основе которых исследователь планирует провести обобщение показателей анализируемых объектов (лесотаксационных выделов).

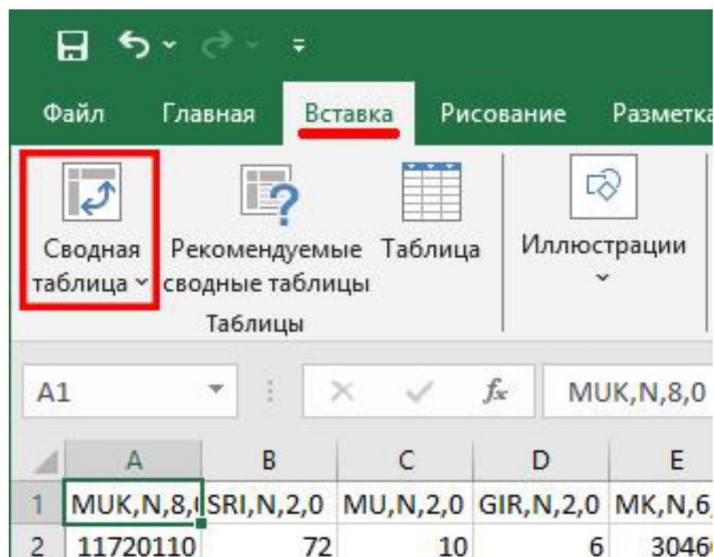


Рис. 1. Создание сводной таблицы
Fig. 1. Creating a pivot table

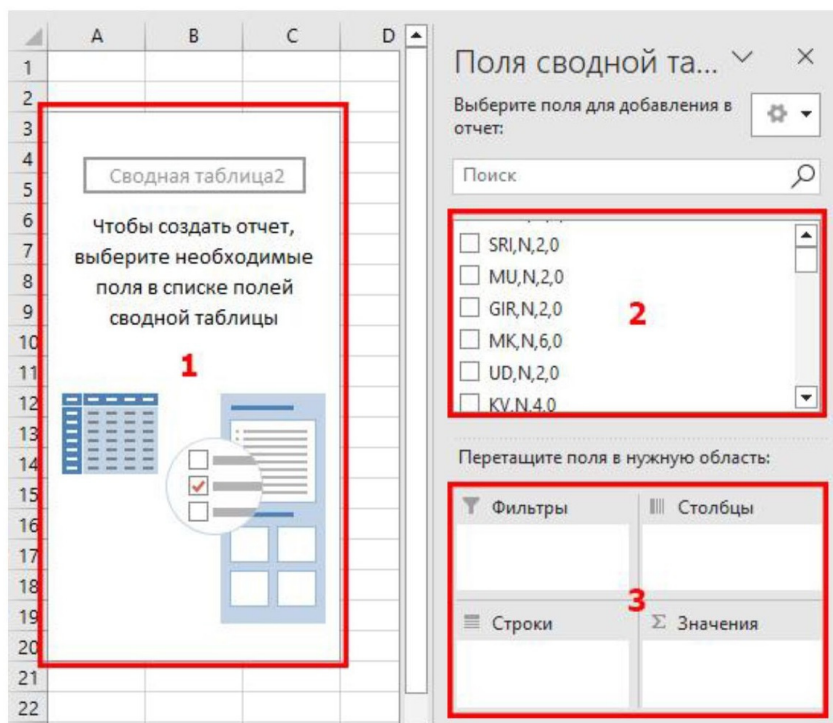


Рис. 2. Макет настройки сводной таблицы:
1 – рабочая область формируемой сводной таблицы, 2 – список заголовков столбцов исходной базы данных, 3 – область конструктора проектируемой таблицы
Fig. 2. Layout of the pivot table setup:
1 – the workspace of the generated pivot table, 2 – the list of column headers of the source database, 3 – the design area of the projected table

Перенос заголовка столбца исходной базы данных в поле «Значения» позволит использовать выбранные показатели как результирующие значения обработки данных. Обычно это площадь или запас насаждений исследуемого участка. Табличный редактор производит вычисления над указанными в поле «Значения» данными, объединяя их по признакам, указанным в полях «Строки» и «Столбцы». Перенос заголовков столбцов исходной базы данных в поле «Фильтр» позволит исследователю использовать их для фильтрации данных и быстрого создания необходимых срезов данных в процессе анализа.

К примеру, при необходимости построения таблицы «Распределение покрытых лесом площадей арендуемого участка по преобладающей породе и бонитету, га» (рис. 3) исследователь начинает формировать сводную таблицу, перемещая необходимые столбцы исходной базы данных в соответствующие поля конструктора. В поле «Значения» помещается заголовок столбца, отвечающего за площадь объектов базы данных в гектарах (площади выделов). Далее указываются обобщающие признаки для агрегирования выделов. В данном примере это показатели преобладающей породы и бонитета. Помещаем один показатель

в «Строки», второй – в «Столбцы», и остается только задать ограничение на выборку объектов из базы данных, т.е. указать, что обчислять необходимо только выделы с категорией земель «Покрытые лесом площади», переместив столбец с информацией о категории земель объекта в поле «Фильтр» и выбрав в списке фильтра сводной таблицы только покрытые лесом земли. В результате проделанных операций табличный редактор обчисляет базу данных, состоящую из миллиона уникальных значений, оставит только выбранные объекты по указанному исследователем фильтру, подсчитает уникальные встречаемые пары признаков породы и бонитета (сосна 3 бонитета, сосна 4 бонитета, береза 3 бонитета и т.д.) и суммирует площади объектов по группам из уникальных показателей породы и бонитета, заполнив данными требуемую исследователю сводную таблицу.

По умолчанию в сводной таблице рассчитываются суммы показателей по полю «Значения». Для смены способа вычисления результирующих значений необходимо через выпадающий список у помещенного в область «Значения» элемента (рис. 4) выбрать последний пункт меню «Параметры полей значений...».

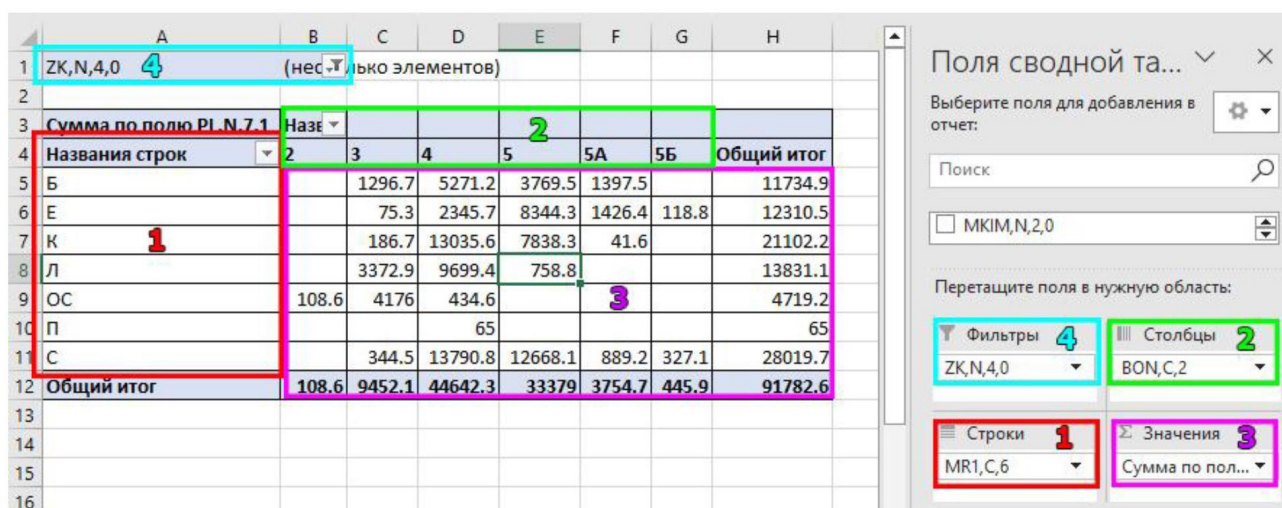


Рис. 3. Сводная таблица «Распределение покрытых лесом площадей арендуемого участка по преобладающей породе и бонитету, га»:

1 – преобладающая порода; 2 – бонитет насаждения; 3 – площадь выдела, га; 4 – категория земель

Fig. 3. Summary table “Distribution of forested areas of the occupied area by predominant breed and bonitet, ha”:

1 – the predominant breed; 2 – the bonus of the plantation; 3 – the area of the allotment, ha; 4 – the category of land

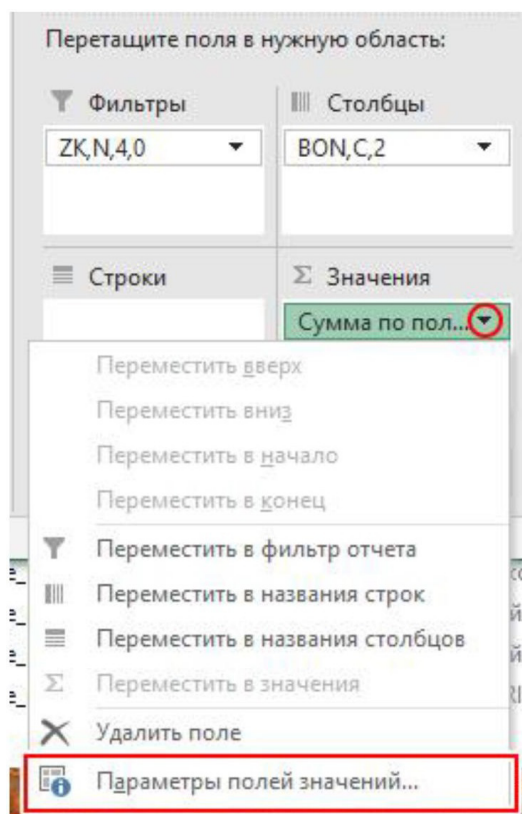


Рис. 4. Выбор математического действия над сгруппированными данными в теле сводной таблицы

Fig. 4. Choosing a mathematical action on grouped data in the body of the pivot table

В открывшемся диалоговом окне можно изменить способ подсчета результирующих значений на вычисление средних показателей, например для расчета среднего количества подроста предварительной генерации (Обеспеченность подростом..., 2022) или на расчет процентного соотношения показателей через подменю «Дополнительные вычисления – % от общей суммы».

В таблице приведен пример использования вычислений среднего значения для сводной таблицы на основе показателей о количестве подроста на выделе.

При подсчете в сводной таблице средних показателей необходимо обратить внимание на принцип их вычисления. Среднее значение рассчитывается по среднеарифметическому принципу среди всех цифровых значений выбранного столбца, т.е. при расчете среднего показателя количества подроста предварительной генерации для получения среднего значения по всем выделам выборки необходимо проставление 0 значения в выделах без подроста. Использование базы данных с текстовыми данными или пустыми ячейками в столбце с количеством подроста приведет к пропуску табличным редактором данных

Обеспеченность подростом предварительной генерации спелых
и перестойных эксплуатационных лесов арендуемого участка, тыс. шт./га
Provision of pre-generation of ripe and over-mature operational forests
of the leased area, thousand units/ha

Преобладающая порода Dominant tree species	Полнота Stand density							Среднее по выделам Average by forest area
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
Сосна Pine	–	–	–	1,4±0,4	1,4±0,5	3,0	–	1,6±0,3
Ель Fir	0,7±0,2	0,8±0,2	1,2±0,1	1,1±0,1	–	–	–	1,0±0,1
Береза Birch	0,4±0,2	0,7±0,2	0,6±0,1	0,9±0,1	1,1	1,3±0,1	1,5±0,2	1,0
Осина Aspen	0,0	1,7±0,3	0,9±0,3	0,9±0,1	1,1±0,1	1,1±0,4	–	1,0±0,1
Липа Linden	–	–	0,0	0,2±0,2	0,0	–	–	0,1±0,1
Ольха серая Grey alder	–	–	–	0,0	–	–	–	0,0
Среднее по выделам Average by allocation	0,6±0,2	0,8±0,1	0,8±0,1	0,9	1,1	1,3±0,1	1,5±0,2	1,0

объектов, вследствие чего будет рассчитан средний показатель только среди выделов с наличием подроста предварительной генерации, без учета выделов с 0 количеством подроста, что может завесить реальные показатели в несколько раз. Также стоит обратить внимание на среднеарифметические итоги. Они рассчитываются не как средний показатель по породам, а как средний показатель по всем выделам из анализируемой выборки. На примере таблицы в выборке выделов с полнотой 0,4 присутствует еловых выделов в 8 раз больше, чем осиновых, что смещает средний показатель 1,1 тыс. шт./га, рассчитанный по среднеарифметическому методу из данных таблицы, до среднего 0,8 тыс. шт./га между всеми выделами выборки с полнотой 0,4.

При анализе информации о подросте предварительной генерации по базам данных следует учитывать, что в отдельных выделах данные из таксационных описаний могут отличаться от реального количества подроста на выделе, но за счет использования больших выборок выделов ошибка между таксационными описаниями и реальным количеством подроста будет стремиться к нулю с увеличением количества выделов, если не были допущены систематические ошибки (Чермных, 2013).

Подрост можно анализировать по таксационным описаниям при использовании больших выборок (более 20 выделов).

Расчет статистических показателей анализируемых данных

Самый доступный способ для расчета базовых статистических показателей по анализируемой электронной базе данных реализован в табличном редакторе Microsoft Excel. По умолчанию модуль «Анализ данных» не включен в стандартную настройку среды программы в связи с его ограниченной необходимостью для широких масс пользователей программы, но присутствует возможность активации модуля для научных исследователей. Для активации модуля «Анализ данных» необходимо выполнить последовательность действий: Файл – Параметры – Надстройки – Перейти – выбрать «Пакет анализа» – ОК. В результате проделанных действий на вкладке «Данные»

появится новый блок «Анализ данных», после его активации запускается диалоговое окно для выбора способа анализа данных. Доступно множество вариантов различного статистического анализа: однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ, корреляция, ковариация, описательная статистика, анализ Фурье, скользящее среднее, регрессия и т. д.

Самым востребованным для исследователя инструментом модуля «Анализ данных» является пункт «Описательная статистика» (рис. 5), который применяется для создания одномерного статистического отчета, содержащего информацию о центральной тенденции и изменчивости входных данных.

Инструмент «Описательная статистика» позволяет рассчитать стандартную ошибку для различных уровней надежности данных. Стандартная ошибка используется при расчете доверительных интервалов, которые дают представление о том, в каком диапазоне вероятно находится истинное среднее значение анализируемого параметра. Чем меньше стандартная ошибка, тем более точной считается оценка среднего. Большая стандартная ошибка указывает на больший разброс значений выборки и, соответственно, меньшую точность оценки. Важно помнить, что с увеличением размера выборки стандартная ошибка уменьшается, предоставляя более точную оценку среднего значения анализируемого диапазона.

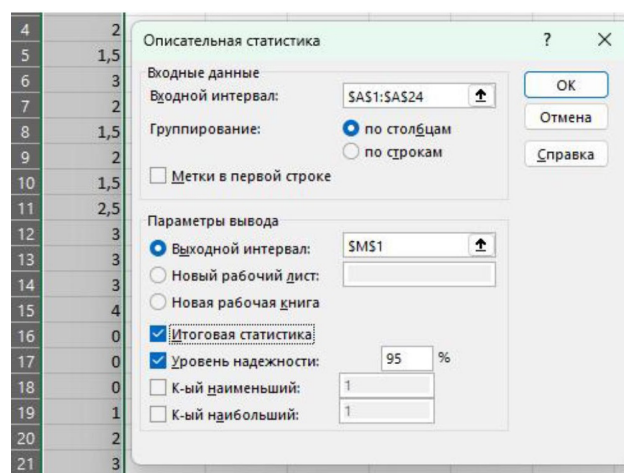


Рис. 5. Окно выбора рассчитываемых параметров по инструменту «Описательная статистика»
Fig. 5. The window for selecting calculated parameters using the “Descriptive Statistics tool”

В получаемом отчете по пункту «Итоговая статистика» (см. рис. 5) присутствует значение стандартной ошибки для уровня надежности 68 %, дополнительно возможен расчет для 95 %-ного

Кол-во подростов, тыс. шт. / га	
Среднее	1,854167
Стандартная ошибка	0,220094
Медиана	2
Мода	2
Стандартное отклонение	1,078235
Дисперсия выборки	1,162591
Эксцесс	-0,18189
Асимметричность	-0,32548
Интервал	4
Минимум	0
Максимум	4
Сумма	44,5
Счет	24
Уровень надежности(95,0%)	0,455299

Рис. 6. Рассчитанные данные по инструменту анализа «Описательная статистика»

Fig. 6. Calculated data for the “Descriptive Statistics” analysis tool

уровня надежности (рис. 6) либо любого другого уровня в зависимости от задач исследователя.

Аналогичные расчеты можно получить в программном продукте Statistica, но он менее доступен для обычного исследователя и имеет повышенный порог квалификации для освоения принципов использования.

Выводы

Статья предлагает практический подход к обработке и анализу таксационных данных, делая акцент на доступности и простоте использования методов анализа для исследователей разной квалификации. Описанная методика позволяет значительно сократить время и трудозатраты, необходимые для анализа больших объемов информации, и делает процесс анализа более быстрым и удобным за счет динамической группировки и фильтрации данных в сводных таблицах. Использование описательной статистики для расчета доверительных интервалов обеспечивает первичное понимание достоверности среднего показателя при анализе баз данных. Рассматриваемая методика ограничена только наличием предварительно структурированной базы данных.

Список источников

- Безденежных И. В., Залесов С. В. Обеспеченность подростом сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) спелых и перестойных мягколиственных насаждений Западно-Сибирского северо-таежного равнинного лесного района // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. XLII, № 2. С. 7–11. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-2-7-11
- Обеспеченность подростом кедра сибирского спелых насаждений различных формаций / С. В. Залесов, Л. А. Белов, С. Н. Гаврилов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2013. № 1 (44). С. 17–20.
- Обеспеченность подростом предварительной генерации березовых насаждений липнякового типа леса в южно-таежном районе европейской части России / Л. А. Белов, А. И. Жирова, Д. В. Подшивалов, Т. А. Подшивалова // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 3 (82). С. 17–24.
- Обеспеченность подростом сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) спелых и перестойных хвойных насаждений подзоны северной тайги / И. В. Безденежных, К. А. Башегуров, А. Н. Гавриленко [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 3. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.35>
- Обеспеченность подростом спелых и перестойных темнохвойных насаждений Пермского края / Е. А. Ведерников, С. В. Залесов, Е. С. Залесова [и др.] // ИВУЗ. Лесной журнал. 2019. № 3. С. 32–42.
- Обеспеченность спелых и перестойных светлохвойных насаждений Западно-Уральского таежного лесного района подростом предварительной генерации / Е. С. Залесова, С. В. Залесов, Г. Г. Терехов [и др.] // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 39–44.

Чермных А. И. Оценка эффективности естественного возобновления лесообразующих пород на основе таксационных описаний лесных насаждений ХМАО – Югры // Аграрный вестник Урала. 2013. № 4 (110). С. 46–47.

References

- Bezdenzhnykh I. V., Zalesov S. V. Provision of young Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour.) for ripe and overgrown soft-leaved plantations of the West Siberian North taiga lowland forest region // Coniferous boreal zones. 2024. Vol. XLII, № 2. P. 7–11. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-2-7-11 (In Russ.)
- Chermnykh A. I. Evaluation of the effectiveness of natural renewal of forest-forming species based on taxational descriptions of forest plantations of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 4 (110). P. 46–47. (In Russ.)
- Provision of pre-generation of birch stands of the linden forest type in the South taiga region of the European part of Russia / L. A. Belov, A. I. Zhirova, D. V. Podshivalov, T. A. Podshivalova // Forests of Russia and their management. 2022. № 3 (82). P. 17–24. (In Russ.)
- Provision of ripe and overgrown light coniferous plantations of the West Ural taiga forest region with a pre-generation forest / E. S. Zalesova, S. V. Zalesov, G. G. Terekhov [et al.] // Successes of modern natural science. 2019. № 1. P. 39–44. (In Russ.)
- Provision of Siberian cedar timber for ripe plantations of various formations / S. V. Zalesov, L. A. Belov, S. N. Gavrilov [et al.] // Forests of Russia and agriculture in them. 2013. № 1 (44). P. 17–20. (In Russ.)
- Provision of young people with ripe and overgrown dark coniferous plantations of the Perm Territory / E. A. Vedernikov, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova [et al.] // IVOZ. Lesnoy zhurnal. 2019. № 3. P. 32–42. (In Russ.)
- Provision of young Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour.) for ripe and overgrown coniferous plantations of the northern taiga subzone / I. V. Bezdenzhnykh, K. A. Bashegurov, A. N. Gavrilenko [et al.] // International Scientific Research Journal. 2024. № 3. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.35> (In Russ.)

Информация об авторах

Артём Игоревич Чермных – кандидат сельскохозяйственных наук, chermnyhai@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5573-0092>;

Ирина Владимировна Безденежных – кандидат сельскохозяйственных наук, докторант, predeina@yandex.ru, <https://orcid.org/009-003-6806-8968>;

Сергей Михайлович Жижин – кандидат сельскохозяйственных наук, докторант, zhzhinsergeu@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-4614-9172>;

Сергей Вениаминович Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>;

Алексей Евгеньевич Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук, Osipenkoae@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3359-3079>;

Игорь Александрович Панин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, paninia@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7798-3442>.

Information about the authors

Artyom I. Chermnykh – Candidate of Agricultural Sciences, chermnyhai@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5573-0092>;

Irina V. Bezdenzhnykh – Candidate of Agricultural Sciences, Doctoral student, predeina@yandex.ru, <https://orcid.org/009-003-6806-8968>;

*Sergey M. Zhizhin – Candidate of Agricultural Sciences, Doctoral student,
zhizhinsergeu@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-4614-9172>;*

*Sergey V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>;*

*Alexey E. Osipenko – Candidate of Agricultural Sciences,
Osipenkoae@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3359-3079>;*

*Igor A. Panin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
paninia@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7798-3442>.*

Статья поступила в редакцию 29.11.2024; принята к публикации 21.12.2024.

The article was submitted 29.11.2024; accepted for publication 21.12.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 91–99.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 91–99.

Научная статья

УДК 630*90

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.010

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ НЕЗАКОННЫХ РУБОК В ЭКВИВАLENTE ЛИКВИДНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Алексей Михайлович Орлов¹, Оксана Сергеевна Громыко²

^{1,2} Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства,
Хабаровск, Россия

¹ Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Хабаровск, Россия

¹ dvniih@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4143-3075>

² estraid@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9086-7959>

Аннотация. Проблема оборота лесоматериалов нелегального или сомнительного происхождения по-прежнему остается одной из наиболее острых социальных, экологических и экономических проблем в мире. Это в том числе касается и Российской Федерации. Однако и в настоящее время нет согласия в оценках масштабов этого явления, впрочем, как и не существует общепризнанной методики, которая позволит обеспечить достоверный учет объемов незаконных рубок. Официальная статистика отражает только выявленные случаи незаконной деятельности. Целью исследования является определить методические аспекты по оценке величины незаконного оборота лесопродукции в субъекте или лесопромышленной агломерации. Для этого предлагается использовать балансовый метод оценки объемов незаконных рубок в эквиваленте ликвидной древесины. Для различных видов лесопродукции используются обоснованные переводные коэффициенты. Далее составляется баланс между заготовкой и потреблением, по которому можно определять величину незаконных рубок в субъекте или агломерации. На примере Хабаровского края по этой методике произведен расчет за почти десятилетний период. Полученные данные позволяют сделать вывод, что с 2018 г. в крае нет признаков незаконной деятельности в лесу в больших объемах.

Ключевые слова: лесное законодательство, незаконные рубки, ликвидная древесина

Для цитирования: Орлов А. М., Громыко О. С. Методика оценки объемов незаконных рубок в эквиваленте ликвидной древесины // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 91–99.

Original article

METHODOLOGY FOR ESTIMATING THE VOLUME OF ILLEGAL LOGGING IN THE EQUIVALENT OF LIQUID WOOD

Aleksei M. Orlov¹, Oksana S. Gromyko²

^{1,2} Far East Forestry Research Institute, Khabarovsk, Russia

¹ The Institute of Water and Environmental Sciences of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia

¹ dvniilh@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4143-3075>

² estraid@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9086-7959>

Abstract. The problem of trafficking in timber of illegal or dubious origin continues to be one of the most pressing social, environmental and economic problems in the world. This also applies to the Russian Federation. However, at the present time, there is no agreement in assessing the scale of this phenomenon, nor does there exist a generally accepted methodology that will allow for reliable accounting of the volume of illegal logging. Official statistics reflect only identified cases of illegal activity. The purpose of the study is to determine methodological aspects for assessing the amount of illegal trade in forest products in a subject, or timber agglomeration. To do this, it is proposed to use the balance method for estimating the volume of illegal logging in the equivalent of marketable wood. Reasonable conversion factors are used for various types of forest products. Next, a balance is drawn up between harvesting and consumption, which can be used to determine the amount of illegal logging in the subject, or agglomeration. Using the example of the Khabarovsk Territory, calculations were made using this method for an almost ten-year period. The data obtained allow us to conclude that since 2018 there are no signs of illegal activity in the forest in large quantities in the region.

Keywords: forestry legislation, illegal logging, liquid wood

For citation: Orlov A. M., Gromyko O. S. Methodology for estimating the volume of illegal logging in the equivalent of liquid wood // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 91–99.

Введение

Проблема незаконного оборота древесины в настоящее время по-прежнему актуальна и требует внимания органов государственной власти и общественных организаций. Однако объемы незаконных рубок в России постоянно снижаются. Например, по данным МПР РФ, всего за 2020 г. на землях лесного фонда выявлено 15,3 тыс. фактов незаконной рубки лесных насаждений общим объемом 1,1 млн м³. Это 0,5 % от легальной заготовки древесины, которая составила в 2020 г. 217 млн м³ (В 47 регионах..., 2021). А уже в начале 2023 г. заместитель Председателя Правительств РФ В. В. Абрамченко проинформировала Президента РФ В. В. Путина о сокращении объема незаконных рубок древесины в 1,6 раза по сравнению с таковым в 2020 г. (РИА Новости, 2023).

По данным Рослесхоза, за 3 месяца 2024 г. количество нарушений в сравнении с таковым за аналогичный период прошлого года сократилось на 17 %, а объем незаконных рубок – на 35 % (Официальный портал Рослесхоза, 2024).

Наши исследования подтверждают, что число зарегистрированных случаев имеет тенденцию к снижению (Орлов и др., 2023).

Следует отметить, что все эти данные основаны на официальной статистике, которая отражает только выявленные случаи незаконной деятельности. Это, на наш взгляд, позволяет определить только тенденции роста или снижения. В то же время не ясно, какой процент составляют эти выявленные случаи относительно невыявленных незаконных рубок, которые, естественно, в статистику не попали, так как о них ничего не известно.

Тем не менее объемы возможных незаконных рубок легко оценить на основе баланса заготовки и потребления лесопродукции.

Материалы и методы исследования

Исходными данными для проведения исследования являются федеральная и отраслевая статистическая отчетность, таможенная статистика, научно-методические публикации и собственные исследования.

В исследовании применялись различные методы, включающие в себя сбор и систематизацию различных информационных материалов – сравнительного анализа и оценки, расчетно-аналитический, графоаналитический. Группировка и сведение материалов статистического наблюдения производилась методом обработки определенных единичных фактов, образующих совокупность данных, собранных при наблюдении. Использовались как абсолютные, так и относительные статистические величины. Итоговые значения отражены в таблицах и диаграмме.

Результаты исследования и их обсуждение

Существует методика оценки объемов незаконных рубок ФГБУ «Центр по проблемам эко-

гии и продуктивности лесов Российской академии наук» «Незаконное лесопользование. Балансовый метод расчета (сопоставление официальных данных об объемах заготовки древесины внутри страны с объемами ее переработки, экспорта и внутреннего потребления)» (Официальный портал ЦЭПЛ РАН, 2019). Кроме того, в публикациях упоминается практически аналогичная методика, разработанная в Рослесхозе, по оценке объемов незаконно срубленной древесины, основанная на балансовом расчете: «Метод составления баланса потребления древесины промышленностью, энергетикой и личными потребностями граждан» (Гагарин и др., 2019).

На примере Хабаровского края по этой методике за период 2013–2021 гг. был произведен расчет на основе данных, предоставленных Министерством лесного хозяйства и лесопереработки Хабаровского края (публикация и распространение за 2022–2023 гг. данных таможенной статистики о внешней торговле товарами РФ временно приостановлены). Итоговые результаты отражены в табл. 1.

Отрицательная разница говорит о том, что потребление древесины в субъекте превышает его заготовку, что может быть следствием незаконных рубок.

Таблица 1
Table 1

Расчетный баланс потребления древесины в Хабаровском крае за 2013–2021 гг.
по методике ЦЭПЛ РАН, тыс. м³
Estimated balance of wood consumption in the Khabarovsk Territory for 2013–2021 according
to the method of the CEPL RSSI, thousand m³

Показатель Indicator	Год / Year								
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Экспорт субъекта по коду ТН ВЭД 4403 Export of a subject according to HS code 4403	3813	4383	4018	4645	4634	4452	3021	2682	2317
Расчетный объем потребления древесины Estimated volume of wood consumption	6424	6863	6594	7652	7821	7459	6484	5863	5836
Объем легальной заготовки древесины The volume of legal timber harvesting	5865	6735	7148	7559	7579	8178	7619	7074	6490
Разность между объемами легальной заготовки и потребления древесины The difference between the volume of legal harvesting and consumption of wood	-559	-128	554	-93	-242	719	1135	1211	654

В ходе расчетов по этой методике были обнаружены следующие сложности и недостатки:

– ограниченность данных по видам переработки древесины в субъектах. Не все территориальные органы Федеральной службы государственной статистики вели данный учет за исследуемый период;

– информация по производству промышленной продукции в натуральном выражении по полному кругу производителей, включая малые предприятия и индивидуальных предпринимателей, собираемая органами статистики, не отражает реального положения, поскольку часть предприятий не подает полных и достоверных сведений;

– сама методика не включает в себя учет следующих данных: малоценной древесины, оставленной на лесосеках, в местах складирования; древесины, используемой при строительстве мостов и лесовозных дорог; потерей древесины при вывозке и переработке; расхода дров на эксплуатацию бань и отопление сельскохозяйственных помещений; сельскохозяйственного строительства. Все это предлагается учитывать с помощью экспертной оценки.

В ходе наших исследований по оценке уровня незаконного оборота древесины была разработана методика, также основанная на расчете баланса заготовки и потребления, но в эквиваленте ликвидной древесины, при использовании которой, по нашему мнению, вышеперечисленные недостатки не будут иметь существенного значения.

Сложности расчетов на основе балансового метода состоят в том, что отраслевая отчетность об объемах заготовки ведется как в ликвидной древесине, так и в сортиментах (лесоматериалы необработанные) без учета объемов коры. Объемы экспорта статистическая отчетность ФТС предоставляет: по топливной древесине в тоннах; по лесоматериалам необработанным в метрах кубических с учетом коры; по лесоматериалам обработанным (в зависимости от кода ТН ВЭД) или в тоннах, или в метрах кубических, или метрах квадратных. Следовательно, все эти величины с помощью коэффициентов необходимо привести к единому эквиваленту и расчет баланса производить в этих эквивалентных единицах объема лесо-

продукции. Так как заготовка древесины по форме отраслевой отчетности 12-ОИП (Об установлении..., 2022) учитывается в ликвидной древесине, то для сравнения объемов заготовки и экспорта необходимо объемы древесины, прошедшие таможенное декларирование, пересчитать через переводные коэффициенты в ликвидную древесину. Под ликвидной древесиной (деловая плюс дровяная) понимается объем сырорастущего дерева за минусом отходов (вершинка, хворост, сучья). Для оценки возможных объемов незаконных рубок необходимо из объемов заготовки ликвидной древесины вычесть объемы внутреннего потребления в ликвидной древесине и объемы экспорта, эквивалентного ликвидной древесине.

Оценка объемов внутреннего потребления древесины в Хабаровском крае за 2013–2021 гг. производится по методике, учитывающей данные о численности населения и душевого потребления лесопродукции (Орлов и др., 2023).

Объемы экспорта рассчитываются по данным таможенной статистики, отраженным в форме 1-ТС «Важнейшие товары» (Официальный портал Дальневосточного таможенного управления, 2022). Объемы приводятся для необработанных лесоматериалов в кубических метрах с корой, для обработанных и топливной древесины – в тоннах. Коэффициент K_1 – для перевода веса в тоннах топливной древесины и обработанных лесоматериалов в объем в кубометрах. Значение определено по справочной книге «Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока» (Усенко, 1984). Коэффициент K_2 – для перевода объема обработанных лесоматериалов в сортименты. Рассчитан исходя из того, что средний выход сырого обрезного пиломатериала из круглого леса составляет порядка 55 %. Следует учитывать, что этот коэффициент для сырых пиломатериалов ценных пород может достигать до 0,75 (или 75 %). Однако под код ТН ВЭД 4407 попадают как сырые, так и сушеные пиломатериалы различной глубины обработки. Вследствие этого невозможно определить точное количество тех и других, отправленных на экспорт. Поэтому для расчетов мы принимаем усредненный коэффициент, рассчитанный исходя из значения выхода обрезного пиломатериала 55 %. Коэффициент K_3 –

для перевода древесины в сортиментах в древесину ликвидную. Значение определено по товарным таблицам Справочника для таксации лесов Дальнего Востока (Справочник..., 1990). Значения этих коэффициентов для различных кодов ТН ВЭД приведены в табл. 2. Коэффициент K_k учитывает объем коры в древесине, так как данные таможенной статистики приводятся вместе с корой, а данные по заготовке древесины – без коры. Значение определено по таблицам коэффициентов на объем коры методики измерений ФР.1.27.2011.10631 (Поштучное измерение..., 2011).

Показатель разницы объема заготовленной и реализованной древесины определяется по формуле

$$R = V_{заг} - V_{эксп} - V_{внут},$$

где R – разность объема заготовленной и реализованной древесины, тыс. м³;

$V_{заг}$ – объем заготовленной ликвидной древесины, форма 12-ОИП, приказ Минприроды России от 01.03.2022 № 144 (Об установлении..., 2022);

$V_{эксп}$ – объем экспортированной древесины в ликвидном эквиваленте;

$V_{внут}$ – объем внутреннего потребления древесины в ликвидном эквиваленте.

Отрицательная разность R будет свидетельствовать о том, что в исследуемом регионе присутствует явление незаконных рубок. Достоверность предполагает наблюдение в течение нескольких лет. По полученным результатам можно будет определить тенденцию увеличения или уменьшения объемов незаконных рубок и, как следствие, эффективности действующего законодательства, в особенности двух важнейших федеральных законов от 28.12.2013 № 415-ФЗ (О внесении..., 2013) и от 04.02.2021 № 3-ФЗ (О внесении..., 2021).

Расчетные значения для определения значения R приведены в табл. 3.

Итоговые значения (из табл. 1 и табл. 3) разности заготовленной и реализованной древесины, как показатель возможного объема незаконных рубок в Хабаровском крае за 2013–2021 гг., приведены на рисунке.

Таблица 2
Table 2

Переводные коэффициенты для основных кодов ТН ВЭД
Conversion coefficients for main HS codes

Код ТН ВЭД HS Code	Наименование лесопродукции The name of the forest products	K_1	K_2	K_k	K_3
4401	Древесина топливная в ... или в аналогичном виде Fuel wood in ... or in a similar form	1,11	–	–	–
4403	Лесоматериалы необработанные, с ... или небрусированные (без дуба и ясеня) Unprocessed, with ... or unbrussed timber (without oak and ash)	–	–	1,11	1,07
440391	Лесоматериалы необработанные... из дуба Unprocessed timber ... from oak	–	–	1,15	2,13
4403999501	Лесоматериалы необработанные... из ясеня Unprocessed timber ... from ash	–	–	1,11	1,08
4407	Лесоматериалы распиленные или ... толщиной более 6 мм (без дуба и ясеня) Sawn or sawn timber ... thickness of more than 6 mm (without oak and ash)	1,11	1,80	–	1,07
440791	Лесоматериалы распиленные или ... толщиной более 6 мм из дуба Sawn or sawn timber ... more than 6 mm thick, made of oak	1,01	1,80	–	2,13
440795	Лесоматериалы распиленные или ... толщиной более 6 мм из ясеня Sawn or sawn timber ... more than 6 mm thick, made of ash	–	1,80	–	1,08
4408	Листы для облицовки, для клееной фанеры и ... не более 6 мм Sheets for cladding, for glued plywood and ... no more than 6 mm	–	2,80	–	1,07

Таблица 3
Table 3

Сравнение объемов заготовки и потребления ликвидной древесины
по Хабаровскому краю за 2013–2021 гг., тыс. м³
Comparison of volumes of harvesting and consumption of liquid wood
in the Khabarovsk Territory for 2013–2021, thousand m³

Показатель Indicator	Год Year								
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Объем заготовки лесных насаждений в ликвидной древесине The volume of harvesting of forest plantations, in liquid wood	5 865	6 735	7 148	7 559	7 579	8 178	7 619	7 074	6 490
Объем экспорта лесоматериалов, эквивалентный ликвидной древесине The volume of timber exports equivalent to liquid wood	5 366	5 880	5 612	6 698	7 303	7 399	5 980	5 378	5 181
Объем внутреннего потребления, эквивалентный ликвидной древесине The volume of domestic consumption equivalent to marketable wood	577	576	575	574	573	571	568	566	559
Разность между объемами заготовки и потребления <i>R</i> (объем незаконных рубок) в ликвидной древесине The difference between the volumes of harvesting and consumption <i>R</i> (the volume of illegal logging) in liquid wood	–78	279	961	287	–297	208	1 071	1 130	750

Примечания:

1. В таблице не учтены баланс ввоза-вывоза лесопродукции из других субъектов и некоторые позиции ТН ВЭД, объемы которых незначительны.

2. Объем внутреннего потребления рассчитан исходя из численности населения и среднедушевого потребления древесины.

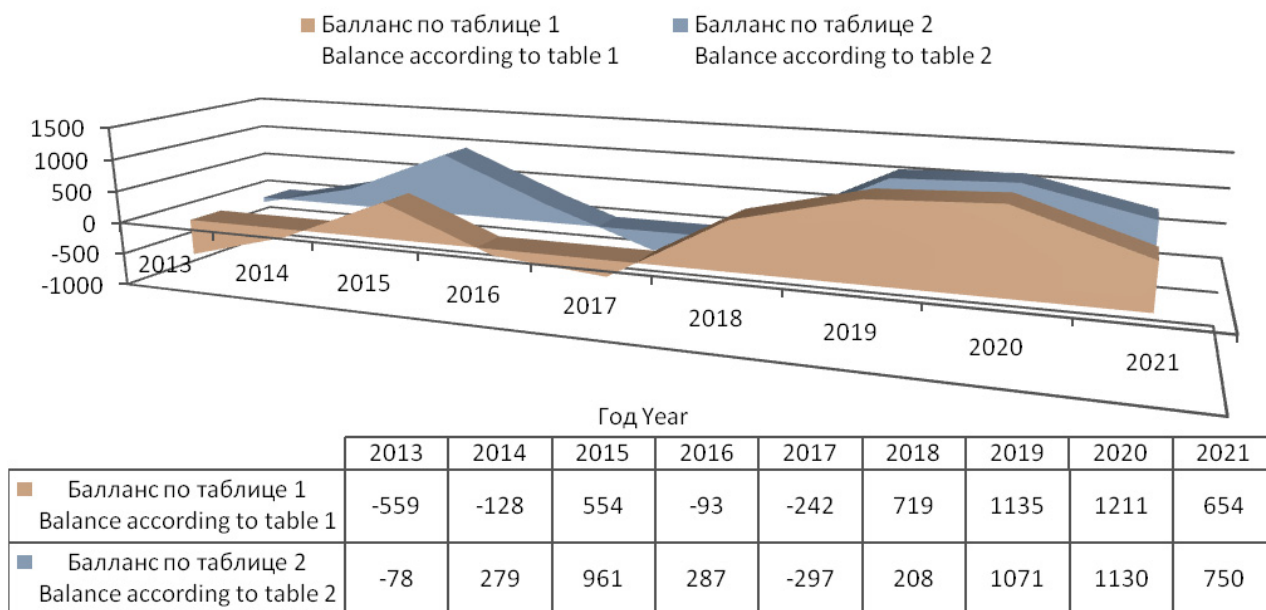
Notes:

1. The table does not take into account the balance of import and export of forest products from other subjects and some items of the HS, the volumes of which are insignificant.

2. The volume of domestic consumption is calculated based on the population and the average per capita consumption of wood.

По обеим методикам наблюдается схожая динамика, однако есть различие в числовых значениях. Методика, основанная на расчете баланса заготовки и потребления в эквиваленте ликвидной древесины, представляется более объективной, так как учитывает большее количество исходных данных, которые к тому же находятся в свободном доступе. Анализ полученных результатов показал, что в 2013 г. объем потребления (экспорт и внутреннее потребление) был больше, чем объем фактической заготовки древесины, – разница отрицательная. В 2015 г. заготовка превысила потребление. Явно прослеживается влияние 415-ФЗ на снижение уровня незаконного оборота лесопродукции. Однако в 2017 г. эти показатели

вновь стали отрицательными, даже больше, чем в 2013 г. (базовый год введения 415-ФЗ). Возможный объем незаконных рубок, по нашим оценкам, составил почти 300 тыс. м³. Затем начиная с 2018 г. объем заготовок стабильно превышает объем потребления, что свидетельствует о наличии неотгруженной древесины на складах лесозаготовителей. Вследствие этого, по нашему мнению, с точки зрения потенциальных нарушителей закона нет никакого смысла (по крайней мере в больших объемах) заниматься нелегальными рубками, так как даже с реализацией легальной лесопродукции возникают некоторые проблемы из-за падения спроса на традиционных для края рынках.



Динамика показателя R (разницы объема заготовленной и реализованной древесины) в Хабаровском крае за период 2013–2021 гг., тыс. м³
Dynamics of the R indicator (difference in volume, harvested and sold of wood) in the Khabarovsk Territory for the period 2013–2021, thousand m³

Выводы

На основании вышеизложенного на примере Хабаровского края можно сделать вывод о том, что происходит снижение уровня незаконных рубок лесных насаждений. Начиная с 2018 г. в крае нет признаков незаконной деятельности в лесу в больших объемах.

Методика, основанная на расчете баланса заготовки и потребления в эквиваленте ликвидной дре-

весины, представляется более объективной, так как учитывает большее количество исходных данных.

Расчет показателя R можно использовать для оценки эффективности деятельности органов государственной власти субъектов РФ в сфере предотвращения незаконной деятельности в лесу, а также формулировать предложения по совершенствованию других действующих нормативных правовых документов.

Список источников

- В 47 регионах России в 2020 году снизились объемы незаконной рубки // Официальный портал Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации : [сайт]. URL: https://www.mnr.gov.ru/press/75-let-pobedy/v_47_regionakh_rossii_v_2021_godu_snizilis_obemy_nezakonnoy_rubki/?special_version=Y (дата обращения: 11.05.2023).
- Гагарин Ю. Н., Добровольский А. А., Смирнов А. П. Состояние и перспективы охраны лесов от незаконных рубок в Российской Федерации // Вопросы лесной науки. 2019. Т. 2, № 4. С. 1–22.
- О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях : Федеральный закон от 28.12.2013 № 415-ФЗ. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 07.09.2023).
- О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования лесных отношений : Федеральный закон от 04.02.2021 № 3-ФЗ. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 07.09.2023).

- Об установлении форм, содержания и порядка представления отчетности об осуществлении органами государственной власти субъектов Российской Федерации, переданных в соответствии с ч. 1 ст. 83 Лесного кодекса Российской Федерации полномочий Российской Федерации в области лесных отношений : приказ М-ва природных ресурсов и экологии РФ от 01.03.2022 г. № 144. URL: <https://online.consultant.ru> (дата обращения: 07.09.2023).
- Орлов А. М., Громыко О. С. Особенности законодательства в сфере оборота древесины и сделок с ней // Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока : матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Хабаровск, 05–06 октября 2023 г. Хабаровск : ДальНИИЛХ, 2023. С. 39–44.
- Орлов А. М., Громыко О. С., Грищенова Ю. А. Оценка объемов внутреннего потребления древесины в Хабаровском и Приморском краях // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2023. № 63. С. 377–381.
- Официальный портал Дальневосточного таможенного управления : [официальный сайт]. Внешняя торговля субъектов РФ ДФО. URL: <https://dvtu.customs.gov.ru/folder/143395> (дата обращения: 17.09.2023).
- Официальный портал Федерального агентства лесного хозяйства : [официальный сайт]. URL: <https://rosleshoz.gov.ru/news/2024-05-02/n10971> (дата обращения: 02.05.2024).
- Официальный портал Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук : [официальный сайт]. Нелегальное лесопользование. Балансовый метод расчета (сопоставление официальных данных об объемах заготовки древесины внутри страны с объемами ее переработки, экспорта и внутреннего потребления). 2019. URL: <https://cepl.rssi.ru> (дата обращения: 21.09.2023).
- Поштучное измерение объема круглых лесоматериалов с использованием средств измерений геометрических величин. Методика измерений объема партии круглых лесоматериалов с применением таблиц объемов при проведении таможенных операций и таможенного контроля : ФР.1.27.2011.10630. М., 2011. 28 с. URL: <https://customs.gov.ru/uchastnikam-ved/spravochnaya-informacziya/metodiki-izmereniya-lesomaterialov> (дата обращения: 17.09.2023).
- Российское информационное агентство Новости : [сайт]. URL: <https://ria.ru/20230210/drevesina-1851190274.html> (дата обращения: 17.08.2023).
- Справочник для таксации лесов Дальнего Востока / отв. сост. и ред. В. Н. Корякин. Хабаровск : ДальНИИЛХ, 1990. 526 с.
- Усенко Н. В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока : справочная книга. 2-е перераб. и доп. изд. Хабаровск : Кн. изд-во, 1984. 272 с.

References

- Gagarin Yu. N., Dobrovolsky A. A., Smirnov A. P. The state and prospects of forest protection from illegal logging in the Russian Federation // Issues of forest science. 2019. T. 2. № 4. P. 1–22. (In Russ.)
- Handbook for the taxation of forests of the Far East / rel. comp. and ed. by V. N. Koryakin. Khabarovsk : FEFRY, 1990. 526 p.
- Illegal logging decreased in 47 regions of Russia in 2020 : The official portal of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation : official website, 2021. URL: https://www.mnr.gov.ru/press/75-let-pobedy/v_47_regionakh_rossii_v_2020_godu_snizilis_obemy_nezakonnoy_rubki/?special_version=Y (accessed 11.05.2023).
- On Amendments to the Forest Code of the Russian Federation and Certain Legislative Acts of the Russian Federation in Terms of Improving the Legal Regulation of Forest Relations : Federal Law № 3-FZ dated 04.02.2021. URL: <http://www.consultant.ru> (accessed 07.09.2023).

- On Amendments to the Forest Code of the Russian Federation and the Code of Administrative Offences of the Russian Federation : Federal Law № 415-FZ dated 28.12.2013. URL: <http://www.consultant.ru> (accessed 07.09.2023).
- On establishing the forms, content and procedure for reporting on the exercise by state authorities of the subjects of the Russian Federation of the powers of the Russian Federation in the field of forest relations transferred in accordance with Part 1 of Article 83 of the Forest Code of the Russian Federation : Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated 01.03.2022 № 144. URL: <https://online.consultant.ru> (accessed 09.07.2023).
- Orlov A. M., Gromyko O. S. Features of legislation in the field of timber turnover and transactions with it // Intensification of the use and reproduction of forests in Siberia and the Far East : Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation, Khabarovsk, 05–06 October, 2023. Khabarovsk : FEFRI, 2023. P. 39–44. (In Russ.)
- Orlov A. M., Gromyko O. S., Grishchenova Yu. A. Assessment of the volume of domestic wood consumption in Khabarovsk and Primorsky territories // Actual problems of the forest complex. 2023. № 63. P. 377–381. (In Russ.)
- Piece-by-piece measurement of the volume of round timber using measuring instruments of geometric quantities. The method of measuring the volume of a batch of round timber using volume tables during customs operations and customs control : FR.1.27.2011.10630. Moscow, 2011. 28 p. URL: <https://customs.gov.ru/uchastnikam-ved/spravochnaya-informacziya/metodiki-izmereniya-lesomaterialov> (accessed 17.09.2023).
- Russian News Agency News : website. URL: <https://ria.ru/20230210/drevesina-1851190274.html> (accessed 17.08.2023).
- The official portal of the Center for Ecology and Forest Productivity of the Russian Academy of Sciences : official website. Illegal forest management. The balance method of calculation (comparison of official data on the volume of timber harvesting in the country with the volume of its processing, export and domestic consumption). 2019. URL: <https://cepl.rssi.ru> (accessed 21.09.2023).
- The official portal of the Far Eastern Customs Administration : the official website. Foreign trade of the subjects of the Russian Far Eastern Federal District. URL: <https://dvtu.customs.gov.ru/folder/143395> (accessed 17.09.2023).
- The official portal of the Federal Forestry Agency : the official website. URL: <https://rosleshoz.gov.ru/news/2024-05-02/n10971> (accessed 02.05.2024).
- Usenko N. V. Trees, shrubs and lianas of the Far East : a reference book. 2nd edition and additional ed. Khabarovsk : Publishing House, 1984. 272 p.

Информация об авторах

- A. M. Орлов – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;*
O. S. Громыко – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

Information about the authors

- A. M. Orlov – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher;*
O. S. Gromyko – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher.

Статья поступила в редакцию 14.06.2024; принята к публикации 10.09.2024.
The article was submitted 14.06.2024; accepted for publication 10.09.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 100–108.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 100–108.

Научная статья

УДК 004.042

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.011

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РУБОК ДРЕВОСТОЯ

Евгения Васильевна Анянова¹, Татьяна Сергеевна Новоселова²,
Владимир Васильевич Андрейковец³

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ anyanovagv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0009-0004-4267-975C>

² novoselovats@m.usfeu.ru

³ andrejkovec07@yandex.ru

Аннотация. Статья направлена на совершенствование моделирования рубок древостоя посредством разработки автоматизированной программы. Авторами предлагается создание информационных моделей, помогающих принимать решения при планировании рубок древостоя. Разработанная программа позволит учитывать различные факторы и параметры. Авторы описывают созданную ими информационную систему, которая позволяет создавать информационные модели, на основании которых принимаются управленческие решения при планировании различных видов рубок. Изучены программные продукты, предназначенные для моделирования лесных экосистем, выявлены их недостатки, которые были учтены при создании и разработки новой программы моделирования древостоя. На основании анализа изученных программ определены требуемая функциональность системы, критерии для оценки качества моделирования и прогнозирования роста деревьев. Входной информацией для наполнения системы являются такие параметры, как тип леса, возраст древостоя, площадь, ширина лесосеки. Дополнительной необходимой информацией система может постоянно наполняться. Представлены алгоритм действий при проектировании информационной программы, входящая и исходящая информация в виде Excel-документов. Имеется описание работы системы. Также в статье представлены этапы разработки программы моделирования рубок древостоя, включая анализ требований, проектирование и разработку программы, тестирование ее функциональности и оценку полученных результатов. Для разработки программы моделирования рубок древостоя были выбраны языки JavaScript и HTML, так как они являются самыми удобными для визуализации и несложными. Все эти факторы являются ключевыми. Для визуализации использован программный язык CSS. Определено необходимое программное и техническое обеспечение для запуска программы.

Ключевые слова: моделирование, рубки древостоя, программа, система

Для цитирования: Анянова Е. В., Новоселова Т. С., Андрейковец В. В. Разработка программы моделирования рубок древостоя // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 100–108.

Original article

DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR MODELING LOGGING OF A STAND

Evgeniya V. Anyanova¹, Tatyana S. Novoselova², Vladimir V. Andreykovets³

¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ anyanovagv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0009-0004-4267-975C>

² novoselovats@m.usfeu.ru

³ andreykovec07@yandex.ru

Abstract. The article is aimed at improving the modeling of logging of a stand, through the development of an automated program. The authors propose the creation of information models to help make decisions when planning logging. The developed program will allow you to take into account various factors and parameters. The authors describe the information system they created, which allows them to create information models on the basis of which management decisions are made when planning various types of logging. Software products designed for modeling forest ecosystems have been studied, their shortcomings have been identified, which were taken into account when creating and developing a new stand modeling program. Based on the analysis of the studied programs, the following were determined: the required functionality of the system, criteria for evaluating the quality of modeling and forecasting tree growth. The input information for filling the system are parameters such as the type of forest, the age of the stand, the area, the width of the cutting areas. The system can be constantly filled with additional necessary information. The algorithm of actions in the design of an information program is presented. Incoming and outgoing information is presented in the form of Excel documents. There is a description of how the system works. The article also presents the stages of development of a stand felling simulation program, including requirements analysis, program design and development, testing of its functionality and evaluation of the results obtained. JavaScript and HTML were chosen to develop a program for modeling logging, as they are the most convenient for visualization and not complex programming languages. All these factors are key. The CSS programming language is used for visualization. The necessary software and hardware have been identified to run the program.

Keywords: modeling, logging, program, system

For citation: Anyanova E. V., Novoselova T. S., Andreykovets V. V. Development of a program for modeling logging of a stand // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 100–108.

Введение

В настоящее время существует широкий спектр программных продуктов, предназначенных для моделирования рубок древостоя и оценки их воздействия на лесные экосистемы. В данный спектр входят такие программы, как система SIBYLA, REMOS, SORTIE-ND, SILVA, Prognosis Model for Stand Development, SORTIE-ND, Cox Proportional Hazard Model (CoxPH), iLand (individual-based forest landscape and disturbance model), Heureka, SIMFOR (Silviculture Management and Forest Operations Research Model), EFIMOD (Ecological Forest Model), Woodstock, ForestGALES, CubiCalc,

SIMPPLLE, FORECAST, Landis-II, CBM-CFS3 и др. Перечисленные системы были нами изучены, выявлены их преимущества и недостатки. В общей совокупности системы предназначены в той или иной степени для моделирования лесных экосистем, оптимизации процесса рубок с учетом экономических и экологических факторов, а также выживаемости и продуктивности лесов. Актуальность новой разработки программы моделирования видов рубок состоит в том, что большинство перечисленных программ давно устарели, не обновляются в связи с тем, что разработки приостановлены, не являются отечественными, интерфейс

подобных программ на иностранном языке, что затрудняет взаимодействие с пользователем. Устойчивое лесное хозяйство является неотъемлемой частью в управлении лесными ресурсами, оптимизации процесса рубок, прогнозировании и анализе моделирования рубок (Motti компьютерная система..., 2012; Петровский, 2011).

Проблема и актуальность разработки новой программы моделирования рубок древостоя связаны с необходимостью эффективного и устойчивого управления лесными ресурсами. Основные аспекты проблемы и актуальности данной разработки: устойчивое лесное хозяйство при неправильном планировании и выполнении рубок может привести к ухудшению экосистемы, снижению биоразнообразия и непродуктивности использования лесных ресурсов; оптимизация процесса рубок, которая должна приводить к увеличению прироста и максимизации экономической эффективности; прогнозирование и анализ воздействия на лесную экосистему и окружающую среду; обучающие ресурсы, которые могут служить образовательным инструментом для студентов, специалистов в области лесного хозяйства и других заинтересованных лиц. Разработка программы моделирования рубок древостоя позволяет учитывать различные факторы и параметры, чтобы принимать информированные решения и обеспечивать устойчивое лесное хозяйство, достичь наилучших результатов при лесопользовании, сохранить биологическое разнообразие.

Цель, задачи и методика исследования

Целью работы является создание программы повышения эффективности и упрощения видов рубок, отслеживание и рубка больных деревьев и возможность прогноза роста новых деревьев.

На основе информационно-аналитического анализа систем моделирования видов рубок древостоя были выявлены для проектируемой программы ее функциональность, критерии для оценки качества моделирования и прогнозирования роста деревьев.

Для достижения поставленной цели был определен алгоритм действий для проектирования информационной программы:

- анализ требований: провести анализ и изучение основных параметров и факторов, влияющих на рубки древостоя, таких как тип леса, состав древостоя, возраст деревьев, географическое расположение и другие факторы. Также определить функциональные требования к программе моделирования, учитывая потребности лесных управлений и специалистов в области лесного хозяйства (Рогозин, 2023);

- проектирование программы: разработать структуру программы и выбрать наиболее подходящую программную платформу или язык программирования. Создать алгоритм и модели, которые будут использованы для моделирования рубок древостоя;

- разработка программы: написать код программы на выбранном языке программирования с использованием разработанных алгоритмов и моделей (Зудилова, Буркова, 2012; Минязев, 2022). Реализовать пользовательский интерфейс, который позволит пользователям вводить параметры моделирования и визуализировать результат в программе (Янцев, 2024);

- тестирование и оценка программы: провести тестирование программы на различных тестовых данных и сценариях, а также сравнить полученные результаты моделирования с ожидаемыми. Оценить точность и эффективность программы, а также ее потенциал в решении реальных задач лесного хозяйства;

- заключение и дальнейшее развитие: обобщить результаты работы и достижение поставленной цели. Сделать выводы о преимуществах и возможностях программы моделирования рубок древостоя. Предложить рекомендации по дальнейшему развитию и усовершенствованию программы, включая расширение функциональности, улучшение точности моделей и добавление дополнительных параметров.

1. Программа на уже готовой виртуальной лесосеке должна показывать информацию о каждом дереве при наведении курсора:

- размер дерева: высота, диаметр ствола и размер кроны дерева;

- состояние дерева: живое или срубленное;

- сведения о дереве: является дерево большим или здоровым.

2. Программа должна показывать, что дерево срублено, и отображать дальнейшее развитие участка, на котором было срублено дерево:

- визуализация срубленных деревьев: после рубки программа должна показывать срубленные деревья на виртуальной лесосеке, возможно, с пометками или специальными символами;

- визуализация дальнейшего развития участка: программа должна предсказывать и отображать дальнейшее развитие участка после рубки, показывая рост новых деревьев, их расположение и пространственное распределение;

- после рубки показывать рост новых деревьев, их расположение и пространственное распределение;

- отображение лежащего срубленного дерева: программа должна показывать место, где срубленное дерево будет располагаться на участке после рубки. Это может быть в виде отметки или символа, указывающего на местоположение срубленного дерева;

- выполнение данных требований позволит создать функциональность программы моделирования рубок древостоя, которая предоставит пользователю информацию о каждом дереве на лесосеке, отобразит срубленные деревья и покажет дальнейшее развитие участка после рубки.

Разработка критериев для оценки качества моделирования и прогнозирования роста деревьев позволит оценить эффективность и точность программы моделирования рубок древостоя (Петровский и др., 2014). Ниже приведены критерии, которые можно использовать для этой цели.

1. Программа должна визуализировать определенный участок леса, предоставлять информацию о каждом дереве. При наведении на дерево программа должна показывать информацию, такую как высота, диаметр, возраст, вид дерева и другие характеристики.

2. Моделирование рубок деревьев: программа должна иметь возможность моделировать рубки деревьев на выбранном участке леса. Она должна показывать, какие деревья были срублены, а также показывать участок, где было срублено дерево, и расположение срубленного дерева.

3. Прогнозирование роста леса после рубки: программа должна предоставлять прогнозы о дальнейшем развитии участка после рубки. Она должна показывать, какие деревья будут расти на участке после рубки, и предсказывать их будущую высоту, диаметр и другие характеристики.

4. Учет влияния окружающей среды: программа должна учитывать факторы окружающей среды, которые могут влиять на рост и развитие деревьев, такие как доступ к солнечному свету, почва, влажность и т.д. Она должна учитывать эти факторы при моделировании и прогнозировании роста.

5. Точность прогнозирования: программа должна предоставлять точные и надежные прогнозы роста деревьев. Она должна быть способна предсказывать высоту, диаметр и другие параметры деревьев с высокой степенью точности и низким уровнем ошибок.

6. Валидация на независимых данных: программа должна быть проверена и протестирована на независимых данных, которые не использовались в процессе разработки модели. Это позволит оценить способность программы делать точные прогнозы на новых данных.

7. Гибкость и настраиваемость: программа должна быть гибкой и настраиваемой, позволяя пользователям изменять параметры моделирования и адаптировать ее к конкретным условиям и требованиям. Она должна иметь возможность учитывать различные виды деревьев, региональные особенности и другие факторы.

Входящая информация поступает в виде Excel-документов. Эта информация генерируется случайно или вводится вручную путем редактирования Excel-документа.

Excel-документ содержит следующую информацию:

- крона – диаметр кроны дерева;
- ширина – ширина ствола дерева;
- высота – высота ствола дерева;
- X – координаты дерева по оси X;
- Y – координаты дерева по оси Y;
- плохое – обозначение дерева как плохого.

На рис. 1 представлен вид входящей информации (фрагмент).

Для наглядной демонстрации работы программы был сделан алгоритм, который генерирует модель древостоя, состоящего примерно из 9300 деревьев на 500 м².

Результаты исследования и их обсуждение

Результатом работы являются отчеты, выгружаемые из программы в виде Excel-документов, которые содержат следующую информацию:

1) отчет о срубленных деревьях, который предоставляет всю доступную информацию о ранее срубленных деревьях;

2) отчет о плохих деревьях, который предоставляет всю доступную информацию о заболевших, неудовлетворительных по требованиям качества деревьях;

3) отчет о новых деревьях, который предоставляет всю доступную информацию о деревьях, которые визуализируются после нажатия кнопки «Прогноз роста новых деревьев»;

4) отчет о имеющихся деревьях, который предоставляет всю доступную информацию о всех деревьях.

При запуске программы выходит окно авторизации, которое требует пароль для входа. После авторизации становится доступной визуальная модель леса и функциональные кнопки (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F
1	Крона	Ширина	Высота	X	Y	Плохое
2	1,71	0.57	6.84	213	145	ИСТИНА
3	3,1	1.03	12.40	44	191	ИСТИНА
4	1,34	0.45	5.36	358	480	ИСТИНА
5	3,3	1.10	13.20	118	85	ИСТИНА
6	1,14	0.38	4.56	264	298	ИСТИНА
7	3,47	1.16	13.88	304	145	ИСТИНА
8	2,84	0.95	11.36	268	316	ИСТИНА
9	2,77	0.92	11.08	47	297	ИСТИНА

Рис. 1. Фрагмент входящей информации
Fig. 1. Type of incoming information

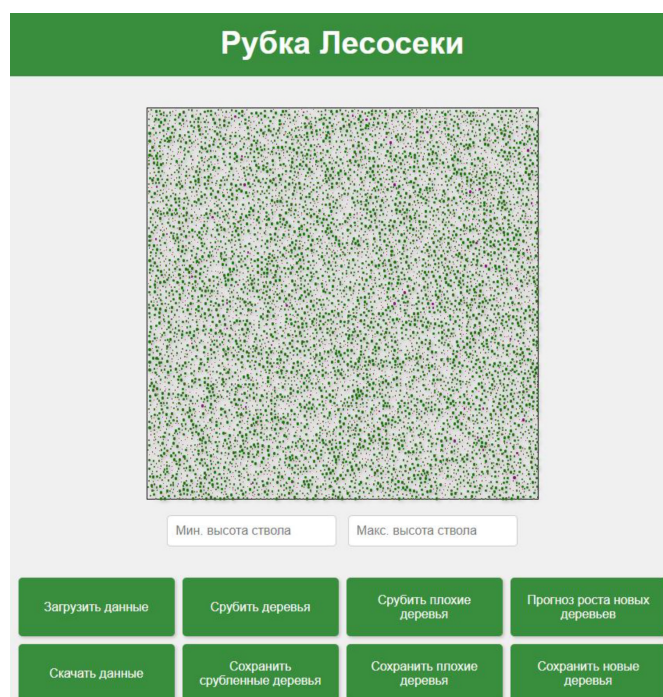


Рис. 2. Визуальная модель леса и функциональные кнопки
Fig. 2. A visual model of the forest and functional buttons

При нажатии на любое дерево выходит окно с информацией о дереве (рис. 3).

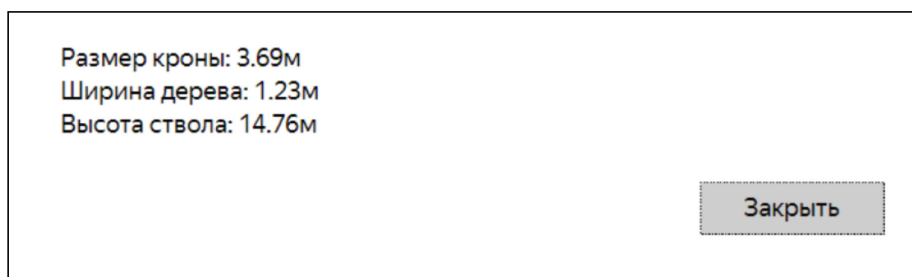


Рис. 3. Окно информации о дереве
 Fig. 3. The Tree Information window

При нажатии кнопки «Загрузить данные» загружаются данные о лесе, сгенерированные случайным образом и отображаемые на визуальной модели (рис. 4).

При нажатии кнопки «Скачать данные» в формате *.xmls скачиваются все данные о лесе. При нажатии кнопки «Срубить деревья» на визуальной модели отображаются срубленные деревья в виде «пеньков» и лежащих рядом «Стволов деревьев». Диапазон рубки деревьев задается в input-полях путем указания минимальной и максимальной высоты ствола в «Мин. высота ствола» и «Макс. высота ствола».

При нажатии на кнопку «Сохранить срубленные деревья» программа сохраняет данные о срубленных деревьях в формате *.xmls (рис. 5).

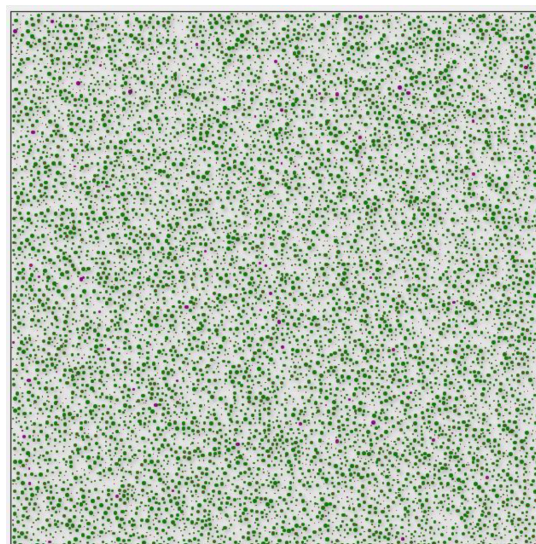
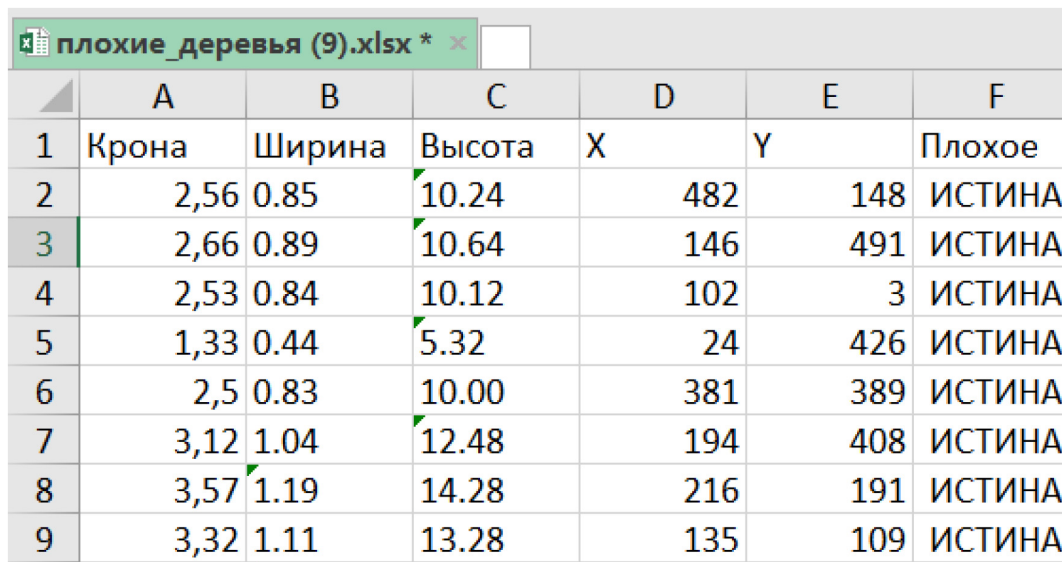


Рис. 4. Визуальное отображение загруженного леса
 Fig. 4. Visual display of the loaded forest

срубленные_деревья (18).xlsx					
	A	B	C	D	E
1	Крона	Ширина	Высота	X	Y
2	3,75	1.25	15.00	96	461
3	3,8	1.27	15.20	361	488
4	3,86	1.29	15.44	137	390
5	3,86	1.29	15.44	301	398
6	3,76	1.25	15.04	71	444
7	3,78	1.26	15.12	447	63
8	3,84	1.28	15.36	231	438
9	3,9	1.30	15.60	277	39

Рис. 5. Отчет о срубленных деревьях
 Fig. 5. Report on felled trees

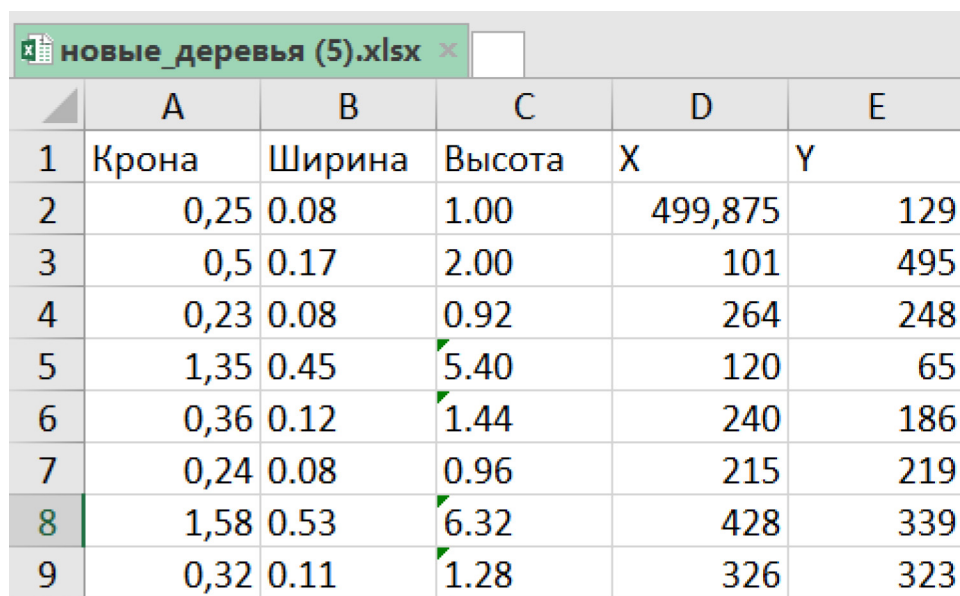
При нажатии на кнопку «Сохранить плохие деревья» программа сохраняет данные о плохих деревьях в формате *.xmls (рис. 6).



	A	B	C	D	E	F
1	Крона	Ширина	Высота	X	Y	Плохое
2	2,56	0.85	10.24	482	148	ИСТИНА
3	2,66	0.89	10.64	146	491	ИСТИНА
4	2,53	0.84	10.12	102	3	ИСТИНА
5	1,33	0.44	5.32	24	426	ИСТИНА
6	2,5	0.83	10.00	381	389	ИСТИНА
7	3,12	1.04	12.48	194	408	ИСТИНА
8	3,57	1.19	14.28	216	191	ИСТИНА
9	3,32	1.11	13.28	135	109	ИСТИНА

Рис. 6. Отчет о плохих деревьях
Fig. 6. Report on bad trees

При нажатии на кнопку «Сохранить новые деревья» программа сохраняет данные о новых деревьях в формате *.xmls (рис. 7).



	A	B	C	D	E
1	Крона	Ширина	Высота	X	Y
2	0,25	0.08	1.00	499,875	129
3	0,5	0.17	2.00	101	495
4	0,23	0.08	0.92	264	248
5	1,35	0.45	5.40	120	65
6	0,36	0.12	1.44	240	186
7	0,24	0.08	0.96	215	219
8	1,58	0.53	6.32	428	339
9	0,32	0.11	1.28	326	323

Рис. 7. Отчет о новых деревьях
Fig. 7. Report on new trees

Выводы

Была разработана программа, которая предоставляет возможность моделировать рубку лесосеки, прогнозировать дальнейший рост деревьев после завершения рубки, сохранять информацию для возможного дальнейшего использования.

Данная программа позволяет исключить негативные последствия ошибочного планирования рубки древостоя и поможет оптимизировать процесс рубок. Информационная программа разработана средствами языков JavaScript, HTML, CSS.

Список источников

- Зудилова Т. В., Буркова М. Л.* Web-программирование JavaScript : учеб.-метод. пособие. СПб. : НИУ ИТМО, 2012. 68 с.
- Миняев Р. Ш.* Скриптовые языки web-программирования (JavaScript, PHP, html/CSS) : учеб.-метод. пособие. Казань : КНИТУ-КАИ, 2022. 60 с.
- Петровский В. С.* Автоматизация технологических процессов и производств лесопромышленного комплекса : учебник. Воронеж, 2011. 400 с.
- Петровский В. С., Малышев В. В., Мурзинов Ю. В.* Моделирование показателей хода роста одновозрастных сосновых насаждений с проведением рубок ухода в разных типах лесорастительных условий // Лесотехнический журнал. 2014. № 3. С. 21–28.
- Рогозин М. В.* Нужна ли область доминирования в имитационных моделях роста древостоев? // Бюллетень науки и практики. 2023. № 2. С. 35–53.
- Янцев В. В.* JavaScript. Креативное программирование : учеб. пособие для вузов. 2-е изд., стер. СПб. : Лань, 2024, 232 с.
- Motti – компьютерная система поддержки принятия решений в лесном хозяйстве / *Ю. В. Суханов, А. Н. Пеккоев, В. М. Лукашевич, В. К. Катаров* // Resour. Technol. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/motti-kompyuternaya-sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-v-lesnom-hozyaystve> (дата обращения: 10.10.2024).

References

- Minyazev R. S.* Scripting languages of web programming (JavaScript, PHP, html/CSS) : educational and methodical manual. Kazan : KNITU-KAI, 2022. 60 p.
- Motti – computer decision support system in forestry / *Yu. V. Sukhanov, A. N. Pekkoiev, V. M. Lukashevich, V. K. Katarov* // Resour. Technol. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/motti-kompyuternaya-sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-v-lesnom-hozyaystve> (accessed 10.10.2024).
- Petrovsky V. S.* Automation of technological processes and productions of the timber industry complex : textbook. Voronezh, 2011. 400 p.
- Petrovsky V. S., Malyshev V. V., Murzinov Yu. V.* Modeling of indicators of the course of growth of single-aged pine plantations with logging in different types of forest conditions // Forestry Journal. 2014. № 3. P. 21–28. (In Russ.)
- Rogozin M. V.* Is there a need for a domain of dominance in the simulation models of the growth of stands? // Bulletin of Science and Practice. 2023. № 2. P. 35–53. (In Russ.)
- Yantsev V. V.* JavaScript. Creative programming : a textbook for universities. 2nd ed., ster. St. Petersburg : Lan, 2024. 232 p.
- Zudilova T. V., Burkova M. L.* JavaScript Web programming : an educational and methodological guide. St. Petersburg : NRU ITMO, 2012. 68 p.

Информация об авторах

Е. В. Анянова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Т. С. Новоселова – старший преподаватель;

В. В. Андрейковец – магистр.

Information about the authors

E. V. Anyanova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

T. S. Novoselova – senior lecturer;

V. V. Andreykovets – master.

Статья поступила в редакцию 14.10.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 14.10.2024; accepted for publication 15.11.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 109–114.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 109–114.

Научная статья

УДК: 684.64

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.012

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОРПУСНОЙ МЕБЕЛИ С ОБЪЕМНО-ПРОФИЛЬНЫМИ ФАСАДАМИ

Олег Николаевич Чернышев¹, Александр Андреевич Лукаш²,
Кирилл Вадимович Разрезов³, Сергей Николаевич Швачко⁴

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

²⁻⁴ Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, Россия

¹ olegch62@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9396-1246>

² mr.luckasch@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5675-6304>

³ razrezowkirill@gmail.com, <http://orcid.id/0009-0003-6676-2219>

⁴ sshvachko@mail.ru, <http://orcid.id/0009-0002-7670-1527>

Аннотация. Статья посвящена совершенствованию технологии изготовления высококачественной мебели с рельефом на лицевой поверхности более эффективным способом. Предметом исследования являются условия получения рельефной поверхности (объемно-профильного рисунка) на лицевой поверхности мебельных фасадов. Цель исследований – разработка менее трудоемкого способа изготовления объемно-профильных фасадов корпусной мебели из древесностружечной плиты. Методологической основой являются методы анализа физико-механических и эксплуатационных характеристик изделий из древесины. Предложен новый способ изготовления облицованных мебельных щитов с поверхностным рельефом. Согласно данному способу формирование объемно-профильного рельефа осуществляется при помощи фигурной накладки, которую перед облицовыванием устанавливают между щитом-основой и облицовочным материалом. Техническим результатом является снижение трудоемкости изготовления фасадов корпусной мебели с объемным рисунком на лицевой поверхности за счет совмещения операций облицовывания и приклеивания фигурной наклейки. Также показано, что применение данного способа обеспечивает снижение себестоимости продукции за счет замены МДФ на менее дорогую ДСтП. Разработаны и апробированы в производственных условиях различные варианты изготовления внутренней фигурной наклейки и различных материалов. Показано, что изготовление высококачественной мебели с рельефом на лицевой поверхности менее трудоемким способом обеспечивает возможность снижения себестоимости продукции за счет замены более дорогой древесноволокнистой плиты МДФ стоимостью 340 руб. за 1 м² на менее дорогую древесностружечную плиту стоимостью 210 руб. за 1 м².

Ключевые слова: мебель, фасад, рельеф, приклеивание, технология, облицовывание

Для цитирования: Совершенствование технологии корпусной мебели с объемно-профильными фасадами / О. Н. Чернышев, А. А. Лукаш, К. В. Разрезов, С. Н. Швачко // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 109–114.

Original article

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF CABINET FURNITURE WITH VOLUMETRIC PROFILE FACADES

Oleg N. Chernyshev¹, Alexander A. Lukash², Kirill V. Razrezov³, Sergey N. Shvachko⁴

¹ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

²⁻⁴ Bryansk State University of Engineering and Technology, Bryansk, Russia

¹ olegch62@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9396-1246>

² mr.lukasch@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5675-6304>

³ razrezovkirill@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0003-6676-2219>

⁴ sshvachko@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0002-7670-1527>

Abstract. The article is devoted to improving the technology of manufacturing high-quality furniture with relief on the front surface in a more efficient way. The subject of the study is the conditions for obtaining a relief surface (volumetric profile pattern) on the front surface of furniture facades. The purpose of the research is to develop a less labor-intensive method for manufacturing volumetric profile facades of cabinet furniture made of chipboard. The methodological basis is the methods of analyzing the physical, mechanical and operational characteristics of wood products. A new method of manufacturing lined furniture panels with a surface relief is proposed. According to this method, the formation of a volumetric profile relief is carried out using a curly lining, which is installed between the base board and the cladding material before cladding. The technical result is a reduction in the complexity of manufacturing facades of cabinet furniture with a three-dimensional pattern on the front surface by combining the operations of cladding and gluing the figured lining. It is also shown that the use of this method reduces the cost of production by replacing MDF with less expensive DStP. Various manufacturing options for the inner curly lining and various materials have been developed and tested in production conditions. It is shown that the manufacture of high-quality furniture with relief on the front surface in a less laborious way provides the opportunity to reduce the cost of production by replacing a more expensive fiberboard MDF worth 340 rubles per 1 m² with a less expensive chipboard 340 rubles per 1 m² for a less expensive particle board worth 210 rubles per 1 m².

Keywords: furniture, facade, relief, gluing, technology, cladding

For citation: Improving the technology of cabinet furniture with volumetric profile facades / O. N. Chernyshev, A. A. Lukash, K. V. Razrezov, S. N. Shvachko // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 109–114.

Введение

Процессы деформирующей обработки древесины и древесных материалов исследовали многие ученые (Ветошкин и др., 2015; Кирилина и др., 2016; Чубинский, Сергеевичев, 2007; Лукаш, 2002; и др.). Известно, что древесина и древесные материалы из-за пористого строения обладают возможностью деформироваться под действием давления и температуры, а затем сохранять остаточные деформации после снятия нагрузки. Это свойство древесины было использовано для формирования объемного профиля на лицевой поверхности

(Лукаш, 2002; Лукаш и др., 2010; Импортзамещение..., 2024).

При производстве современной корпусной мебели предприятия применяют зарубежные технологии и оборудование: фрезеруют объемный профиль на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), а затем облицовывают в мембранном прессе термопластичными пленками из ПВХ (Лукаш, 2020).

В качестве основы мебельных фасадов используют древесноволокнистую плиту средней плотности (MDF).

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью исследований является совершенствование технологии изготовления фасадов корпусной мебели с объемным профилем на лицевой поверхности. Задача исследований – разработка эффективного способа формирования объемного профильного рисунка лицевой поверхности мебельных фасадов.

Методика исследований – анализ способов формирования структуры фасадов корпусной мебели и древесных материалов.

Результаты и их обсуждение

Известны различные способы декоративной отделки лицевой поверхности деталей из древесины и древесных материалов. Наиболее распространены следующие способы: резьба, фрезе-

рование на станках с ЧПУ, лазерная гравировка и деформирующая обработка – тиснение (рис. 1).

Применение ручной резьбы (рис. 1, *а*) требует участия в обработке высококвалифицированных рабочих. Для фрезерования рельефа (рис. 1, *б*) на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) и лазерным гравированием (рис. 1, *в*) необходимо дорогостоящее импортное оборудование, применение которого может быть ограничено из-за санкционного давления со стороны промышленно развитых стран Запада.

Способ формирования объемного профиля деформирующей обработкой (тиснением) (рис. 1, *г*) может осуществляться на отечественном прессовом оборудовании. В исследованиях (Импортозамещение..., 2024) предложен новый способ изготовления фасадов корпусной мебели с использованием отечественных прессов (рис. 2).



а



б



в



г

Рис. 1. Способы декоративной обработки деталей из древесины:
а – резьба; *б* – обработка на станках с ЧПУ; *в* – лазерное гравирование;
г – деформирующая обработка (тиснение)

Fig. 1. Methods of decorative processing of wood parts:
а – carving; *б* – processing on CNC machines; *в* – laser engraving;
г – deforming processing (embossing)



Рис. 2. Поверхностный рельеф мебельных фасадов
Fig. 2. Surface front relief of furniture facades

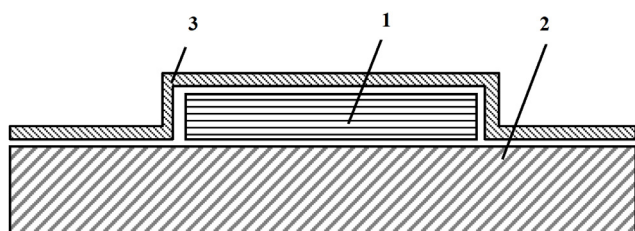


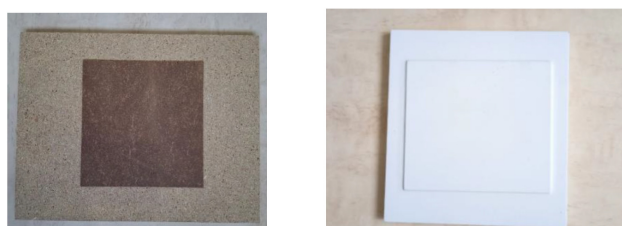
Рис. 3. Получение поверхностного рельефа с помощью фигурной накладки
Fig. 3. A method for obtaining a surface relief using a curly overlay

Однако это требует замены жестких пресс-форм при переходе на другие рисунки. Поэтому авторами разработан новый способ изготовления облицованного щита с поверхностным рельефом, который заключается в использовании фигурной накладки для создания рельефа. Сущность способа: в облицованном щите с поверхностным рельефом, содержащим жестко соединенные щит-основу, фигурную накладку и облицовочный материал, фигурную накладку перед облицовыванием устанавливают между щитом-основой и облицовочным материалом.

На рис. 3 показана схема, поясняющая сущность данного способа.

Фигурная накладка может изготавливаться из ДВП (рис. 4), лущеного шпона (рис. 5, рис. 6).

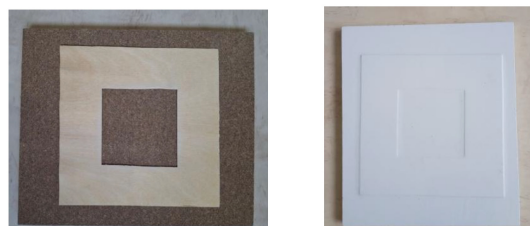
Возможны и другие варианты изготовления фигурной накладки в виде рамки, фигурок животных (рис. 7).



a

б

Рис. 4. Щит с фигурной накладкой из ДВП:
a – до облицовывания; *б* – после облицовывания
Fig. 4. A shield with a curly fiberboard overlay:
a – before cladding; *б* – after cladding



a

б

Рис. 5. Щит с фигурной накладкой из лущеного шпона:
a – до облицовывания; *б* – после облицовывания
Fig. 5. A shield with a figured overlay of peeled veneer:
a – before facing; *б* – after facing



a

б

Рис. 6. Щит двойной с фигурной накладкой из лущеного шпона и ДВП:
a – до облицовывания; *б* – после облицовывания
Fig. 6. Double shield with a curly overlay of peeled veneer and fiberboard:
a – before facing; *б* – after facing



a

б

Рис. 7. Варианты изготовления фигурной накладки в виде рамки (*a*), фигурок животных (*б*)
Fig. 7. Options for making a curly lining in the form of a frame (*a*), animal figures (*б*)

Создание рельефной поверхности древесных материалов осуществляется следующим образом (см. рис. 3). Фигурную накладку 1 предварительно изготавливают из любого известного древесного материала. Форма и размеры фигурной накладки определяют поверхностный рельеф щита-основы после облицовывания. Затем наносят клей на поверхность фигурной накладки 1 и облицовываемую поверхность щита-основы 2. После этого на щит-основу 2 последовательно укладывают фигурную накладку 1 и облицовочный материал 3 из термомоластичной ПВХ-пленки и прессуют в мембранно-вакуумном прессе. Режим облицовывания: температура – 115–120 °С; давление – 0,5 МПа; продолжительность выдержки в прессе – 1,5 мин. В результате температуры и давления фигурная накладка 1, щит-основа 2 и облицовочный материал 3 склеиваются с образованием поверхностного рельефа.

Применение данного способа позволяет обеспечить снижение себестоимости продукции при замене более дорогой древесноволокнистой плиты МДФ стоимостью 340 руб. за 1 м² на менее дорогую древесностружечную плиту стоимостью 210 руб. за 1 м².

Выводы

1. Предложен новый способ изготовления облицованных мебельных щитов с поверхностным рельефом. Согласно данному способу формирование объемно-профильного рельефа осуществляется при помощи фигурной накладки, которую перед облицовыванием устанавливают между щитом-основой и облицовочным материалом. Результатом применения способа является снижение трудоемкости изготовления фасадов корпусной мебели с объемным рисунком на лицевой поверхности за счет совмещения операций облицовывания и приклеивания фигурной накладки.

2. Разработаны и апробированы в производственных условиях различные варианты изготовления внутренней фигурной накладки и различных древесных материалов.

3. Применение данного способа обеспечивает снижение себестоимости продукции за счет замены МДФ на менее дорогую ДСтП. Показано, что изготовление высококачественной мебели с рельефом на лицевой поверхности менее трудоемким способом обеспечивает возможность снижения себестоимости продукции за счет замены более дорогой древесноволокнистой плиты МДФ стоимостью 340 руб. за 1 м² на менее дорогую древесностружечную плиту стоимостью 210 руб. за 1 м².

Список источников

- Ветошкин Ю. И., Золкин А. П., Кирилина А. В. О механизме упруговязкопластического деформирования клеток древесины // Математическое моделирование механических явлений : матер. Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург : УГТУ, 2015. С. 69–72.
- Импортозамещение: закономерности формирования поверхностного рельефа мебельных щитов с использованием отечественного прессового оборудования / О. Н. Чернышев, А. А. Лукаш, С. Н. Швачко, К. В. Разрезов // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 193–200.
- Кирилина А. В., Ветошкин Ю. И., Золкин А. П. Декорирование деталей мебели тиснением путем холодного прессования // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XII Всерос. науч.-техн. конф. студ. и аспирантов и конкурса по программе «Умник». Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. Ч. 1. С. 51–53.
- Лукаш А. А. Основы конструирования изделий из древесины. Дизайн корпусной мебели : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2020. 137 с.
- Лукаш А. А. Технология получения фанеры с рельефной поверхностью из кускового шпона // Деревообрабатывающая промышленность. 2002. № 2. С. 18–19.
- Лукаш А. А., Данилкина Ю. В., Пикашов Н. Н. Фасады для корпусной мебели с цветным рельефным рисунком на лицевой поверхности // Деревообрабатывающая промышленность. 2010. № 4. С. 10–12.

Чубинский А. Н., Сергеевичев В. В. Моделирование процессов склеивания древесных материалов : монография. СПб. : Герда, 2007. 176 с.

References

- Chubinsky A. N., Sergeevichev V. V.* Modeling of the processes of gluing wood materials: monograph. St. Petersburg : Izdat. Gerd's house, 2007. 176 p.
- Import substitution: patterns of formation of the surface relief of furniture panels using domestic pressing equipment / *O. N. Chernyshev, A. A. Lukash, S. N. Shvachko, K. V. Razrezov* // *Forests of Russia and their economy*. 2024. № 1 (88). P. 193–200. (In Russ.)
- Kirilina A. V., Vetoshkin Yu. I., Zolkin A. P.* Decoration of furniture details embossing by cold pressing // *Scientific creativity of youth – the forestry complex of Russia : Materials of the XII All-Russian Scientific and Technical Conference of students and postgraduates and the competition under the program “Smart Guy”*. Yekaterinburg : UGLTU, 2016. Part 1. P. 51–53. (In Russ.)
- Lukash A. A.* Fundamentals of designing wood products. Design of cabinet furniture : textbook. St. Petersburg : Lan, 2020. 137 p.
- Lukash A. A.* Technology of obtaining plywood with a relief surface from lump veneer // *Woodworking industry*. 2002. № 2. P. 18–19. (In Russ.)
- Lukash A. A., Danilkina Yu. V., Pikashov N. N.* Facades for cabinet furniture with a color relief pattern on the front surface // *Woodworking industry*. 2010. № 4. P. 10–12.
- Vetoshkin Yu. I., Zolkin A. P., Kirilina A. V.* On the mechanism of elastic-visco-plastic deformation of wood cells // *Mathematical modeling of mechanical phenomena : Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference – Yekaterinburg* : UGSU, 2015. P. 69–72. (In Russ.)

Информация об авторах

- О. Н. Чернышев* – кандидат технических наук, доцент;
А. А. Лукаш – доктор технических наук, профессор;
К. В. Разрезов – аспирант;
С. Н. Швачко – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

- O. N. Chernyshev* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. A. Lukash – Doctor of Technical Sciences, Professor;
K. V. Razrezov – postgraduate student;
S. N. Shvachko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 29.09.2024; принята к публикации 16.11.2024.
The article was submitted 29.09.2024; accepted for publication 16.11.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 115–124.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 115–124.

Научная статья

УДК 662.638/712.4

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.013

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МУЛЬЧИ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК НА ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сергей Николаевич Долматов¹, Анастасия Александровна Соболева²

^{1,2} Сибирский государственный университет науки и технологий
им. академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

¹ pipinaskus@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9297-3699>

² ansob_1209@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-7756-1793>

Аннотация. Совершенствование технологий садово-паркового хозяйства является важной задачей, решение которой позволяет снизить издержки и повысить эффективность проведения работ по благоустройству и озеленению городских урбанизированных территорий. Особенности Восточной Сибири являются достаточно суровые климатические условия, резко ограничивающие продолжительность вегетационного сезона, характеризующиеся не только низкими температурами, но и наличием их резких перепадов в виде ночных заморозков. Мероприятия, направленные на стабилизацию температурного баланса почвы, весьма полезны и позволяют увеличить сезон активной деятельности по озеленению и облагораживанию территорий. В работе исследовано влияние мульчирования почвы слоем древесных опилок на показатели температуры почвы в случае понижения температуры до -3°C (имитация ночных заморозков). Имитировался режим нестационарного теплообмена с периодическим обогревом (режим солнечной активности днем) на основе применения методов твердотельного имитационного моделирования в пакете программ Elcut. По результатам моделирования процесса охлаждения почвы видно, что наличие мульчирующего слоя древесных опилок замедляет темпы снижения температуры. Установлено, что даже минимальная толщина слоя опилок в 0,5 см не дает снизиться температуре почвы ниже критической величины $+3^{\circ}\text{C}$ за 10 ч. Получена зависимость температуры почвы от толщины слоя мульчи из древесных опилок. Полученные данные позволяют повысить эффективность работ по озеленению территорий, могут быть использованы для обоснования мероприятий по улучшению всхожести и приживаемости растений в условиях возможного возникновения понижения температур в виде заморозков.

Ключевые слова: древесные опилки, мульча, температура, садово-парковое хозяйство, моделирование

Для цитирования: Долматов С. Н., Соболева А. А. Исследование влияния мульчи древесных опилок на тепловой режим почвы методами имитационного моделирования // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 115–124.

Original article

STUDY OF THE INFLUENCE OF WOOD SAWDUST MULCH ON THE THERMAL REGIME OF SOILS BY METHODS OF SIMULATION MODELING

Sergey N. Dolmatov¹, Anastasia A. Soboleva²

^{1,2} Siberian State University of Science and Technology named after Academician M. F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russia

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

¹ pipinaskus@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9297-3699>

² ansob_1209@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-7756-1793>

Abstract. Improving technologies of gardening and park management is an important task, the solution of which allows to increase efficiency carrying out works, and reduce costs for improvement and greening of urban urbanized territories. The peculiarities of Eastern Siberia are rather severe climatic conditions, sharply limiting the duration of the growing season, characterized not only by low temperatures, but also by their sharp changes in the form of night frosts. Activities aimed at stabilizing the temperature balance of the soil are very useful and allow to increase the season of active activities on greening and improvement of territories. The paper studies the effect of soil mulching with a layer of sawdust on soil temperature indicators in case of a temperature drop to -3°C (imitation of night frosts). The mode of non-stationary teleexchange with periodic heating (the mode of solar activity during the day) was simulated. Based on the use of solid-state simulation methods in the Elcut software package. The results of modeling the soil cooling process show that the presence of a mulching layer of sawdust slows down the rate of temperature decrease. It was found that even a minimum thickness of a sawdust layer of 0,5 cm does not allow the soil temperature to decrease below the critical value of $+3^{\circ}\text{C}$ in 10 hours. The dependence of the soil temperature on the thickness of the sawdust mulch layer was obtained. The obtained data allow increasing the efficiency of landscaping work, and can be used to justify measures to improve the germination and survival rate of plants in conditions of possible temperature decrease in the form of frost.

Keywords: sawdust, mulch, temperature, gardening, modeling

For citation: Dolmatov S. N., Soboleva A. A. Study of the influence of wood sawdust mulch on the thermal regime of soils by methods of simulation modeling // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 115–124.

Введение

Садово-парковое городское хозяйство – важная составляющая благоустройства урбанизированных территорий. Это комплекс мероприятий, оборудования и технологий, которые направлены на организацию проектирования, строительства, агротехники, озеленение парков и скверов города. Озеленение городских территорий имеет важное значение для комфортного проживания населения. Зеленые насаждения формируют облик и эстетику территорий, способствуют благоприятному влиянию на психо-

эмоциональное состояние жителей, выполняют рекреационную функцию и очищают воздух от загрязнений, образованных большим количеством выбросов в атмосферу. Главным принципом, в соответствии с которым формируются правила охраны окружающей среды, является главенствование постулата о сохранности ненарушенных естественных природных комплексов, ландшафтов и экосистем. Экосистемное значение насаждений и лесов обеспечивает уровень качества окружающей среды (Устойчивое развитие..., 2024).

Озеленению городов уделяют серьезное внимание, для этого заранее разрабатывается план мероприятий по озеленению, определяются и резервируются необходимые силы и средства.

Озеленение улиц населенных пунктов и автомобильных дорог можно разделить на два основных вида – это декоративное и защитное озеленение. Снегозадерживающее, шумопылезащитное, противозрозийное – это защитный тип озеленения. Декоративное озеленение – это цветочные клумбы, грядки и газоны, выполненные в определенном стиле и цветовых решениях. Задача акцентированных посадок – привлечение внимания к особо значимым или, например в случае автомобильных дорог, опасным участкам и объектам. Часто используется смешанный тип, т. е. сочетание регулярных и ландшафтно-групповых посадок растений (К озеленению улиц..., 2021).

Например, в г. Красноярске ведется активная деятельность в области садово-паркового хозяйства, развивается культура придомовых зеленых зон, продолжается работа по высадке крупномеров, на осень 2024 г. планируется в семи районах города высадить 5 103 шт. саженцев деревьев (Администрация города Красноярска..., 2024). Помимо саженцев деревьев, высаживается огромное количество травянистых декоративных растений. На процесс озеленения влияет ряд факторов, к которым можно отнести погодные условия, качество посадочного материала, наличие и качество субстратов, удобрений и т.д. При правильном соблюдении и учете всех факторов, которые зависят от исполнителя, качество озеленения напрямую зависит от погодных условий. В Сибири преобладают холодные климатические условия. Этот фактор негативно влияет на выращивание и уход за насаждениями.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью работы является исследование теплового режима почвы в условиях заморозков при ее мульчировании древесными опилками.

Для достижения цели исследования предстоит решить следующие задачи:

1) в САД-приложении выполнить физическую модель объекта исследования;

2) в САЕ-приложении провести имитационное моделирование процесса нестационарного теплообмена почвы и окружающей среды.

Объектом исследования является влияние наличия слоя мульчи из опилок на тепловые показатели почвы при условии действия весенних или осенних заморозков. Методы исследования основаны на имитационном эксперименте, применении технологий твердотельного моделирования.

Суровые климатические условия Восточной Сибири создают ряд специфических технологических приемов, используемых в садово-парковом хозяйстве. Для решения задачи утепления почвы активно применяют древесные отходы, а именно опилки. Опилки в качестве утеплителя обладают рядом качеств, положительно влияющих на рост и развитие растений. Основными достоинствами применения такого утеплителя являются: способность опилок задерживать влагу, что позволяет снизить затраты на частоту полива, создание защитного слоя, предотвращающего влияние внешних температур на растения. Применение опилок позволит улучшить экологическую обстановку в деревоперерабатывающей промышленности и сократит количество древесных отходов, которые негативно влияют на окружающую среду (Абрамов и др., 2023).

В качестве объекта моделирования была принята цветочная клумба. Клумбы бывают различной формы, размеров и назначения. Наиболее часто применяемые при озеленении городов – это традиционные клумбы, находящиеся на уровне земли, и высокие, огороженные различным материалами (Justification..., 2024). Принято условие, согласно которому в подготовленную почву клумбы на глубину 5 см были высажены семена декоративных растений. Затем на протяжении нескольких дней наступил период ночных заморозков. В одном из вариантов почва клумбы была покрыта слоем древесных опилок, в другом опилок не было.

Применение лигноцеллюлозных отходов, в том числе опилок, для улучшения показателей почв имеет достаточно глубокие исторические корни. Известен опыт применения опилок при рекультивации шламохранилищ (Левит, 1989). Наличие

целого перечня химических элементов в составе лигноцеллюлозных отходов приводит как к позитивному, так и к негативному влиянию на показатели развития растений. Салициловая, бензойная, кумаровая кислоты, содержащиеся в составе опилок и являющиеся продуктом разложения лигнина, замедляют рост растений. Фенолкарбоновая кислота, также имеющаяся в составе древесины, негативно влияет на темпы развития и прорастания семян (Орлов и др., 1993).

Древесные опилки, являясь низкоплотным пористым материалом, хорошо мульчируют почву. Однако древесина как материал, содержащий лигнин и целлюлозу, имеет свойство интенсивно поглощать из почвы минеральные вещества, оказывая определенное негативное воздействие. Поэтому еще более эффективным способом утепления может быть отсыпка низкоплотными компонентами, приготовленными на основе опилок (Белоужец, Третьяков, 2020).

Результаты и их обсуждение

Для достижения цели в работе применялись САД-программа «Компас3D» и САЕ-пакет Elcut, предназначенный для инженерных расчетов и моделирования методом конечных элементов. При реализации современных технологий проектирования и моделирования с применением метода конечных элементов (Зенкевич, 1975; Bendsoe, Sigmund, 2003) разработчик начинает свою работу с конечно-элементной модели объекта, в которую он помещает требуемые, на его взгляд, силовые элементы, закрепления, слои многослойных конструкций, тепловые и другие физические явления и условия, необходимые для того, чтобы полученное изделие выполняло определенные заложенные функции.

В программе «Компас3D» создавалась модель рассматриваемого объекта в двух вариантах. Первый вариант – клумба с верхним слоем опилок в 50 мм и почвой 300 мм, второй – клумба с почвой без утепления (рис. 1).

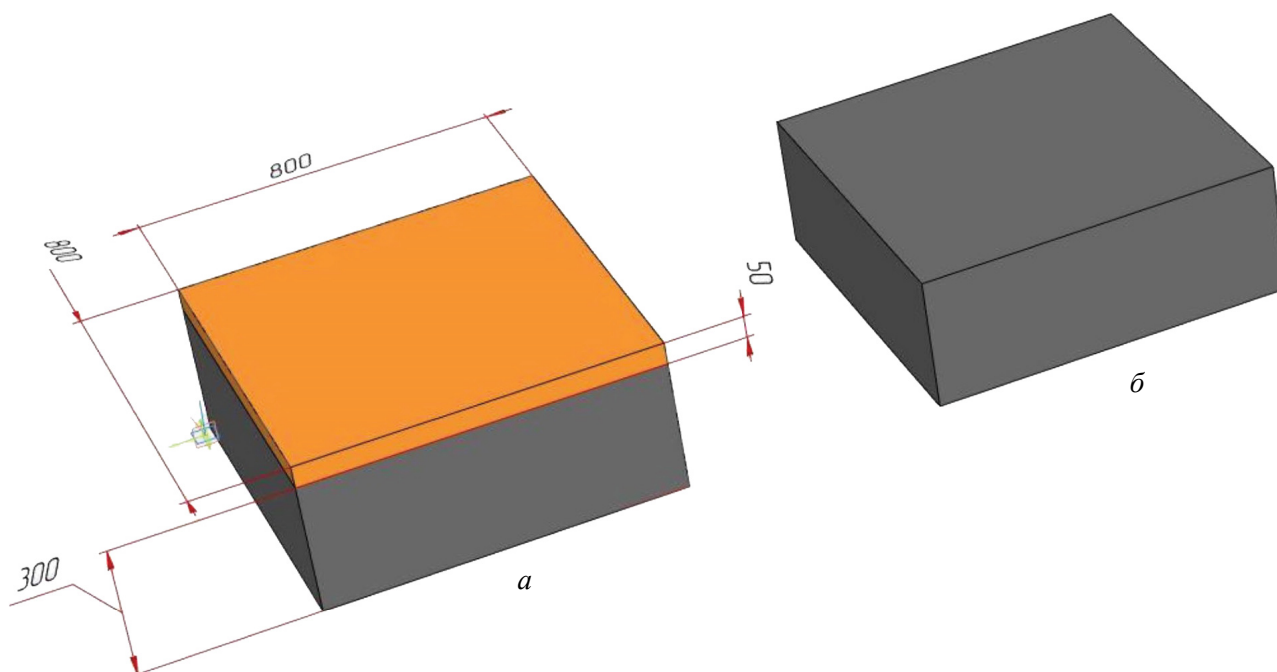


Рис. 1. Рассматриваемые варианты:

a – клумба со слоем утеплителя в виде слоя опилок 50 мм, почвы 300 мм;

б – вариант (почва без утепления опилками)

Fig. 1. Options under consideration:

a – a flowerbed with a layer of insulation in the form of a layer of sawdust 50 mm, soil 300 mm;

б – option (soil without insulation with sawdust)

В Elcut моделировалась задача теплопереноса в нестационарном режиме. Каждому элементу модели задавались определенные свойства: теплоемкость почвы – 0,4 кДж/(кг·К), теплопроводность – 0,814 Вт/(м·°С), плотность (1900 кг/м³). Для опилок принятая теплоемкость составила 0,08 кДж/(кг·К), теплопроводность – 0,065 Вт/(м·°С), плотность – 220 кг/м³ (Шокина и др., 2015). Боковые поверхности клумбы в расчетах не учитывались, поскольку размеры объекта могут варьироваться в широких пределах и цель работы – исследовать влияние мульчирования опилками. А боковые поверхности в обоих вариантах тождественны.

Для моделирования теплопереноса в нестационарном режиме в программе Elcut задействовалась функция *impulse*. Интервал наблюдений составил трое суток, или 259 200 с. Шаг наблюдения и контрольных срезов был принят в 1 ч, или 3 600 с. Первоначальная температура почвы задана как +15 °С. Теплообмен в режиме «конвекция». Функция вида:

$$K = 24,2(\text{impulse}(t/3600, 24, 24 + 16)) + \\ + 24,2(\text{impulse}(t/3600, 48, 48 + 16)) + \\ + 24,2(\text{impulse}(t/3600, 72, 72 + 16)).$$

То есть имитировались условия нагрева поверхности почвы солнечным светом с расчетной интенсивностью $\alpha_{si} = 24,2$ Вт/(м²·°С) на протяжении 16 ч в сутки. В дальнейшем генерация тепловой энергии прекращалась. Это имитировало нагрев почвы солнечным светом в дневное время. Температура наружного воздуха принималась –3 °С (для имитирования заморозков). Сохранение температуры ниже –3 °С в течение даже нескольких часов наносит непоправимый ущерб растениям. Повреждение низкими температурами семян и точек роста чаще всего приводит к гибели растения. Точка роста молодых растений после стадии семян особенно уязвима. Тип почвы, влажность, глубина посева, помимо температуры воздуха, также оказывают влияние на степень воздействия заморозков (Rittler, Vukova, 2022).

Обоснование интенсивности нагрева почвы вызывает некоторые затруднения. Мы основывались на следующих соображениях. В работе М. И. Будыко (1956) для Екатеринбурга в мае ин-

тенсивность нагрева почвы солнечным светом обоснована как величина 6 ккал/см² в месяц. Красноярск находится существенно севернее, поэтому принимаем интенсивность нагрева, как в Екатеринбурге в апреле, т. е. 4 ккал/см², или 40 000 ккал на 1 м². Соответственно, для месяца в 30 дней имеем 333 ккал на 1 м² в сутки, или (при длительности светового дня в мае 16 ч) 21 ккал на 1 м². Переведем килокалории в ватты исходя из соотношения 1 ккал·ч = 1,163 В, или 1,163·21 = 24,2 Вт/(м²·°С).

Методика имитационного эксперимента в Elcut аналогична работам, где ранее применялась эта система для расчетов тепловых явлений (Долматов, Колесников 2021; Долматов, 2023). В результате работы программы Elcut мы получили картину тепловых полей, представленных в виде видеоролика, где через каждый час показаны изотермы нагрева или охлаждения слоев почвы. На рис. 2 приведена динамика изменений температуры почвы за 10 ч ее охлаждения. На рис. 3 показан график изменения температуры почвы по ее сечению через 10 ч. Интервал в 10 ч обусловлен снижением температуры почвы за счет охлаждения в ночное время, т. е. в период отсутствия солнечной инсоляции.

По результатам моделирования процесса охлаждения почвы видно, что наличие мульчирующего слоя древесных опилок замедляет темпы снижения температуры почвы. Процесс охлаждения почвы в клумбе без утепления происходит быстрее, а также температуры внутри почвы без ее утепления ниже.

По данным исследований (Горышина, 1979), считается, что пороговая температура, допускающая проведение весенних посадочных работ, составляет для растений умеренных широт от +5 °С. Для начала роста корней растений требуется, чтобы почва прогрелась не менее чем до 4–5 °С. Причем наиболее интенсивно корни растут и развиваются при температуре от 7 до 20 °С (Черепяхин и др., 1991). Существует устойчивая региональная привязанность типов семян и температур начала их развития. Семена северных растений успешно развиваются при температурах от 5 до 25 °С, тогда как южные растения требуют +15 °С и допускают до +35 °С в условиях изменения температуры окружающей среды (Николаева, 1999).

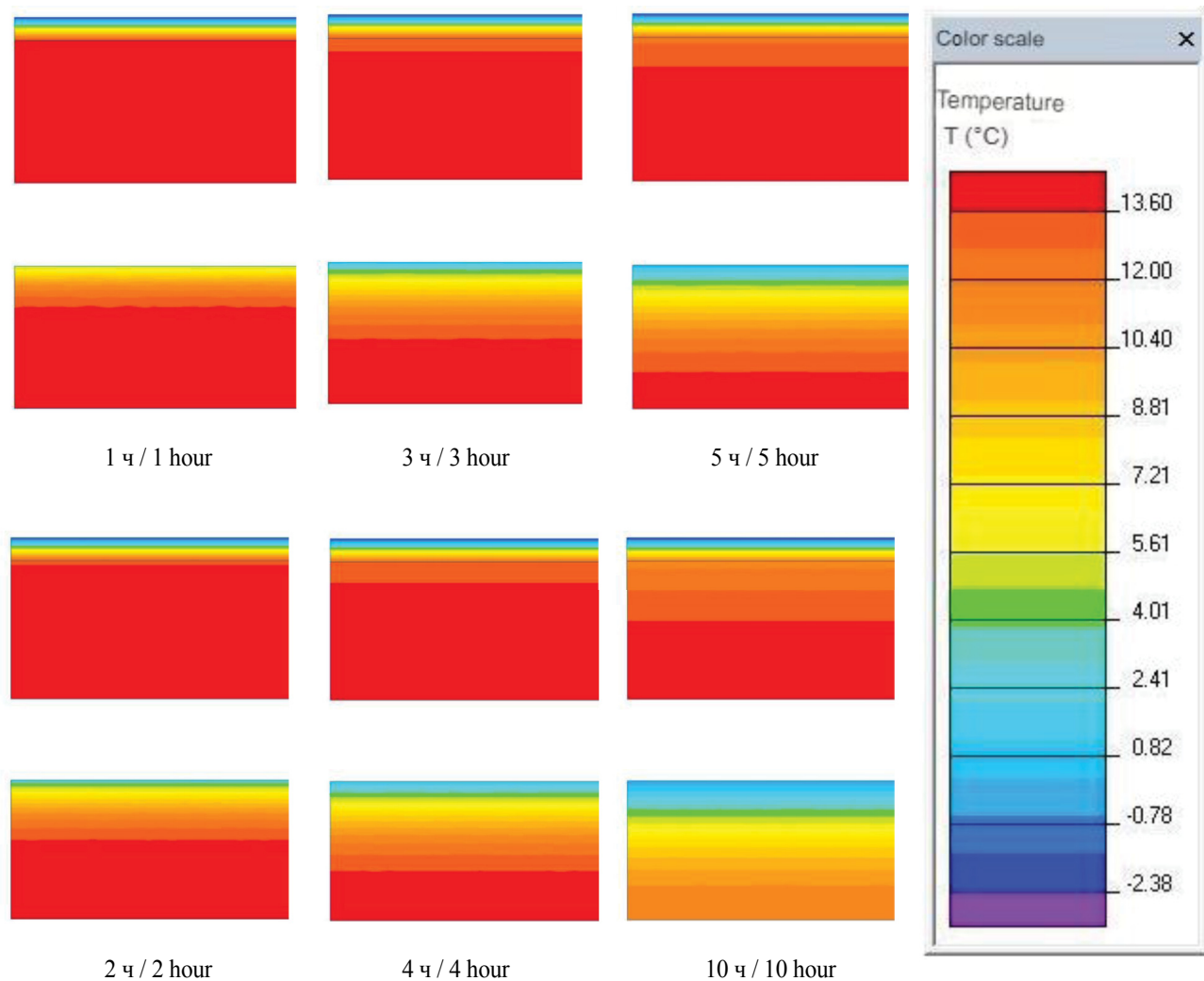


Рис. 2. Изотермы температур в пакете Elcut
(верхний рисунок – утепленный грунт, нижний – без утепления)
Fig. 2. Temperature isotherms in the Elcut package
(the upper figure is insulated soil, the lower one is without insulation)

Из графиков видно, что после 10 ч имитационного эксперимента температура поверхности клумбы без утепления равна 0 °С. Критическая температура почвы, замедляющая или приостанавливающая развитие растений (принята +5 °С) для клумбы без утепления опилками достигнет глубины 80 мм. Непосредственно под слоем опилок утепленной клумбы температура почвы составит +11,5 °С.

Для оценки влияния толщины слоя утеплителя из древесных опилок был проведен второй имитационный эксперимент. Варьировалась толщина

слоя опилок от 0,5 до 5 см. В качестве оценочного параметра была принята температура на глубине 2 см. Глубина 2 см соответствует параметрам посадки семян большинства декоративных растений, используемых для клумб. Результат представлен в виде графика на рис. 4.

Из графика видно, что даже минимальная толщина слоя опилок в 0,5 см не дает снизиться температуре почвы ниже критической величины +3 °С. Столь незначительный слой опилок не окажет сколько-нибудь значимого влияния на химический состав почвы или на темпы развития растений.

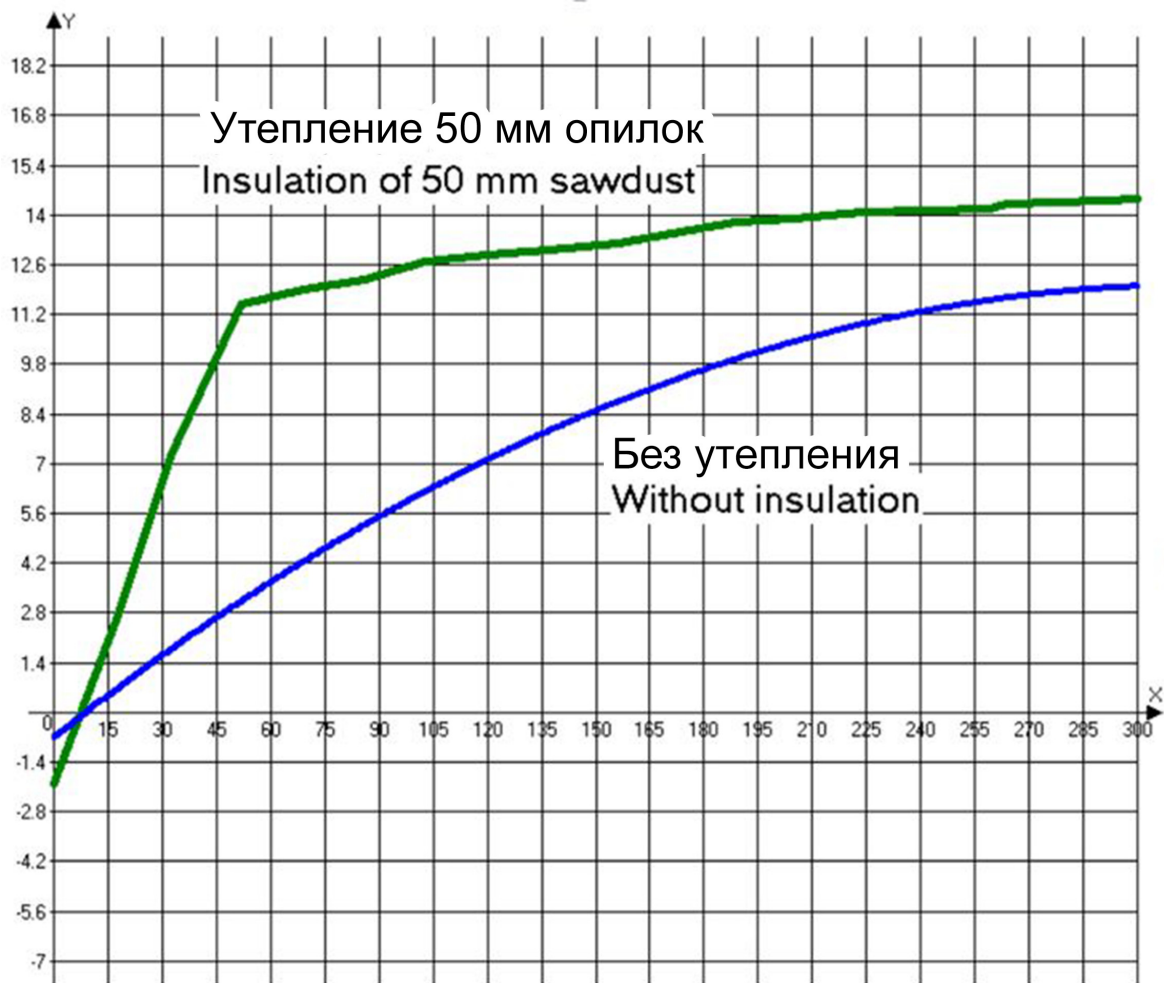


Рис. 3. График распределения температур по толщине слоя грунта (через 10 ч)
Fig. 3. Graph of temperature distribution over the thickness of the soil layer (after 10 hours)

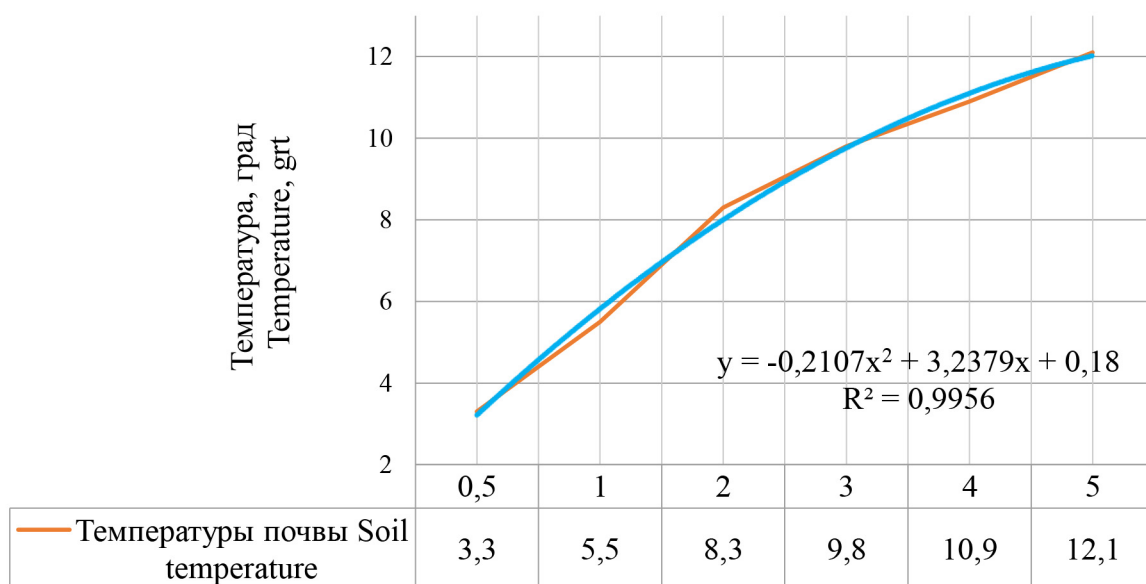


Рис. 4. Температура на глубине 2 см в зависимости от толщины слоя опилок (через 10 ч)
Fig. 4. Temperature at a depth of 2 cm depending on the thickness of the sawdust layer (after 10 hours)

Выводы

Границы вегетационного сезона определяются длительностью теплого безморозного периода, а также вероятностью и частотой возникновения заморозков, которые бывают весенними и осенними. Для условий Восточной Сибири сезон активной деятельности по озеленению и облагораживанию территорий, оформлению клумб, террас, посеву семян достаточно короток и мероприятия, позволяющие улучшить температурный баланс почвы, опреде-

ленно полезны. Мульчирование и утепление почвы слоем древесных опилок позволяет существенно снизить риск повреждения растений заморозками. Использование методов твердотельного и имитационного моделирования в инженерных пакетах программ позволяет определить температурные показатели почвы в условиях явлений нестационарного теплопереноса, обусловленного величинами изменения температур, а также наличием условий (как нагрева, так и охлаждения).

Список источников

- Абрамов Н. А. Михайлов И. Р., Долматов С. Н. Сравнительный анализ технологий переработки низкокачественной древесины // Леса России : политика, промышленность, наука, образование : матер. VIII Всерос. науч.-техн. конф., Санкт-Петербург, 24–26 мая 2023 года. СПб. : СПб. гос. лесотехн. ун-т им. С. М. Кирова, 2023. С. 688–690.
- Администрация города Красноярск : [официальный сайт]. URL: <https://www.admkrsk.ru/citytoday/municipal/ozelenenie/Pages/planozelenenia-2024.as> (дата обращения: 20.09.24).
- Беловежец Л. А., Третьяков А. В. Агрохимические показатели компоста на основе древесных опилок // Химия в интересах устойчивого развития. 2020. Т. 28, № 2. С. 124–130. DOI: 10.15372/KhUR2020210
- Будыко М. И. Тепловой баланс земной поверхности. Л. : Гидрометеоиздат, 1956. 255 с.
- Горышина Т. К. Экология растений : учеб. пособие. М. : Высш. школа, 1979. 296 с.
- Долматов С. Н. Анализ теплозащитных показателей ограждающих конструкций объектов малоэтажного домостроения лесных и сельских районов в условиях периодической генерации тепловой энергии // Системы. Методы. Технологии. 2023. № 4 (60). С. 181–188. DOI: 10.18324/2077-5415-2023-4-181-188
- Долматов С. Н. Перспективы применения компоста из древесных опилок // Аграрный научный журнал. 2016. № 3. С. 49–51.
- Долматов С. Н., Колесников П. Г. Исследование тепловой эффективности ограждающих конструкций из древесно-цементных композитов // Хвойные бореальной зоны. 2021. Т. 39, № 4. С. 294–299.
- Зенкевич О. К. Метод конечных элементов в технике. М. : Мир, 1975. 542 с.
- К озеленению улиц муниципальных образований Красноярского края: методологический подход / Е. А. Селенина, О. А. Зырянова, Е. В. Авдеева [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2021. Т. 39, № 5. С. 378–384.
- Левит С. Я. Применение древесных опилок в качестве субстратулучшающего материала при рекультивации шламохранилищ. Свердловск, 1989. С. 75–80.
- Мишичев А. И., Мартынова А. Е. Решение задач теплопроводности методом конечных элементов в САЕ-системе Elcut. Астрахань : АГТУ, 2001. 39 с.
- Николаева М. Г. Особенности прорастания семян в зависимости от филогенетического положения растений и эколого-географических условий их обитания // Физиология растений. 1999. Т. 46, № 3. С. 432–437.
- Орлов Д. С., Амосова Я. М., Якименко О. С. Агрэкологические аспекты использования нетрадиционных органических удобрений на основе гидролизного лигнина // Почвоведение. 1993. № 2. С. 36–44.
- Устойчивое развитие городов, экологические функции и экосистемные услуги природных компонентов в условиях городской среды / Е. В. Авдеева, К. В. Черникова, А. И. Рудо, Ю. В. Кишкан // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. 42, № 3. С. 56–64. DOI 10.53374/1993-0135-2024-3-56-64

- Черепяхин В. И., Бабук В. И., Карпенчук Г. К.* Плодоводство. М. : Агропромиздат, 1991. 271 с.
- Шокина Ю. В., Власов А. Б., Шокин Г. О.* Метод определения теплофизических характеристик слоя сыпучих сред с элементами импульсного теплового контроля // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 1 (63). С. 63–69.
- Bendsoe M. P., Sigmund O.* Topology optimization : theory, methods and applications. Berlin : Springer-Verlag, 2003. 320 p.
- Justification of the choice of wall material for low-rise construction / *S. Dolmatov, A. Soboleva, S. Voinash* [et al.] // E3s web of conferences : X International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), Termez, Uzbekistan, April 29–30, 2024. Les Ulis : EDP Sciences, 2024. P. 06004. DOI: 10.1051/e3sconf/202454806004
- Rittler L., Bykova O.* The timing of soybean sowing. Legumes Translated Practice Note 44. 2022. Donau Soja. URL: www.legumestranslated.eu (дата обращения: 20.09.2024).

References

- Abramov N. A., Mikhailov I. R., Dolmatov S. N.* Comparative analysis of low-quality wood processing technologies // Forests of Russia: politics, industry, science, education : Materials of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference, St. Petersburg, May 24–26, 2023. St. Petersburg : St. Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov, 2023. P. 688–690. (In Russ.)
- Belovezhets L. A., Tretyakov A. V.* Agrochemical indicators of compost based on sawdust // Chemistry in the interests of sustainable development. 2020. Vol. 28, № 2. P. 124–130. DOI 10.15372/KhUR2020210 (In Russ.)
- Bendsoe M. P., Sigmund O.* Topology optimization : theory, methods and applications. Berlin : Springer-Verlag, 2003. 320 p.
- Budyko M. I.* Thermal balance of the Earth's surface. Leningrad : Hydrometeorological Publishing House, 1956. 255 p.
- Cherepakhin V. I., Babuk V. I., Karpenchuk G. K.* Fruit growing. Moscow : Agropromizdat, 1991. 271 p.
- Dolmatov S. N.* Analysis of heat-protective indicators of enclosing structures of low-rise housing construction in forest and rural areas in conditions of periodic generation of thermal energy // Systems. Methods. Technologies. 2023. № 4 (60). P. 181–188. DOI 10.18324/2077-5415-2023-4-181-188 (In Russ.)
- Dolmatov S. N., Kolesnikov P. G.* Investigation of thermal efficiency of enclosing structures made of wood-cement composites // Coniferous boreal zones. 2021. Vol. 39, № 4. P. 294–299. (In Russ.)
- Dolmatov S. N.* Prospects for the use of compost from sawdust // Agrarian Scientific Journal. 2016. № 3. P. 49–51. (In Russ.)
- Goryshina T. K.* Plant ecology : A textbook. Moscow : Higher school, 1979. 296 p.
- Justification of the choice of wall material for low-rise construction / *S. Dolmatov, A. Soboleva, S. Voinash* [et al.] // E3s web of conferences : X International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), Termez, Uzbekistan, April 29–30, 2024. Les Ulis : EDP Sciences, 2024. P. 06004. DOI: 10.1051/e3sconf/202454806004
- Krasnoyarsk City Administration : [official website]. URL: <https://www.admkrsk.ru/citytoday/municipal/ozelenenie> (accessed 20.09.2024).
- Levit S. Ya.* The use of sawdust as a substrate-improving material in the reclamation of sludge storages. URL: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/35865/1/bio-1982-08.pdf>. Sverdlovsk, 1989. P. 75–80. (In Russ.)
- Method for determining the thermophysical characteristics of a layer of bulk media with elements of pulsed thermal control / *Yu. V. Shokina, A. B. Vlasov, G. O. Shokin* // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2015. № 1 (63). P. 63–69. (In Russ.)

- Mishichev A. I., Martianova A. E.* Solving problems of thermal conductivity of the finite element method in the ELCUT CAE system. Astrakhan : AGTU, 2001. 39 p.
- Nikolaeva M. G.* Features of seed germination depending on the phylogenetic position of plants and ecological and geographical conditions of their habitat // Plant physiology. 1999 Vol. 46, № 3. P. 432–437. (In Russ.)
- Orlov D. S., Amosova Ya. M., Yakimenko O. S.* Agroecological aspects of the use of non-traditional organic fertilizers based on hydrolyzed lignin // Soil science. 1993. № 2. P. 36–44. (In Russ.)
- Rittler L., Bykova O.* The timing of soybean sowing. Legumes Translated Practice Note 44. 2022. Donau Soja. URL: www.legumestranslated.eu (accessed 20.09.2024).
- Sustainable urban development, ecological functions and ecosystem services of natural components in an urban environment / *E. V. Avdeeva, K. V. Chernikova, A. I. Rudo, Yu. V. Kishkan* // Coniferous forests of the forest zone. 2024. Vol. 42, № 3. P. 56–64. DOI 10.53374/1993-0135-2024-3-56-64 (In Russ.)
- To landscaping the streets of municipalities of the Krasnoyarsk Territory: a methodological approach / *E. A. Selenina, O. A. Zyryanova, E. V. Avdeeva* [et al.] // Coniferous boreal zones. 2021. Vol. 39, № 5. P. 378–384. (In Russ.)
- Zenkevich O. K.* The finite element method in engineering. Moscow : MIR, 1975. 542 p.

Информация об авторах

A. A. Соболева – студент;

C. H. Долматов – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

A. A. Soboleva – student;

S. N. Dolmatov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 27.11.2024; принята к публикации 05.12.2024.

The article was submitted 27.11.2024; accepted for publication 05.12.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 125–137.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 125–137.

Научная статья

УДК 631.316.44

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.014

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГУСЕНИЧНОГО ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА КЛАССА ТЯГИ 4

Сай-Суу Шолбановна Саая¹, Сергей Николаевич Орловский²,
Сергей Николаевич Долматов³

¹ Тувинский государственный университет, Кызыл, Россия

² Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

³ Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

¹ sai-suu2014@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2412-314>

² orlovskiysergey@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8904-834>

³ pipinaskus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1389-5894>

Аннотация. Уточнена возможность оснащения трелевочного трактора ТТ-4 навесным технологическим оборудованием для выполнения всех видов работ в лесном хозяйстве. Цель работы – обосновать конструктивные параметры лесохозяйственного трактора, оборудованного передним и задним навесными механизмами для разработки его конструкции. Для этого следовало найти распределение удельного давления на почву, расположение центра тяжести при работе трактора с передними и задними навесными орудиями, нагрузки на единицу длины периметра опорной поверхности, влияние силы тяги на крюке на удельное давление; разработать кинематические параметры навесных механизмов, обеспечивающие равномерную загрузку опорных катков трактора и устойчивый ход почвообрабатывающих орудий по глубине. Метод исследований – проведение испытаний агрегата с различными почвообрабатывающими орудиями на разных по лесорастительным характеристикам участках лесного фонда в условиях вырубок с различной степенью пнистости. Результаты работы – сбор статистической информации о всех протекающих процессах и анализ этой информации методами вариационной статистики. Область применения результатов – обоснование параметров лесохозяйственных агрегатов на стадии проектирования. Разъяснен выбор базового трактора, конструкции рабочего органа и режимов его работы. На основании полученных результатов необходимо обосновать конструкцию и компоновку тракторного лесохозяйственного агрегата, определить его конструктивные параметры, что позволит создать лесохозяйственный трактор высокой производительности. Проведенный анализ данных испытаний показывает, что трактор ТДТ-75 с точки зрения усилий от плуга, действующих на трактор, нормальных давлений на катки и расположения центра давления при работе может быть успешно использован в качестве тягача широкозахватных лесных плугов при работе на нераскорчеванных вырубках с различными почвенными условиями.

Ключевые слова: орудия трактора, нагруженность, эксперимент, навесная система, согласование, оптимизация, параметры

Для цитирования: Саая С. Ш., Орловский С. Н., Долматов С. Н. Обоснование основных параметров гусеничного лесохозяйственного трактора класса тяги 4 // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 125–137.

Original article

JUSTIFICATION OF THE MAIN PARAMETERS OF A TRACKED FORESTRY TRACTOR OF TRACTION CLASS 4

Sai-Suu Sh. Saaya¹, Sergey N. Orlovsky², Sergey N. Dolmatov³

¹ Tuvan State University, Kyzyl, Russia

² Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

³ Siberian State University of Science and Technology named after Academician M. F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russia

¹ sai-suu2014@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2412-3114>

² orlovskiysergey@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8904-834>

³ pipinaskus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1389-5894>

Abstract. The possibility of equipping the TT-4 skidder with mounted technological equipment for performing all types of work in forestry is substantiated. The purpose of the work is to substantiate the design parameters of a forestry tractor equipped with front and rear mounted mechanisms for developing its design. To do this, it was necessary to find the distribution of specific pressure on the soil, the location of the center of gravity when the tractor is operating with front and rear mounted implements, the load per unit length of the perimeter of the supporting surface, the effect of the traction force on the hook on the specific pressure. Develop kinematic parameters of mounted mechanisms that ensure uniform loading of the tractor support rollers and stable movement of soil-cultivating implements in depth. The research method is to test the unit with various tillage implements on forest fund areas with different forest vegetation characteristics in clearings with different stump content. The results of the work are to collect statistical information on all ongoing processes and analyze this information using variation statistics methods. The scope of the results is to justify the parameters of forestry units at the design stage. The choice of the base tractor, the design of the working element and its operating modes is justified. Based on the obtained results, it is possible to justify the design and layout of the tractor forestry unit, determine its design parameters, which will allow creating a high-performance forestry tractor. The analysis of the test data shows that the TDT-75 tractor, in terms of the forces from the plow acting on the tractor, normal pressures on the rollers and the location of the pressure center during operation, can be successfully used as a tractor for wide-grip forest plows when working on unstumped clearings with different soil conditions.

Keywords: tractor implements, loading, experiment, mounted system, coordination, optimization, parameters

For citation: Saaya S. Sh., Orlovsky S. N., Dolmatov S. N. Justification of the main parameters of a tracked forestry tractor of traction class 4 // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 125–137.

Введение

В работе рассматриваются специализированные трактора для лесного хозяйства с гидрофицированными задней и передней навесными системами (Полетайкин, Плесовских, 2013).

Специализированные трактора для лесного хозяйства с гидрофицированными задней и передней навесными системами, без сомнения, необходимы (Сатаров, 2017). Было предложено в качестве энергетической базы использовать трелевочный трактор ТТ-4. Его гусеничный движитель максимально приспособлен для движения по лесу. Для этого необходимо было обосновать возможность его оснащения передней и задней навесными системами для навешивания технологического оборудования для выполнения лесопожарных и лесохозяйственных работ. Переоборудование трактора включало разработку, изготовление и монтаж передней и задней гидрофицированных навесных систем. Для передней навесной системы был разработан и изготовлен клин КРП-2,5А для расчистки лесных полос. Сзади навешивали серийный плуг ПЛШ-1,2.

Объекты и методы исследования

Испытания лесохозяйственных агрегатов проводились в условиях вырубок, в которых наиболее стабильно, с небольшим количеством остановок, трактор с клином работал на второй передаче при коэффициенте загрузки двигателя $K_z = 0,5$ и $V_p = 0,66$ м/с. При работе на третьей передаче с $K_z = 0,75$ и $V_p = 0,69$ м/с остановки агрегата из-за перегрузок в силу большой жесткости условий стали неизбежны (Анилович, Водолажченко, 1966; Васильев и др., 1969; Войнаш, 2014).

Динамика условий работы агрегата характеризуется следующими показателями (Тракторы..., 1988).

Наиболее максимальное значение коэффициента динамичности $K_{\partial cp}^{maxc} = 1,85$ при вероятной длительности $t = 2$ с, наиболее характерная максимальная длительность $t = 4$ с при вероятном коэффициенте динамичности $K_{\partial cp}^{maxc} = 1,6$.

Возможная динамическая реакция $K_{\partial omn}$, характеризующая переменную составляющую энер-

гетики агрегата, при $t = 2$ с равняется 1,44, а при $t = 4$ с – 1,27. Степень соответствия динамических свойств агрегата динамике условий равна отношению $K/K_{\partial cp}^{maxc}$ и составляет 0,78, а оптимальный коэффициент загрузки двигателя, подсчитанный по формуле

$$K_{z\ omm} = 1 - (K_{\partial cp}^{maxc} - K_{\partial omn}), \quad (1)$$

равняется 0,6.

На основании приведенного материала энергетические параметры агрегата не соответствуют условиям работы, так как нормальная работа агрегата может проходить при довольно низких значениях коэффициента загрузки и скорости движения (Оценка..., 2018).

Динамические свойства агрегата могут быть улучшены за счет увеличения скорости движения, и при необходимости повышена мощность двигателя, а также увеличен приведенный момент инерции (Book, Goering, 2000; Design matching..., 2021).

Оптимальная скорость движения агрегата, при которой наиболее эффективно будут использоваться силы инерции, составит:

$$V_{omm} = V_{\partial} \frac{\tau}{t_{omm}} = 0,69 \frac{4}{2} = 1,38 \text{ м/с} = 5 \text{ км/ч}. \quad (2)$$

При рабочей скорости $V_{omm} = 5$ км/ч и оптимальном значении $K_{z\ omm} = 0,9$ номинальная мощность найдется по выражению

$$N_e = \frac{N_{\partial} V_{omm}}{K_{z\ omm} V_{\partial}} = \frac{56,6 \cdot 5}{0,9 \cdot 2,5} 1,07 = 80 \text{ кВт}. \quad (3)$$

Средняя мощность, развиваемая двигателем, составляет 97 л.с., номинальная мощность двигателя соответствует мощности двигателя марки А-01Л, устанавливаемого на базовый трактор (Nosov, Peregudov, 2022).

Момент инерции, приведенный к коленчатому валу двигателя, найдется по выражению (Design and physical..., 2020)

$$J_{\Sigma omm} = \frac{[K_{\partial cp}^{maxc} - (1 - K_{z\ omm}) - K'_m] M_{ep} \tau_{omm}}{\Delta \omega_{omm}}, \quad (4)$$

где K'_m – промежуточное значение коэффициента приспособляемости;

M_{ep} – номинальный крутящий момент;

t_{omm} – длительность увеличения нагрузки, соответствующая $K_{\partial cp}^{maxc}$, уменьшенная пропорционально увеличению скорости;

$\Delta\omega_{opt}$ – оптимальное снижение угловой скорости коленчатого вала двигателя:

$$J_{\Sigma_{opt}} = \frac{[1,85 - (1-0,9) - 1,15] \cdot 49,2 \cdot 1}{59} = 0,56 \text{ кгм} \cdot \text{с}^2. \quad (5)$$

Момент инерции агрегата, приведенный к коленчатому валу двигателя, найденный по приведенной формуле, должен быть равен $0,56 \text{ кгм} \cdot \text{с}^2$.

Момент инерции, приведенный к коленчатому валу двигателя базового трактора, при работе с $V_p = 5 \text{ км/ч}$ составит $0,49 \text{ кгм} \cdot \text{с}^2$. При таком значении момента инерции и $t = 1 \text{ с}$ трактор обеспечит динамическую реакцию $K_{opt} = 1,68$. Оптимальное значение коэффициента загрузки двигателя составит:

$$K_{z_{opt}} = 1 - (1,85 - 1,68) = 0,8. \quad (6)$$

При $K_{z_{opt}} = 0,8$ двигатель должен развивать мощность 72 кВт , а его номинальная мощность должна равняться 90 кВт (Design and physical..., 2020).

Результаты исследования и их обсуждение

Динамика при условии работы трактора с плугом ПЛШ-1,2 характеризуется следующими показателями: $K_{d_{cp}}^{max} = 1,35$ при $t = 3 \text{ с}$, характерная максимальная длительность $t = 5 \dots 6 \text{ с}$ при $K_{d_{cp}}^{max} = 1,2 \dots 1,46$. Рабочая скорость $V_p = 0,45 \dots 0,64 \text{ м/с}$. Среднее значение мощности двигателя лежит в пределах $45\text{--}50 \text{ кВт}$. Используя вывод, что силы инерции могут быть наиболее эффективно реализованы при $\tau = 2 \dots 3 \text{ с}$, найдем оптимальное значение рабочей скорости:

$$V_{opt} = V_d \frac{t}{t_{opt}} = 0,64 \frac{5}{3} = 1,06 \text{ м/с} = 3,8 \text{ км/ч}. \quad (7)$$

За t_{opt} принято 3 с , так как значение $K_{d_{cp}} = 1,46$ сравнительно небольшое.

Номинальная мощность двигателя при $K_{z_{opt}} = 0,9$ и $V_p = 3,8 \text{ км/ч}$ составит 82 кВт , а ее среднее значение – 73 кВт .

Момент инерции, приведенный к коленчатому валу двигателя:

$$J_{\Sigma_{opt}} = \frac{[K_{d_{cp}} - (1 - K_{z_{opt}}) - K'_M] M_{ep} \tau_{opt}}{\Delta\omega_{opt}} = \frac{0,21 \cdot 49,2 \cdot 3}{53} = 0,58 \text{ кгм} \cdot \text{с}^2. \quad (8)$$

Момент инерции, приведенный к коленчатому валу двигателя базового трактора, при работе на четвертой передаче составляет $0,46 \text{ кгм} \cdot \text{с}^2$. При этом значении J_{Σ} агрегат способен обеспечить динамическую реакцию $K_{opt} = 1,31$. Оптимальная степень загрузки, которая должна соответствовать мощности двигателя 100 л. с. , составит:

$$K_{z_{opt}} = 1 - (1,46 - 1,31) = 0,85. \quad (9)$$

Следовательно, номинальная мощность двигателя должна равняться 87 кВт .

При вспашке с $V_p = 4,6 \text{ км/ч}$ ($0,64 \frac{6}{3}$) среднее значение мощности составит 90 кВт , а номинальная мощность двигателя при $K_{z_{opt}} = 0,85$ должна равняться 115 кВт .

Вес трактора при работе на горизонтальной поверхности определится на условие

$$P_{кас}^{max} \leq F, \quad (10)$$

где $P_{кас}^{max}$ – расчетное максимальное значение;

F – сила сцепления.

Значение $P_{кас}^{max}$ определяется как выражение

$$P_{кас}^{max} = K_{d_{cp}}^{max} P_{кас}, \quad (11)$$

где $K_{d_{cp}}^{max}$ – характерное максимальное значение коэффициента динамичности;

$P_{кас}$ – среднее длительное наблюдаемое значение касательной силы тяги, полученное в наиболее тяжелых условиях работы.

Значения $P_{кас}$ и $K_{d_{cp}}^{max}$, полученные при работе трактора ТДТ-75 с клином и плугом ПЛШ-1,2, приведены в табл. 1.

Максимальное расчетное значение касательной силы тяги находится по выражению

$$P_{кас}^{max} = P_{кас} K_{d_{cp}}. \quad (12)$$

Прирост касательной силы тяги $\Delta P = P_{кас}^{max} - P_{кас}$ в крайнем случае происходит в основном за счет увеличения сопротивления орудия, т. е. выражение (10) может быть записано в следующем виде:

$$(P_{op} + \Delta P) + fG = \mu G, \quad (13)$$

где f – коэффициент сопротивления качению, равный $0,23$;

μ – коэффициент сцепления, принятый равным $0,8$.

Таблица 1
Table 1

Параметры работы тракторов Tractor operation parameters

Параметры Parameters	Марка трактора Tractor brand		
	ТДТ-75 TDT-75	ТТ-4 TT-4	Проектируемый трактор Designed tractor
Мощность номинальная, кВт Nominal power kW	55	81	80–82
Момент инерции, приведенный к коленчатому валу двигателя, при $V_p = 4...5$ км/ч, кгм·с ² Moment of inertia reduced to the engine crankshaft at $V_p = 4...5$ km/h, kgm/sec ²	0,54	0,46–0,49	0,58
Оптимальное значение коэффициента загрузки при работе: Optimal value of the load factor during operation:			
с клином with a wedge	0,62	0,80	0,90
с плугом with a plow	0,87	0,85	0,90
Возможная (оптимальная) скорость, км/ч, при работе: Possible (optimal) speed, km/h, during operation:			
с клином with a wedge	2,5	3,9	5,0
с плугом with a plow	2,3	3,7	3,8
Мощность номинальная двигателя $J_{\Sigma} = 0,46...0,49$ кгм·с ² , необходимая для работы, л. с. Nominal engine power $J_{\Sigma} = 0,46...0,49$ kgm·sec ² required for operation, hp			
с клином with a wedge	–	–	121
с плугом with a plow	–	–	118

Из выражения (13) находился сцепной вес трактора (табл. 2). Вес трактора определяется по сцепному весу с учетом уклона, при котором должен работать трактор, принятого равным 15°.

Таблица 2
Table 2

Параметры агрегируемых орудий Parameters of aggregated instrument

Агрегируемое орудие Aggregated weapon	$P_{кас}$	$K_{дср}$	$P_{кас}^{max}$	$P_{оп}$	ΔP	f	μ	$G_{сц}$	$G_{тр}$
Клин Klin	3900	1,6	6240	1600	2340	0,23	0,6	10650	11024
Плуг ПЛШ-1,2 Plough PLSh-1,2	6100	1,2	7320	3200	1220	0,23	0,6	11950	12370

Общая динамика лесохозяйственного агрегата

На рис. 1 изображено рабочее положение агрегата при работе трактора с плугом, состоящего из трактора ТТ-4 и плуга ПЛШ-1,2. Плуг навешен на трактор посредством навесной системы СУН-3.

При работе агрегата на плуг действуют следующие силы:

- сила собственного веса плуга;
- силы P_6 и P_n , действующие в тягах механизма навесной системы и слагающие силу сопротивления движению плуга P ;
- равнодействующая сил взаимодействия (давления и трения) почвы с корпусом R .

Используя продольную горизонтальную слагающую силу $P_x = P_{op}$, среднее значение которой при исследованиях трактора-прототипа ТДТ-75 составляло 2950 кгс, определяем значение силы R :

$$R = \frac{P_{op}}{\cos 12^\circ} = \frac{2950}{0,978} = 3020 \text{ кгс.} \quad (14)$$

Сложением реакции R с силой веса G определяются направление и величина результирующей силы $P_{zx} = 3300$ кгс. Сила P_{zx} является слагающей сопротивления P , направленного из мгновенного центра вращения плуга, а второй слагающей является вертикальная реакция почвы Q .

Построением силового многоугольника определяются значения сил P и Q , при этом условно принимается, что реакция Q_1 действует только на опорное колесо. Значение $Q_1 = 1140$ кгс. Аналогично, если вертикальная реакция почвы действует только на нижнюю поверхность корпуса плуга или только на опорную тягу, тогда ее значения соответственно $Q_2 = 1020$ кгс и $Q_3 = 760$ кгс.

Сила соотношения во всех трех рассматриваемых случаях равняется $P = 300$ кгс, откуда усилия в тягах навески $P_6 = 2240$ кгс.

При максимальных кратковременных значениях $P_{op} = 9000$ кгс, полученных при эксперименте, сила P равняется 9120 кгс, а усилия в тягах навесной системы достигают величин 15 600 кгс в нижней тяге и 6 800 кгс в верхней.

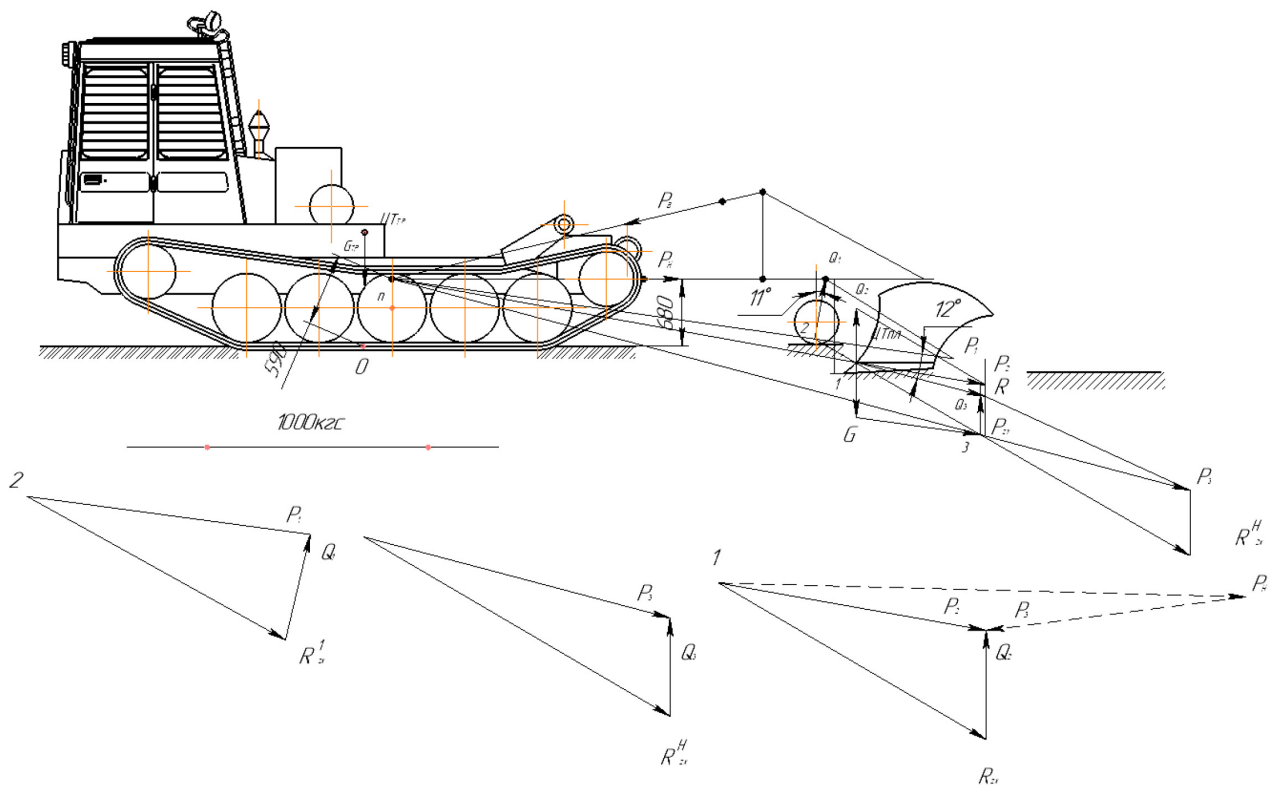


Рис. 1. Расчетная схема агрегата, состоящего из трактора ТТ-4 с плугом ПЛШ-1,2 в рабочем положении

Fig. 1. Calculation diagram of the unit consisting of a TT-4 tractor with a PLSh-1,2 plow in the working position

Положение центра давления на опорной поверхности гусениц трактора зависит от усилия моментов сил, действующих в тягах, который определится:

$$\sum M_0 = P_n \cdot 0,66 - P_g \cdot 0,58 = 5140 \cdot 0,66 - 2240 \cdot 0,58 = 2070 \text{ кгс.} \quad (15)$$

Уравновесив этот момент, рассчитанный при средних длительно наблюдаемых значениях сопротивления плуга, моментом от веса трактора, получили смещение центра давления от его статического положения:

$$\sum M_0 = G_{mp} x, \quad (16)$$

откуда

$$X = \frac{\sum M_0}{G_{mp}} = \frac{2070}{12400} = 0,167 \text{ м.}$$

То есть центр давления смещается назад на 167 мм и находится впереди середины опорной поверхности гусениц на расстоянии:

$$a = c - x = 250 - 167 = 83 \text{ мм} \quad (17)$$

или

$$a = \frac{83}{2720} = 0,03L, \quad (18)$$

где c – расстояние от центра давления в статическом положении до середины опорной поверхности, $c = 0,25$ м вперед от середины последней;

L – длина опорной поверхности гусениц, $L = 2,72$ м.

Полученный результат показывает, что при работе трактора с широкозахватным лесным плугом центр давления будет находиться впереди середины опорной поверхности гусениц и близко к ней, т. е. создаются условия для улучшения сцепных свойств и уменьшения сопротивления качению тягача.

Мгновенный центр вращения плуга при рабочем положении расположен над серединой опорной поверхности на высоте 660 мм от почвы. Этим обеспечиваются надежное заглубление плуга и наименьшее влияние колебаний трактора на устойчивость хода плуга по глубине.

Для создания лесохозяйственной модификации трактора на базе ТТ-4 разработана схема (рис. 2) передней навески для клина. Построение схемы производилось с учетом уменьшения дополнительной силы $Q_{дон}$, которая действует при работе трактора ТДТ-75 с клином.

Для этого мгновенный центр вращения π располагается между центром тяжести и центром давления на высоте 360 мм от поверхности почвы. Значения основных сил, действующих на клин, были приняты те же, что и при работе с трактором ТДТ-75, т. е. $T = 2650$ кгс, $G = 900$ кгс и их результирующая сила $R = 2800$ кгс, которая действует на клин под углом 10° . Из силового многоугольника получаем, что клин действует на трактор с силой $P = 2750$ кгс, $Q_{дон} = 170$ кгс, усилия в тягах навесной системы: сжатия $P_n = 3480$ кгс и растяжения $P_g = 860$ кгс.

Для определения расчетных усилий в тягах навески, которые необходимы для расчетов на прочность, построен силовой многоугольник с максимальным значением силы $T = 7500$ кгс, полученным при работе клина с трактором ТДТ-75. Из построения получаем, что максимальные значения $P_n = 10000$ кгс и $P_g = 860$ кгс.

Особый интерес для дальнейшей исследовательской работы представляет кинематическая схема навески клина, которая изображена на рис. 3.

В этой схеме мгновенный центр вращения π расположен впереди агрегата на линии действия силы R . Тогда толкающая сила трактора $P_{тол}$ равна силе R и направлена противоположно ей. Следовательно, вертикальная реакция почвы на клин $Q = 0$ и потери на трение клина о почву минимальные.

Определяем смещение центра давления от действия усилий в тягах навески при работе агрегата, уравнешивая суммы моментов от усилий в тягах моментом, создаваемым силой веса трактора:

$$\sum M_0 = P_n \cdot 0,36 - P_g \cdot 0,4 = 3480 \cdot 0,36 - 860 \cdot 0,4 = 909 \text{ кгс,} \quad (19)$$

$$X = \frac{\sum M_0}{G_{mp}} = \frac{909}{12400} = 0,073 \text{ м.} \quad (20)$$

То есть центр давления смещается назад на 73 мм, находится спереди и располагается на расстоянии:

$$a = c - x = 0,25 - 0,073 = 0,177 \text{ м,} \quad (21)$$

где c – расстояние от середины опорной поверхности гусениц до центра давления в статическом положении, $c = 250$ мм;

x – смещение центра давления, $x = 73$ мм.

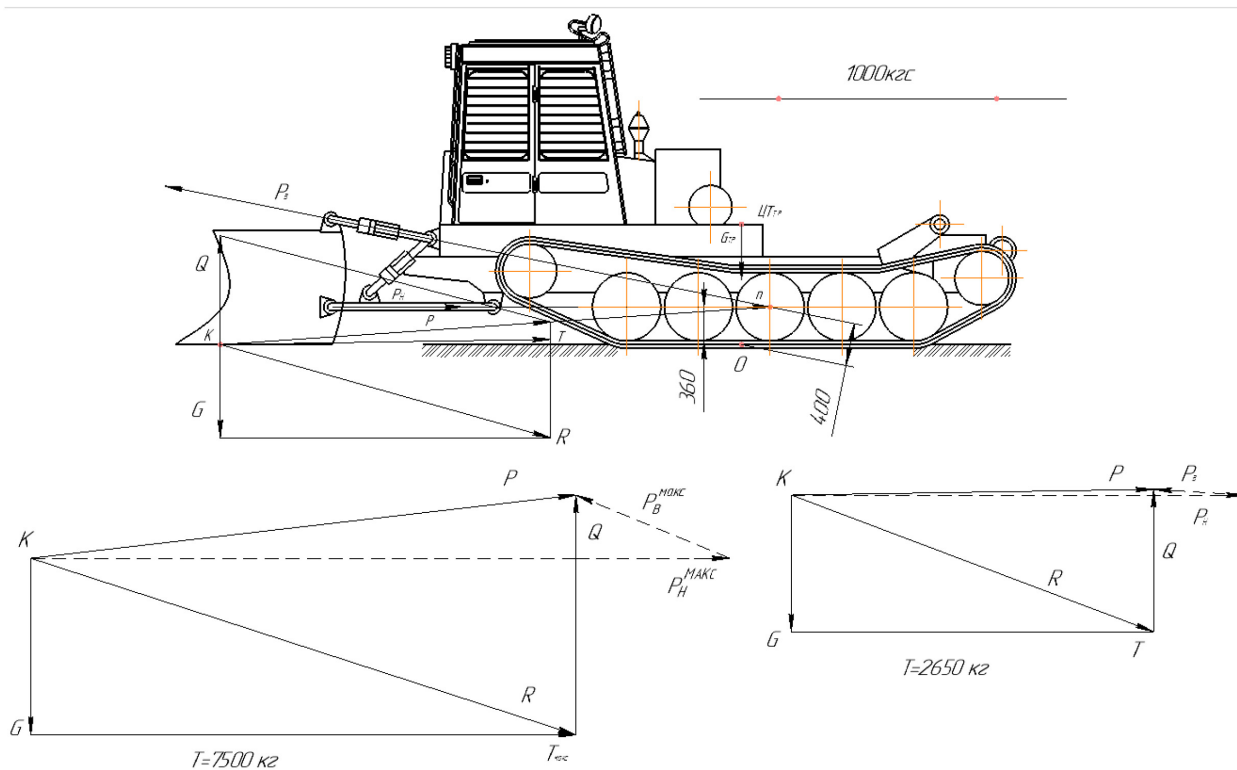


Рис. 2. Расчетная схема агрегата, состоящего из трактора ТТ-4 с клином.
 Расположение мгновенного центра вращения π сзади орудия
 Fig. 2. Calculation scheme of the unit consisting of a ТТ-4 tractor with a wedge.
 The location of the instantaneous center of rotation π is behind the implement

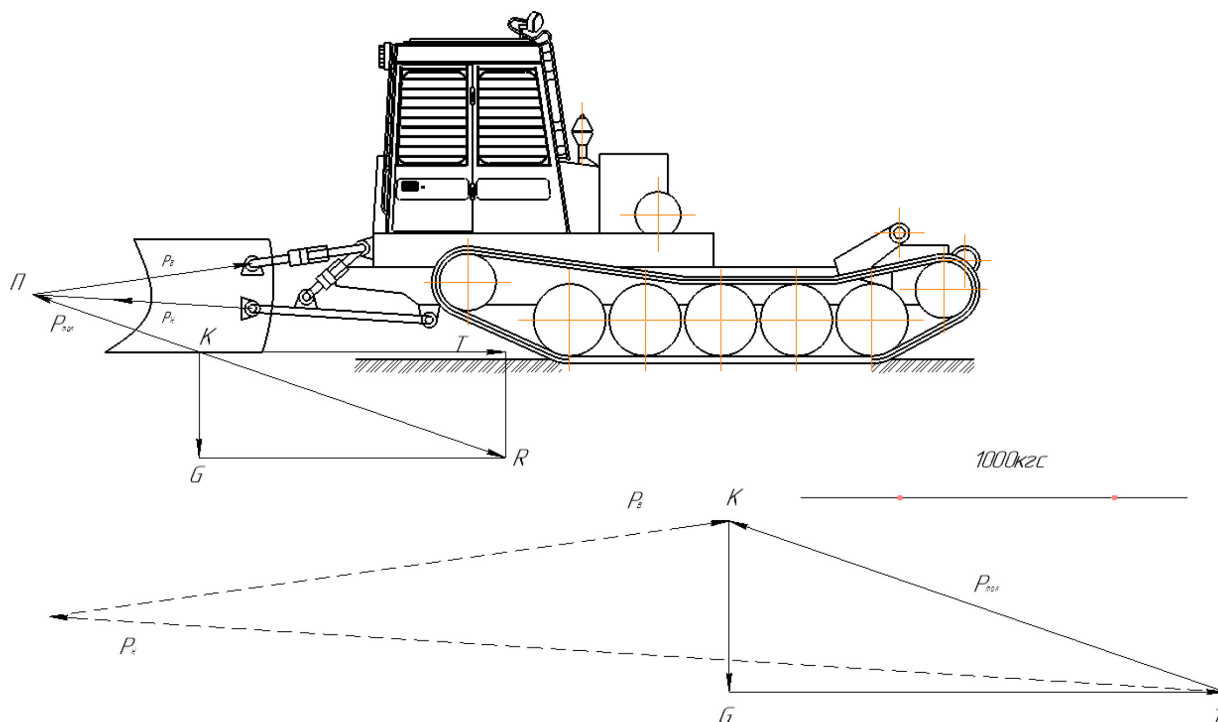


Рис. 3. Расчетная схема агрегата, состоящего из трактора ТТ-4 с клином.
 Расположение мгновенного центра вращения π впереди орудия
 Fig. 3. Calculation scheme of the unit consisting of a ТТ-4 tractor with a wedge.
 The location of the instantaneous center of rotation π in front of the implement

На рис. 4 приведена схема агрегата с клином в транспортном положении. При наличии орудия, навешенного спереди, статическая устойчивость агрегата характеризуется предельным углом уклона, на котором агрегат стоит без опрокидывания.

Положение центра тяжести агрегата определяется суммой моментов сил: веса клина $G_{кл} = 700$ кг, веса передней навески $G_{ни} = 250$ кгс и веса трактора $G_{мп} = 12400$ кг. Сумма моментов этих сил относительно следа центра тяжести агрегата равна нулю:

$$\sum M_0 = G_{кл} \cdot (4,0 - x) + G_{ни} \cdot (3,1 - x) - G_{мп} \cdot x = 0, \quad (22)$$

где x – расстояние от центра тяжести агрегата до центра тяжести трактора по горизонтали.

Отсюда

$$x = \frac{G_{кл} \cdot 4,0 + G_{ни} \cdot 3,1}{G_{кл} + G_{ни} + G_{мп}} = \frac{700 \cdot 4,0 + 250 \cdot 3,1}{700 + 250 + 12400} = 0,27 \text{ м.} \quad (23)$$

Следовательно, центр тяжести агрегата находится на 270 мм впереди центра тяжести трактора или на $(250 + 270) = 520$ мм впереди середины опорной поверхности гусениц.

Ось опрокидывания трактора на уклоне определяется минимальным углом α между вертикалью и лучом к возможной оси опрокидывания (Анилович, Водолажченко, 1966). Как следует из рис. 4, ось опрокидывания расположена на передней границе опорной поверхности. Угол α является предельным углом уклона:

$$\tan \alpha = \frac{0,84}{1,11} = 0,757, \quad (24)$$

$$\alpha = 37^\circ.$$

Агрегат может стоять на уклоне до 37° .

С приведенной нагрузкой $P = 2000$ кгс на оси подвеса передней навески центр тяжести находится на 770 мм впереди середины опорной поверхности гусениц, что позволит агрегату стоять на уклоне до 22° .

На рис. 5 приведена схема агрегата с плугом в транспортном положении. При наличии орудия, навешенного сзади, статическая устойчивость агрегата характеризуется предельным углом подъема, на котором агрегат стоит без опрокидывания.

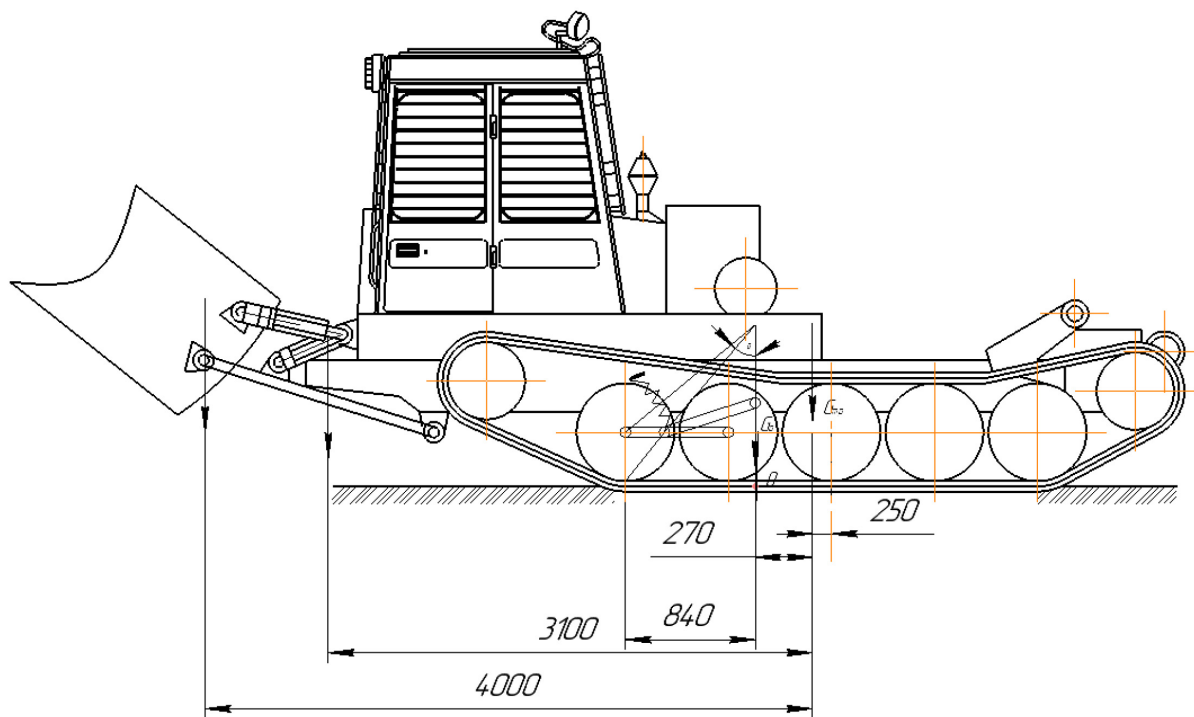


Рис. 4. Расчетная схема для определения продольной устойчивости агрегата с поднятым в транспортное положение клином

Fig. 4. Calculation scheme for determining the longitudinal stability of the unit with the wedge raised to the transport position

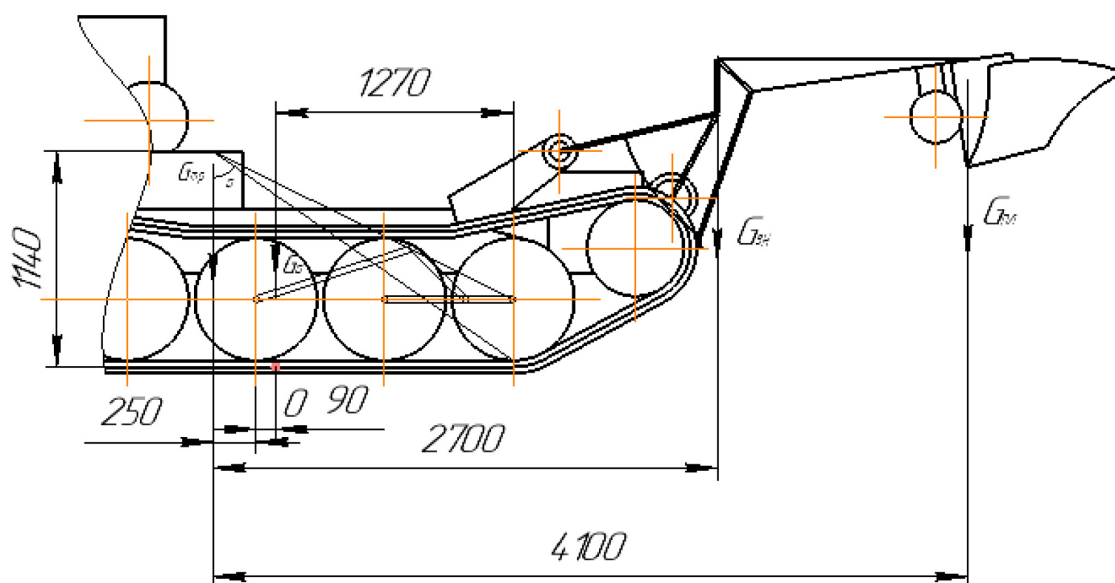


Рис. 5. Расчетная схема для определения продольной устойчивости агрегата с поднятым в транспортное положение плугом
 Fig. 5. Calculation scheme for determining the longitudinal stability of the unit with the plough raised to the transport position

Определяем положение центра тяжести агрегата:

$$\sum M_0 = G_{пл} (4,1 - x) + G_{зн} (2,7 - x) - G_{тр} x = 0, \quad (25)$$

где $G_{пл} = 850$ кгс (вес плуга);

$G_{зн} = 430$ кгс (вес задней навески);

$$x = \frac{G_{пл} \cdot 4,1 + G_{зн} \cdot 2,7}{G_{пл} + G_{зн} + G_{тр}} = \frac{850 \cdot 4,1 + 430 \cdot 2,7}{850 + 430 + 12400} = 0,34 \text{ м.} \quad (26)$$

Центр тяжести агрегата находился на 340 мм позади центра тяжести трактора или на $(340 - 250) = 90$ мм позади середины опорной поверхности гусениц.

Возможная ось опрокидывания агрегата, стоящего на подъеме, определяется по минимальному углу α и находится на задней границе опорной поверхности.

Предельный угол подъема, равный α , составляет:

$$\tan \alpha = \frac{1,27}{1,14} = 1,114, \quad (27)$$

$$\alpha = 48^\circ.$$

Агрегат может стоять на подъеме до 48° .

С приведенной нагрузкой $P = 2500$ кгс на оси подвеса задней навески центр тяжести агрегата

находится на 440 мм позади середины опорной поверхности гусениц, что позволит агрегату стоять подъеме до 41° .

Поперечная устойчивость агрегата определяется предельным углом поперечного уклона, на котором стоит агрегат без опрокидывания, что, в свою очередь, зависит от колеи трактора и высоты расположения центра тяжести агрегата.

Так как вертикальная координата центра тяжести агрегата при поднятых в транспортном положении орудиях увеличивается незначительно (по расчетам до 3%), то полученная поперечная устойчивость агрегата 41° почти не отличается от поперечной устойчивости трактора (42°).

Проведенный анализ показывает, что устойчивость агрегата удовлетворяет требованиям безопасности работы и дополнительных мер для улучшения устойчивости не требуется.

Далее определяем наименьший радиус поворота трактора.

Поворот гусеничного трактора осуществляется за счет изменения скоростей движения гусениц. Поворот совершается вокруг мгновенного центра вращения O (рис. 6), положение которого определяется типом механизма поворота и сцеплением гусениц с почвой.

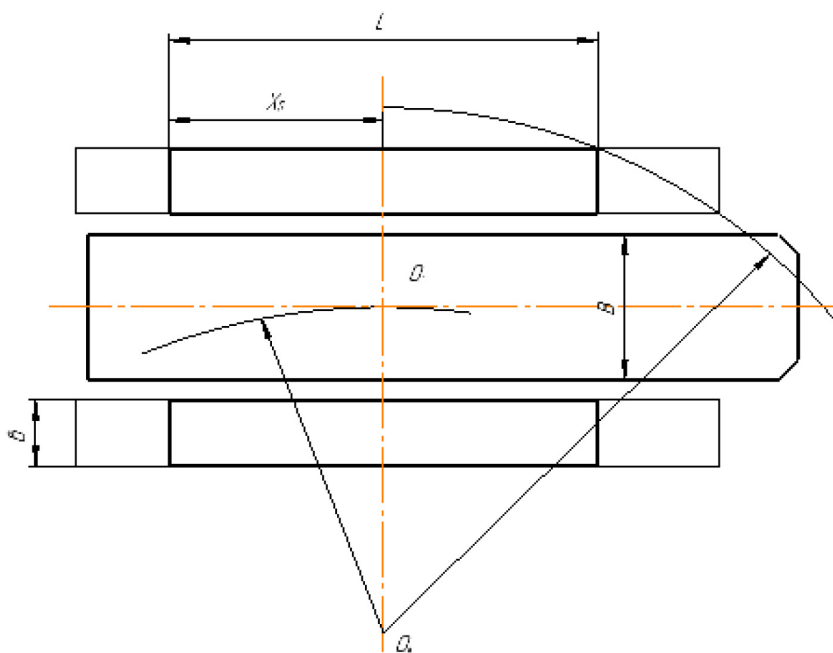


Рис. 6. Схема поворота трактора
Fig. 6. Tractor turning diagram

При нормальном сцеплении гусениц с почвой, расстоянии X^n , равном $L/2$, и совпадении мгновенного центра с центром O внешний радиус поворота может быть определен из геометрических соотношений (Анилович, Водолажченко, 1966).

$$R_n = \frac{1}{2} \sqrt{(2R + B + b)^2 + L^2}, \quad (28)$$

где R – радиус поворота – расстояние от мгновенного центра поворота до продольной плоскости симметрии трактора;

B – колея трактора;

b – ширина гусениц;

L – опорная длина трактора.

Для трактора ТТ-4 эти размеры имеют следующие значения:

$$B = 2 \text{ м}; b = 0,5 \text{ м}; L = 2,87 \text{ м}.$$

Наименьшее значение радиуса R_n получается при минимальном радиусе R , который должен быть равен 0,58 (Анилович, Водолажченко, 1966).

Подставляя значения в выражение и решив его, получаем минимальный радиус поворота трактора:

$$R_n = \frac{1}{2} \sqrt{(2 \cdot 1 + 2 + 0,5)^2 + 2,87^2} = 2,65 \text{ м}. \quad (29)$$

Итак, минимальный радиус поворота трактора должен быть не более 2,7 м.

Выводы

Энергетические параметры трактора достигали середины опорной поверхности, но при наиболее вероятных значениях P_k его положение характеризуется значениями $X = -50 + 100$ мм, т.е. является весьма благоприятным. Проведенный анализ данных испытаний показывает, что трактор ТДТ-75 с точки зрения усилий от плуга, действующих на трактор, нормальных давлений на катки и расположения центра давления при работе может быть успешно использован в качестве тягача широкозахватных лесных плугов при работе на нераскорчеванных вырубках с различными почвенными условиями.

Список источников

Анилович В. Я., Водолажченко Ю. Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов. М. : Машгиз, 1966. 47 с.
Васильев А. В., Докучаева Е. Н., Уткин-Любовцов О. Л. Влияние конструктивных параметров гусеничного трактора на его тягово-сцепные свойства. М. : Машиностроение, 1969. 192 с.

- Войнаш А. С. Лесопромышленные тракторы / Рубцовский индустриальный институт. Рубцовск, 2014. 14 с.
- Поletaikin В. Ф., Плесовских Г. Н. Расчетная схема лесопогрузчика перекидного типа // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 5. С. 22–23.
- Сатаров Г. А. Машины и механизмы в лесном и лесопарковом хозяйстве : учеб. пособие. Ульяновск, 2017. 83 с.
- Тракторы : учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и тракторы» / под общ. ред. В. В. Гуськова. М. : Машиностроение, 1988. 376 с.
- Шегельман И. Р., Будник П. В., Баклагин В. Н. Оценка рейсовой нагрузки лесного трактора как важнейшего фактора проектирования и создания прогрессивных лесных машин // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 11–1. С. 78–83.
- Book R. S., Goering C. E. A new traction model for crawler tractors // Transactions of the ASAE. 2000. Т. 43. № 1. P. 39–46.
- Design and physical model experiment of an attitude adjustment device for a crawler tractor in hilly and mountainous regions / J. Sun, C. Meng, Ya. Zhang [et al.] // Information Processing in Agriculture. 2020. Т. 7. № 3. P. 466–478.
- Design matching and dynamic performance test for an HST-based drive system of a hillside crawler tractor / Z. Liu, G. Zhang, G. Chu [et al.] // Agriculture. 2021. Т. 11. № 5. P. 466.
- Nosov S. V., Peregudov N. E. Assessment of the compaction effect and operational characteristics of a crawler tractor based on a rheological approach // Tractors and Agricultural Machinery. 2022. Т. 89. № 1. P. 43–51.

References

- Anilovich V. Ya., Vodolazhchenko Yu. T. Design and calculation of agricultural tractors. Moscow : Mashgiz, 1966. 47 p.
- Book R. S., Goering C. E. A new traction model for crawler tractors // Transactions of the ASAE. 2000. Т. 43. № 1. P. 39–46.
- Design and physical model experiment of an attitude adjustment device for a crawler tractor in hilly and mountainous regions / J. Sun, C. Meng, Ya. Zhang [et al.] // Information Processing in Agriculture. 2020. Т. 7. № 3. P. 466–478.
- Design matching and dynamic performance test for an HST-based drive system of a hillside crawler tractor / Z. Liu, G. Zhang, G. Chu [et al.] // Agriculture. 2021. Т. 11. № 5. P. 466.
- Nosov S. V., Peregudov N. E. Assessment of the compaction effect and operational characteristics of a crawler tractor based on a rheological approach // Tractors and Agricultural Machinery. 2022. Т. 89. № 1. P. 43–51.
- Poletaikin V. F., Plesovskikh G. N. Calculation scheme of a reversible log loader // Tractors and agricultural machinery. 2013. № 5. P. 22–23 (In Russ.)
- Satarov G. A. Machines and mechanisms in forestry and forest park management : Study guide. Ulyanovsk, 2017. 83 p.
- Shegelman I. R., Budnik P. V., Baklagin V. N. Evaluation of the Routing Load of a Forestry Tractor as the Most Important Factor in the Design and Creation of Progressive Forestry Machines // Modern Science-Intensive Technologies. 2018. № 11–1. P. 78–83. (In Russ.)
- Tractors : Textbook for university students majoring in “Cars and Tractors” / Under the general editorship of V. V. Guskov. Moscow : Mashinostroenie, 1988. 376 p.
- Vasiliev A. V., Dokuchaeva E. N., Utkin-Lyubovtsov O. L. Influence of design parameters of a tracked tractor on its traction and coupling properties. Moscow : Mashinostroenie, 1969. 192 p.
- Voynash A. S. Forestry tractors / Rubtsovsk Industrial Institute. Rubtsovsk, 2014. 14 p.

Информация об авторах

С. Ш. Саая – старший преподаватель;

С. Н. Орловский – кандидат технических наук, доцент;

С. Н. Долматов – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

S. Sh. Saaya – senior Lecturer;

S. N. Orlovsky – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

S. N. Dolmatov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 29.10.2024; принята к публикации 13.12.2024.

The article was submitted 29.10.2024; accepted for publication 13.12.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 138–148.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 138–148.

Научная статья

УДК 630*413:595.787

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.015

БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД БОРЬБЫ С СИБИРСКИМ ШЕЛКОПРЯДОМ НА ТЕРРИТОРИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Лев Евгеньевич Кузнецов¹, Сергей Вениаминович Залесов²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ lev.kuznecov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7547-7055>

² zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Аннотация. Сибирский шелкопряд – один самых опасных врагов хвойных лесов. Его гусеницы поражают почти все сосновые породы, предпочитая пихту, ель, лиственницу и кедр. Признаком появления этого вредителя в лесу является отсутствие на деревьях хвои, от чего массив выглядит серым и безжизненным. Вспышки размножения этого вредителя цикличны и периодически повторяются после длительных засушливых жарких периодов в течение предыдущих 2–3 лет. В данной работе анализируется эффективность применения биологического препарата и его влияние на подавление численности сибирского шелкопряда в Тюменской области.

Ключевые слова: сибирский шелкопряд, гусеница, вредитель, хвойные деревья, биологический метод

Для цитирования: Кузнецов Л. Е., Залесов С. В. Биологический метод борьбы с сибирским шелкопрядом на территории Тюменской области // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 138–148.

Original article

BIOLOGICAL METHOD OF CONTROL OF THE SIBERIAN SILKWORM IN THE TYUMEN REGION

Lev E. Kuznetsov¹, Sergey V. Zalesov²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ lev.kuznecov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7547-7055>

² zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Abstract. The Siberian silkworm is one of the most dangerous enemies of coniferous forests. Its caterpillars infect almost all pine species, preferring fir, spruce, larch and cedar. A sign of the appearance of this pest in the forest is the absence of needles on the trees, which makes the array look gray and lifeless. Outbreaks of reproduction of this pest are cyclical and periodically repeat after prolonged dry hot periods during the previous 2–3 years. This paper analyzes the effectiveness of the use of a biological drug and its effect on the suppression of the Siberian silkworm population in the Tyumen region.

Keywords: siberian silkworm, caterpillar, the pest, coniferous trees, the biological method

For citation: Kuznetsov L. E., Zalesov S. V. Biological method of control of the siberian silkworm in the Tyumen region // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 138–148.

Введение

Климатические изменения могут привести к заболачиванию территорий, появлению новых видов вредителей, паразитов и возбудителей болезней, нашествию насекомых, увеличению аномальных природных явлений (Чикидов, 2006).

Сибирский шелкопряд является одним из наиболее опасных вредителей тайги, поскольку в периоды вспышек массового размножения он способен уничтожить тысячи гектар хвойного леса (Леонтьев, 2015). Более того, он является постоянно действующим фактором в хвойных древостоях Урала и Сибири, которые восстанавливаются после его нападения очень медленно.

Дефицит осадков в летний период благоприятен для развития гусениц шелкопряда и приводит к увеличению плотности заселения лесов вредителем (Колтунов и др., 1998), а малоснежные зимы прошлых лет снижают выживаемость насекомых-энтомофагов, сдерживающих рост численности сибирского шелкопряда.

Испытание новых средств и технологий для защиты леса должно стать постоянной работой прикладных научных учреждений системы Рослесхоза (Гниненко, 2023).

Цель и объекты исследований

Целью исследования являлся анализ эффективности применения биологического препарата и его влияние на подавление численности сибирского шелкопряда в Тюменской области.

Результаты и их обсуждение

В 2023 г. на территории Тюменской области был обнаружен очаг сибирского шелкопряда, который располагался в Вагайском лесничестве. В связи с тем, что часть зараженной территории располагается в ООПТ, после обследования было принято решение рекомендовать проведение мероприятий по уничтожению и подавлению численности сибирского шелкопряда с применением биологического препарата на площади 474,3 га,

а оставшуюся площадь 354,5 га, не входившую в ООПТ, обработать с применением химического препарата.

Таким образом, площадь очага сибирского шелкопряда по результатам инвентаризации очагов вредных организмов, проведенной в рамках государственного лесопатологического мониторинга, составила 474,3 га.

Номер очага 60.05.11.23.0001 (первое двузначное число – код субъекта Российской Федерации из Справочника кодов «Субъекты Российской Федерации» (Центр Российский..., 2024)), второе двузначное число – порядковый номер лесничества субъекта Российской Федерации, третье двузначное число – код группы вредных организмов (11 – хвоегрызущие вредители, отнесенные к карантинным объектам); четвертое двузначное число – последние две цифры года, когда обнаружен очаг вредного организма; последнее четырехзначное число – порядковый номер очага (сквозная нумерация по субъекту отдельно по вредителям и болезням).

В связи с компактностью площади очага вредителя, требующей проведения мероприятий по обработке, а также в связи с ограничениями действующего законодательства был выделен 1 рабочий участок, площадь которого составляет 433,37 га. Расхождение площадей обусловлено исключением части насаждений, требующих обработки, непосредственно примыкающих к водным объектам и населенным пунктам.

Протяженность рабочего участка с севера на юг – 2,3 км, с запада на восток – 4,5 км.

Учитывая высокую опасность вредителя, а также достаточное наличие кормовой базы для дальнейшего его развития, с целью предотвращения распространения очагов вредителя и недопущения ухудшения санитарного состояния лесов необходимо провести мероприятия по уничтожению или подавлению численности сибирского шелкопряда в 2024 г.

Приоритет проведения мероприятий 2, так как на лесных участках, требующих мер борьбы

с сибирским шелкопрядом, существует угроза ослабления и частичной гибели насаждений, но при этом состояние насаждений не угрожает жизни и здоровью населения.

Согласно приказу Минприроды России от 18 августа 2014 г. № 367 «Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечень лесных районов Российской Федерации», территория Вагайского лесничества отнесена к таежной лесорастительной зоне, Западно-Сибирскому южно-таежному равнинному лесному району.

В соответствии с приказом Рослесхоза от 26 декабря 2018 г. № 1067 «Об установлении лесозащитного районирования в лесах, расположенных на землях лесного фонда, и признании утратившим силу приказа Рослесхоза от 25 апреля 2017 г. № 179» Вагайское лесничество относится к зоне средней лесопатологической угрозы.

Лесистость административного района, на территории которого расположено лесничество, – 53 %.

Целевое назначение лесов на участках, намеченных под проведение мероприятий по уничтожению или подавлению численности сибирского шелкопряда, распределено следующим образом:

- эксплуатационные леса – 276,78 га;
- защитные леса – 156,59 га.

Вся площадь защитных и эксплуатационных лесов рабочего участка относится к ООПТ памятника природы регионального значения «Полуяновский бор».

Согласно пункту 3.1 приложения к постановлению правительства Тюменской области от 03 октября 2012 г. № 400-П положение о памятнике природы регионального значения «Полуяновский бор», на территории памятника природы запрещается хранение и применение удобрений и ядохимикатов, в том числе использование токсичных химических препаратов для охраны и защиты лесов.

Основная территория бора занята интразональными дерново-подзолистыми почвами, характеризующимися наличием хорошо выраженного гумусового горизонта, за которым следует белесый подзолистый горизонт, сменяющийся иллювиальным, постепенно переходящим в почвообразующую породу средне- или легкосуглинистого

механического состава. Фрагментарно встречаются дерново-слабоподзолистые со вторым гумусовым горизонтом.

Преимущественный тип леса – кедровник мшисто-ягодный или зеленомошно-ягодный с небольшими участками (южная часть) сосняка разнотравного. Древесная растительность представлена кедром, сосной, елью, пихтой, березой, осиной. В подросте преобладают кедр, пихта, ель. Подлесок слабо выражен и представлен преимущественно рябиной, черемухой и бузиной сибирской. Из трав встречаются фегоптерис связывающий и подмаренник трехцветковый.

Наиболее крупные лесные участки, заселенные вредителем, располагаются в форме отдельных лесных массивов в юго-западной части района. В очаге имеются лесотаксационные выделы с главной или преобладающей породой пихтой, что не указано в таксационном описании. Также в составе насаждений других лесотаксационных выделов имеется пихта. Поэтому в расчет средней характеристики насаждений, намеченных под проведение мероприятий, включена пихта.

По породному составу насаждения на 60 % представлены сосной кедровой сибирской (*K*), второстепенные породы – ель (*E*), пихта (*П*), береза (*B*), сосна (*C*). Полнота насаждений варьирует от 0,5 до 0,9, в среднем значении 0,7, что характеризует их как среднеполнотные, средний класс бонитета – 3, средний возраст – 117 лет.

Лесопатологическое состояние насаждений, намеченных под проведение борьбы в очагах сибирского шелкопряда, определялось визуальным методом по типичным признакам повреждения древостоев, наличию признаков заселения их вредителями, другим характерным признакам неблагоприятного состояния лесных насаждений путем глазомерного определения степени повреждения деревьев и причин ослабления насаждения в целом.

При проведении выборочных наземных наблюдений оценивалась только степень дефолиации древостоев. В целом по всей площади насаждений кроны деревьев основного полога, намеченных под проведение мероприятий по уничтожению или подавлению численности сибирского шелкопряда

в Вагайском лесничестве, повреждены гусеницами вредителя в слабой и средней степени.

Максимальная степень повреждения крон деревьев и наибольшее количество вредителя отмечено в пихтовых насаждениях. В кедровых насаждениях степень повреждения крон гусеницами вредителя в 2023 г. не так заметна и не значительна. Подлесок и подрост в кедровых насаждениях поврежден до 50 %, в пихтовых насаждениях повреждение крон подлеска и подроста отмечается до 75%.

Анализируя рис. 1, следует отметить, что объедание крон деревьев темнохвойных насаждений в 2023 г. составило от 10 до 30 %. Угроза объедания по насаждению на 2024 г. – от 38,6 до 73,2 %.

Поврежденное гусеницами сибирского шелкопряда дерево представлено на рис. 1.

В соответствии с пунктом 170 Методических указаний по осуществлению государственного лесопатологического мониторинга очагом хвоегрызущих и листогрызущих насекомых является лесной участок, заселенный вредителем в любой фазе его развития в численности, повлекшей повреждение крон деревьев или угрожающей им повреждением в текущем или следующем году на 25 % и более (в смешанном древостое – в пересчете на насаждение). В соответствии с изложенным насаждения, поврежденные в слабой и средней степени, были включены в очаги сибирского шелкопряда.

Также стоит отметить, что своевременное проведение мероприятий по уничтожению или подавлению численности вредителя может сдерживать распространение вредителя в очаге, снизить



Рис. 1. Поврежденное гусеницами сибирского шелкопряда дерево
Fig. 1. A tree damaged by Siberian silkworm caterpillars

степень повреждения крон деревьев, и не дать вредителю распространиться на соседние лесные участки.

Численность вредителя установлена при проведении наземных работ в сентябре 2023 г. Учет численности вредителя осуществлялся методом околата модельных деревьев диаметром от 16 до 24 см. Возраст модельных деревьев в большинстве случаев не соответствует среднему возрасту насаждений на участке леса (выделе). При проведении учета численности вредителя на каждом пункте учета осуществлялся околот пяти модельных деревьев.

Околоты проводились по маршрутному ходу во время нахождения гусениц в кроне. После околата производился подсчет упавших гусениц

по возрастам. Возраст гусениц устанавливался по ширине головной капсулы. По каждому выделу определялась абсолютная численность – среднее значение из 5 околатов с округлением: до 100 гусениц – до десятых, после 100 гусениц – до целых.

Анализируя рис. 2, следует отметить, что перед проведением околата на поверхность почвы под дерево расстилался полог, после чего дерево интенсивно околачивалось и производился сбор и учет упавших на полог гусениц шелкопряда.

Околот, сбор и учет сибирского шелкопряда в Вагайском лесничестве Тюменской области представлен на рис. 2.

Прогнозируемое повреждение насаждений на 2024 г. подтвердило необходимость проведения борьбы с вредителем.



Рис. 2. Околот, сбор и учет сибирского шелкопряда в Вагайском лесничестве Тюменской области

Fig. 2. Harvesting, collection and accounting of the Siberian silkworm in the Vagai forestry of the Tyumen region

В целях защиты насаждений от повреждений сибирским шелкопрядом, подавления его численности и предупреждения распространения вредителя на прилегающие насаждения, а также учитывая ценность кедровых насаждений, приняли решение о проведении мероприятий по уничтожению или подавлению численности сибирского шелкопряда по гусеницам 4–5 возраста.

Подъем гусениц в крону происходит в первой декаде мая. Проведение мероприятий планируется против гусениц 4–5 возраста, таким образом, срок начала обработки был запланирован на первую декаду июня 2024 г. с применением биологических препаратов.

Проведение мероприятий по уничтожению или подавлению численности сибирского шелкопряда проводилось на площади 433,37 га с использованием наземной лесозащитной техники – аэрозольного генератора регулируемой дисперсности (ГАРД). Требуемая ширина обработки (ширина эффективного захвата) задается исходя из конкретной ширины обрабатываемого участка, расположения населенных пунктов, водоемов, пасек и т. д. Выбор метода и способа обработки определен тем, что обрабатываемые насаждения расположены на территории памятника природы регионального значения «Полуяновский бор» и находятся вблизи населенных пунктов д. Шевелево и д. Полуяново Вагайского района, где расположены источники питьевого водоснабжения и рядом производится выпас скота.

Таким образом, обработки планируются биологическим препаратом на основе бактерии *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*, концентрация бактерий в жидком виде – БА-2000 ЕА/мл, титр не менее 10 млрд спор/г. *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*. В силу своего избирательного действия биологические препараты отличаются высокой экологичностью и в рекомендуемых нормах не токсичны для человека, теплокровных животных, птиц, рыб, пчел и других полезных насекомых. Такие препараты имеют кишечное воздействие на вредителя. Активным ингредиентом является спорокристаллический комплекс, включающий споры бактерий, кристаллы эндо- и экзотоксинов. Инертные наполнители во всех формах обеспечивают сохранность,

прилипаемость и стабильность препаратов. Белковый токсин, находящийся в препаратах, приводит к общему параличу пищеварительного тракта насекомого в первые четыре часа после попадания в желудок. Затем в течение 12–24 ч развивается общая бактериальная септицемия организма насекомого. При достаточной дозе гусеницы прекращают питаться, перестают двигаться и меняют окраску, сморщиваются, чернеют и массово погибают в течение 3–7 сут. Препараты не токсичны, не аккумулируются в растениях.

Стоит отметить, что при обработке насаждений аэрозолями необходимо руководствоваться общими принципами их применения, хорошо описанными в литературе, например в работе А. А. Ковальского и др. (Применение..., 1978). При этом следует помнить, что облако распространяется по ветру. Генератор должен двигаться по дороге в направлении, перпендикулярном направлению ветра. Отклонение от перпендикуляра должно составлять не более 40° в ту или иную сторону. Обрабатываемый участок должен находиться по направлению ветра, и генерируемое облако должно уходить на обрабатываемый участок.

Работа генератора осуществляется с наветренной стороны, т. е. следующий обрабатываемый участок в этом же массиве находится в направлении «откуда дует ветер», это препятствует попаданию под собственную волну. Степень воздействия препарата на целевой объект зависит от интегрального показателя импульса концентрации.

Разбивка подлежащей обработке площади на рабочие участки представлена на рис. 3. Маршрут движения разработан с учетом имеющихся просек и дорог. Преобладающее направление ветров юго-западное. Маршрут движения может быть изменен в связи с погодными условиями и состоянием дорожной сети. Обработка насаждений проводилась в условиях инверсии в приземном слое атмосферы при скорости ветра не более 3 м/с.

Карта-схема насаждений, назначенных для проведения мероприятий по уничтожению (подавлению) биологическим методом сибирского шелкопряда на территории Вагайского лесничества, представлена на рис. 3.

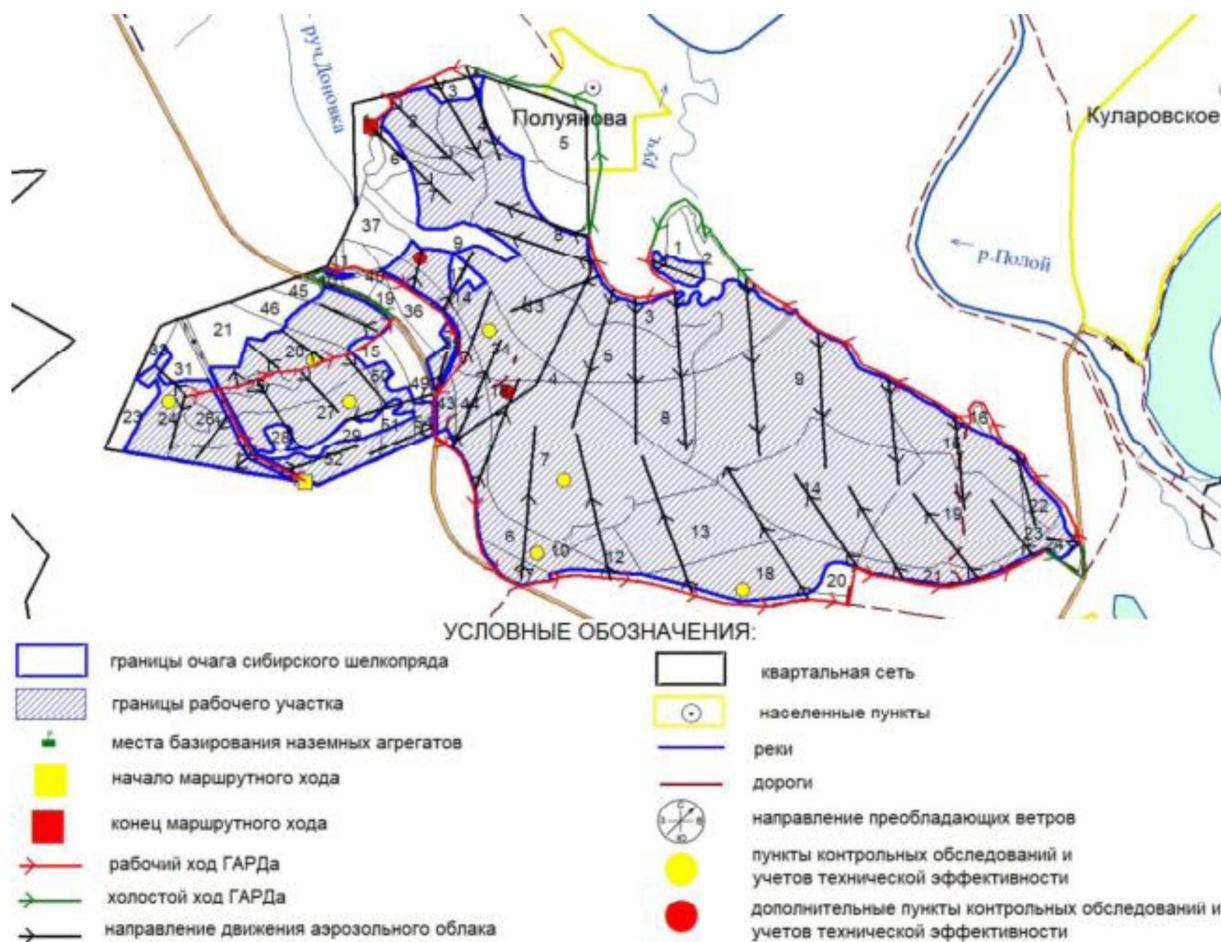


Рис. 3. Карта-схема насаждений, назначенных для проведения мероприятий по уничтожению (подавлению) биологическим методом сибирского шелкопряда на территории Вагайского лесничества
 Fig. 3. A schematic map of the plantations designated for carrying out measures to destroy (suppress) the Siberian silkworm by biological method on the territory of the Vagai forestry

Мероприятия по уничтожению (подавлению) численности гусениц сибирского шелкопряда проведены 05 июня 2024 г. наземным способом ультрамалообъемным опрыскиванием с применением биологического препарата «Лепидоцид, СК».

Время проведения учета технической (биологической) эффективности осуществляется на 12–15-й день после окончания обработки. Техническая (биологическая) эффективность при применении биологических препаратов в соответствии с пунктом 38 Правил ликвидации очагов вредных организмов, утвержденных приказом Минприроды России от 09 ноября 2020 года № 913, должна быть не менее 75 %. Эффективность применения препаратов определяется на основе данных учета о гибели вредителя. Оценка биологической эффективности проводилась 19 июня 2024 г.

Основным способом учета эффективности является метод парных деревьев. Его особенностью является то, что учитываются только живые гусеницы до и после обработки насаждений. Техническая эффективность (Э) в процентах определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{D - \Pi}{D} 100, \quad (1)$$

где D – количество личинок до обработки, шт.

Π – количество личинок после обработки, шт.

После обработок на пологе учитывают погибших гусениц, затем переходят к учету живых гусениц, оставшихся в кронах деревьев. Число сохранившихся живых особей в кроне деревьев определяется путем околата учетных деревьев на энтомологический полог.

Ведомость учета численности (гибели) сибирского шелкопряда в Вагайском лесничестве Тюменской области представлена в табл. 1.

Анализируя табл. 1, стоит отметить, что наибольшее количество здоровых гусениц до обра-

ботки составляло 193 шт. и было зафиксировано в 112 квартале 6 выделе Вагайского лесничества Тюменской области, а количество здоровых гусениц после обработки не превышало 16.

Таблица 1
Table 1

Ведомость учета численности (гибели) сибирского шелкопряда
в Вагайском лесничестве Тюменской области
Statement of the number (death) of the Siberian silkworm
in the Vagai forestry of the Tyumen region

№ квартала № quarters	№ выдела № selected	Площадь, га Area, ha	Порода Breed	Дата Date	Единица учета Accounting unit	№ пункта учета № Accounting point	№ точки учетов № Accounting point	Количество учтенных гусениц, шт. The number of tracks counted, pcs.		Прогнозируемые повреждения насаждения, % Predicted damage to the plantings, %	
								здоровых healthy	погибших the dead	в текущем году this year	с учетом объедания прошлых лет taking into account the overeating of the past years
112	18	292,82	П / F	31.05.24	Дерево Tree	1	1	97	3	16	26
			П / F	19.06.24		1	2	1	0	0,1	10,1
	6		П / F	31.05.24		2	1	193	5	32	52
			П / F	19.06.24		2	2	8	2	1,3	21,3
	7		П / F	31.05.24		3	1	138	4	23	53
			Е / S	19.06.24		3	2	16	1	2,7	32,7
19	34	140,55	П / F	31.05.24		4	1	35	2	5,8	30,8
			П / F	19.06.24		4	2	4	1	0,7	25,7
	27		Е / S	31.05.24		5	1	53	2	8,8	18,8
			Е / S	19.06.24		5	2	8	2	1,3	11,3
	20		П / F	31.05.24		6	1	148	3	24,7	34,7
			П / F	19.06.24		6	2	16	2	2,7	12,7
	24		П / F	31.05.24	7	1	52	1	8,7	18,7	
			П / F	19.06.24	7	2	10	2	1,7	11,7	

Показатели до и после обработки биологическим препаратом «Лепидоцид, СК» в Вагайском лесничестве Тюменской области представлены в табл. 2.

Анализируя табл. 2, стоит отметить, что минимальная биологическая эффективность обработки

биологическим препаратом составила 78,4 %, максимальная – 89,2 %, при этом средняя биологическая эффективность обработки биологическим препаратом составила 84,1 %.

Таблица 2
Table 2

Показатели до и после обработки
биологическим препаратом
Indicators before and after treatment with
a biological preparation

Численность сибирского шелкопряда, шт. The number of Siberian silkworms, pcs.		
Показатель Indicator	До обработки Before processing	После обработки After processing
Минимальная Minimum	35	1
Максимальная Maximum	193	16
Средняя Average	102	9
Биологическая эффективность мероприятий, % Biological effectiveness of measures, %		
Минимальная Minimum	–	78,4
Максимальная Maximum	–	89,2
Средняя Average	–	84,1

Таким образом, эффективность обработки биологическим препаратом «Лепидоцид, СК» в Вагайском лесничестве Тюменской области составила 84,1 %, что является хорошим показателем.

Выводы

1. Достаточно эффективным способом борьбы с массовой вспышкой сибирского шелкопряда является биологический метод обработки лесных массивов препаратом «Лепидоцид, СК».
2. На территории Тюменской области, где обитает сибирский шелкопряд, необходимо проводить постоянный контроль численности его популяции.
3. Это позволит наиболее эффективно организовать работу, направленную на сдерживание распространения вредителя, а также даст возможность спрогнозировать и предотвратить его вспышки массового размножения в будущем.

Список источников

- Гниненко Ю. И. Рекомендации по применению битоксибациллина и лепидоцида для защиты леса от хвое- и листогрызущих вредителей. Пушкино : ВНИИЛМ, 2023. 20 с.
- Колтунов Е. В., Пономарев В. И., Федоренко С. И. Экология непарного шелкопряда в условиях антропогенного воздействия // РАН. Урал. отд-ние. Ин-т леса. Екатеринбург : УрО РАН, 1998. 212 с.
- Леонтьев Д. Ф. Распространение и прогнозирование численности сибирского шелкопряда (*dendrolimus superans sibiricus tschetv.*). Научный обзор // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 11–5. С. 705–709.
- Об утверждении Порядка осуществления государственного лесопатологического мониторинга : приказ Минприроды России № 156 от 5 апреля 2011 г. URL: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 25.07.2024).
- Об утверждении Правил ликвидации очагов вредных организмов : утв. приказом Минприроды России от 09.11.2020 № 913. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012210106> (дата обращения: 25.07.2024).
- Описание границ памятника природы регионального значения «Полюяновский бор» : постановление правительства Тюменской области № 400-П от 03 октября 2012. URL: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 25.07.2024).
- Правительство Тюменской области : [офиц. сайт]. URL: <https://admtumen.ru> (дата обращения: 24.07.2024).
- Приказ Минприроды России от 18 августа 2014 г. № 367 «Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечень лесных районов Российской Федерации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (дата обращения: 23.07.2024).

- Приказ Рослесхоза от 26 декабря 2018 г. № 1067 «Об установлении лесозащитного районирования в лесах, расположенных на землях лесного фонда, и признании утратившим силу приказа Рослесхоза от 25 апреля 2017 г. № 179». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (дата обращения: 23.07.2024).
- Применение аэрозолей для борьбы с вредными насекомыми / *А. А. Ковальский, К. П. Куценогий, В. М. Сахаров* [и др.]. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 150 с.
- Российский Центр защиты леса : [сайт]. URL: <https://rcfh.ru> (дата обращения: 22.07.2024).
- Чикидов И. И.* Климатические предпосылки возникновения очагов массового размножения сибирского шелкопряда в Центральной Якутии // *Лесные исследования в Якутии : итоги, состояние и перспективы* ; матер. науч.-практ. конф. Якутск : Изд-во ЯГУ, 2006. 90 с.

References

- Chikidov I. I.* Climatic prerequisites for the emergence of foci of mass reproduction of the Siberian silkworm in Central Yakutia // *Forest research in Yakutia: results, status and prospects : materials of the scientific and practical conference*. Yakutsk : Publishing house of YSU, 2006. 90 p.
- Description of the boundaries of the Poluyanovsky Bor nature monument of regional significance : Decree of the Government of the Tyumen Region № 400-P dated October 03, 2012. URL: <https://docs.cntd.ru/> (accessed 25.07.2024).
- Gninenko Yu. I.* Recommendations on the use of bitoxibacillin and lepidocide to protect forests from coniferous and leaf-eating pests. Pushkino : VNIILM, 2023. 20 p.
- Koltunov E. V., Ponomarev V. I., Fedorenko S. I.* Ecology of the unpaired silkworm in conditions of anthropogenic impact / RAS. Ural. department. In-t forests. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1998. 212 p.
- Leontiev D. F.* Distribution and forecasting of the Siberian silkworm (*dendrolimus superans sibiricus tschetv.*) (scientific review) // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2015. № 11–5. P. 705–709. (In Russ.)
- On Approval of the Procedure for State Forest Pathology Monitoring : Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation № 156 dated April 5, 2011. URL: <https://docs.cntd.ru/> / (accessed 25.07.2024).
- Order № 367 of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated August 18, 2014 “On approval of the list of forest areas of the Russian Federation and the list of forest areas of the Russian Federation”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (accessed 23.07.2024).
- Resolution Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated 19.11.2020 № 913 “On approval of the Rules for the elimination of foci of harmful organisms”. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012210106> (accessed: 25.07.2024).
- Rosleskhoz Order № 1067 dated December 26, 2018 “On the establishment of forest protection zoning in forests located on Forest Fund Lands and invalidation of Rosleskhoz Order № 179 dated April 25, 2017”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (accessed 23.07.2024).
- Government of the Tyumen region : [official website]. URL: <https://admtymen.ru> (accessed 24.07.2024).
- Russian Forest Protection Center : [official website]. URL: <https://rcfh.ru> (accessed 22.07.2024).
- The use of aerosols to control harmful insects / *A. A. Kovalsky, K. P. Kutsenogy, V. M. Sakharov* [et al.]. Novosibirsk : Nauka. Sib. otd., 1978. 150 p.

Информация об авторах

Л. Е. Кузнецов – аспирант;

С. В. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

L. E. Kuznetsov – graduate student;

S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Статья поступила в редакцию 29.07.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 29.07.2024; accepted for publication 15.11.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 149–155.
Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 149–155.

Научная статья
УДК 691.175.2
DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.016

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Павел Сергеевич Захаров¹, Кристина Алексеевна Усова²,
Алексей Евгеньевич Шкуро³

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ zazaver@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-0027-3446>

² usovaka@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/000-0002-6237-955X>

³ shkuroae@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4016-2269>

Аннотация. В данной статье обсуждается динамика биоразложения, а также физико-механические свойства ацетатов целлюлозы, наполненной древесиной. Ацетат целлюлозы со степенью замещения 2,65 использовали в качестве полимерной фазы для приготовления композиционных материалов. В качестве пластификаторов применяли триацетат глицерина (триацетин) и трифениловый эфир фосфорной кислоты (трифенилфосфат); в качестве наполнителя – древесную муку марки 180. Пластификацию ацетата целлюлозы и дальнейшее смешивание с наполнителем осуществляли прокаткой. Определены следующие свойства ацетатов древеснонаполненной целлюлозы: плотность, прочность на изгиб, твердость по Бринеллю, модуль сжатия, пластичность, прочность на разрыв, ударная вязкость, водопоглощение в течение семи суток, потеря массы после воздействия активного грунта в течение 75 сут. Таким образом, с увеличением содержания древесной муки в составе образца наблюдается увеличение твердости, плотности, модуля упругости при сжатии и водопоглощения. При этом наблюдается снижение показателя пластичности материала. Кроме того, зависимость ударной вязкости от содержания древесной муки чрезвычайно велика. Максимальное значение ударной вязкости имеет пластифицированный ацетат целлюлозы, содержащий 30 мас. % древесной муки. Образцы ацетатов целлюлозы с древесным наполнителем также демонстрируют значительно более высокую скорость биоразложения в незаполненных образцах активной почвы. Зависимость индекса потери массы после выдержки в активной почве в течение 75 сут от содержания древесной муки описывается уравнением $y = 3,19e^{0,01x}$ ($R^2 = 0,76$).

Ключевые слова: композит, ацетат целлюлозы, древесная мука, физико-механические свойства, биодegradация

Для цитирования: Захаров П. С., Усова К. А., Шкуро А. Е. Биоразлагаемые композиционные материалы на основе ацетата целлюлозы // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 149–155.

Original article

BIODEGRADABLE COMPOSITE MATERIALS BASED ON PLASTICIZED CELLULOSE ACETATE

Pavel S. Zakharov¹, Kristina A. Usova², Alexey E. Shkuro³

¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ zazaver@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-0027-3446>

² usovaka@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/000-0002-6237-955X>

³ shkuroae@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4016-2269>

Abstract. This paper discusses wood-filled cellulose acetates' biodegradation dynamics and physical and mechanical properties. Cellulose acetate with a degree of substitution of 2,65 was used as a polymeric phase to prepare composite materials. Glycerol triacetate (triacetin) and triphenyl ester of phosphoric acid (triphenyl phosphate) were used as plasticizers; wood flour grade 180 was used as a filler. Cellulose acetate plasticization and further mixing with filler were carried out by rolling. Following properties of wood-filled cellulose acetates were determined: density, flexural strength, Brinell hardness, compressive modulus, plasticity, tensile strength, impact strength, water absorption for seven days weight loss after exposure to active soil for 75 days. Thus, with an increase in wood flour content in the sample's composition, an increase in hardness, density, modulus of elasticity in compression, and water absorption is observed. At the same time, a decrease in the plasticity index of the material is observed. Furthermore, the dependence of the impact strength on the wood flour content is extreme. The maximum impact strength value has plasticized cellulose acetate containing 30 wt. % wood flour. Samples of wood-filled cellulose acetates also offer a significantly higher rate of biodegradation in active soil unfilled samples. The dependence of the weight loss index after exposure in the active soil for 75 days on wood flour content is described by the equation $y = 3,19e^{0,01x}$ ($R^2 = 0,76$).

Keywords: composite, cellulose acetate, wood flour, physical and mechanical properties, biodegradation

For citation: Zakharov P. S., Usova K. A., Shkuro A. E. Biodegradable composite materials based on plasticized cellulose acetate // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 149–155.

Introduction

Currently, biodegradable polymeric and composite materials are one of the most priority areas of scientific activity. In the future, biodegradable materials will solve a significant part of the problems associated with the collection and processing of municipal solid waste arising from the disposal of plastic containers and packaging (Glukhikh et al., 2020). Today's search for new biodegradable materials mainly focuses on compounds of polyesters of hydroxy acids and natural polymers, which have a broad raw material base (Long, 2013). Much attention is drawn to the search for ways to make synthetic polymers biodegradable: polyethylene, polypropylene, polyethylene terephthalate, etc.

One of the main advantages of using natural polymers to create biodegradable materials is the renewable nature of their sources (Nawrath, Poirier, 1995). However, polymers of natural origin do not always have good physical and mechanical properties, and their processing into products is often associated with several difficulties. For example, with numerous advantages, cellulose cannot pass into a viscous state, which does not allow obtaining a product from it using such high-performance polymer processing methods as injection molding or extrusion. Substances of different nature are added in natural polymers to improve the technological properties (Rogovin, 1979). Polymers of the same hydroxycarboxylic acids, polyhydric alcohols, polymers containing ester and carboxyl

functional groups, polyolefins, etc., can serve as such additives (Cong, 2015). In this case, the main problem is the selection of compositions that provide compositions based on natural polymers with properties that bring them closer to synthetic analogs (Long, 2013).

The most common natural polymers used to produce biodegradable materials are proteins, cellulose, and its esters, starch, and chitosan. A promising direction is the study of composite materials based on cellulose acetate since, unlike cellulose, its esters can pass into a viscous flow state and can be processed using the most known methods. Cellulose acetates with a degree of substitution from 2.2 to 2.5 are commonly used in industry (Roberta et al., 2017). Thermoplastic compositions consisting of cellulose acetate plasticizer, stabilizer, dye, filler, and other additives are obtained by extrusion and rolling.

As plasticizers for cellulose acetates, aliphatic esters of phthalic, sebacic, orthophosphoric, adipic, citric, and some other acids, as well as their mixtures, are used. As a rule, plasticizers give cellulose acetate products elastic properties but reduce heat resistance, hardness and strength (Zakharov et al., 2020). The specific type of plasticizer is selected depending on the properties required for the product. Some plasticizers can give the product unique properties: triphenyl phosphate – increases water resistance; trichloromethyl phosphate – reduces flammability; dibutyl sebacate – improves frost resistance. Today, plasticizers based on esters of phthalic and phosphoric acids are the most common (Wypych, 2017; Erceg et al., 2023). To date, there is a tendency to abandon the use of these plasticizers, associated with their negative impact on the environment and human health. The possibility of partial or complete replacement of phthalate-type plasticizers with citric acid esters – citrates (Schiller et al., 2015) and esters of glycerol and carboxylic acids (triacetin) is considered.

Plasticized cellulose acetate seems to be a promising raw material for producing biodegradable polymer composite materials (Ach, 1993; Preparation of biocomposites..., 2023). The most common type of lignocellulosic filler in polymer composite materials is traditionally wood flour. Its use provides composites with high mechanical properties (Problems..., et al., 2014). Furthermore, as fillers for plasticized cellulose

acetates, various wastes of the timber industry complex can be considered (Levi, Gurkovskaya, 1967).

Preliminary studies have shown the ability of unfilled samples of plasticized cellulose acetate to biodegrade in soil (Sam et al., 2014; Tatarinova, 2020). Therefore, this work aimed to study biodegradation dynamics in the active soil of samples of wood-filled cellulose acetates. The study included the assessment of the composites' mechanical properties and the establishment of the influence of the filler content.

Experimental

Cellulose acetate (technical specifications 6-05-943-75) was used as a polymer phase to prepare composite materials. Glycerol triacetate (triacetin, technical specifications 2435-070-00203521-2001) and orthophosphoric acid triphenyl ester (TPF, technical specifications 6-09-08-1679-84) were used as plasticizers. Stearic acid of technical grade T-32 (State Standard 6484-96) was used as a lubricant. Wood flour grade 180 was used as a filler in work.

Plasticification of cellulose acetate and further mixing with the filler was carried out on laboratory rollers of the PD-320-160/160 brand at 160–170 °C. Standard samples for testing the physical and mechanical properties of the obtained composites were made by hot pressing. The formulations of the studied compositions are presented in table 1.

Density, flexural strength, Brinell hardness, compressive modulus, ductility, tensile strength, impact strength, and water absorption were determined for the resulting composite samples for seven days.

The value of weight loss assessed the ability of samples of wood-filled cellulose acetates to biodegrade after exposure to active soil. An active soil was prepared for the experiment with the following composition: garden soil (State Standard R 53381-2009) – 89 vol. %, distilled water – 10 vol. %, microbiological preparation “Tamir” (State Standard 9291-002-70213832-2007) – 1 vol. %. Before the experiment, the active soil was kept at room temperature for 21 days. During the experiment, soil moisture was maintained at 30 %.

For testing in the active soil, a composite sample was used in a rectangular plate with dimensions of 15×10×5 mm. Before exposure in the soil, composite samples were dried in an oven at 105 °C

Table 1

Sample formulations of wood-filled cellulose acetates

Sample number	The proportion of components in the composite sample, wt. %			
	Wood flour	Cellulose acetate	Triacetin	Triphenyl phosphate
1	0,0	66,7	26,7	6,7
2	20,0	53,4	21,4	5,4
3	30,0	46,7	18,7	4,7
4	40,0	40,0	16,0	4,0
5	50,0	33,4	13,4	3,4

to constant weight. After that, they were immersed in the active soil to at least 2 cm depth. Next, the samples were removed from the soil, thoroughly cleaned, and washed with ethyl alcohol at fixed intervals. Then samples were dried to a constant weight, after which the change in weight (loss) relative to the initial values was determined.

Results and discussion

The results of testing the physical and mechanical properties of samples of the obtained composites are presented in Table 2. Trends in the dependence of COMPOSITE properties on the content of wood flour (x) in them in the studied range are shown in Figures 1–6.

With a change in the content of wood flour in COMPOSITE, a slight drop in the bending strength of the composite is observed (Table 2), and other measured properties are characterized by experimental-statistical dependences adequate for a confidence probability of 0,95 with high values of the coefficient of determination R^2 (Table 3).

The data obtained shows that the COMPOSITE samples density increases with an increase in the wood flour content in the composite (Fig. 1). It may be due to the strengthening of bonds between the cellulose acetate phase and COMPOSITE filler, increasing the proportion of wood flour in the composite.

A similar effect of the content of wood flour in COMPOSITE is also characteristic of the indicators of Brinell hardness (Fig. 2), modulus of elasticity in compression (Fig. 3), and water absorption for seven days (Fig. 4).

With an increase in the wood flour content, a decrease in the plasticity index of the material is observed (Fig. 5).

The dependence of the impact strength index on the content of wood flour is extreme (Fig. 6). The maximum impact strength values (10,5 kJ/m²) are demonstrated by a composite sample containing 30 wt. % wood flour.

Table 2

Properties of composites samples

Indicator	Content of wood flour wt. %				
	0	20	30	40	50
Density, kg/m ³	1285,1	1308,8	1316,7	1324,7	1330,6
Hardness, MPa	36,5	70,1	109,5	135,1	141,8
Plasticity, %	37,6	24,2	21,1	16,0	16,0
Tensile strength, MPa	24,7	45,3	68,6	83,4	87,2
Compressive modulus, MPa	299,9	726,1	1001,3	1254,6	1338,2
Flexural strength, MPa	–	56,1	51,6	55,1	49,8
Impact strength, kJ/m ²	–	8,3	10,5	8,0	8,7
Water absorption for 7 days, %	2,1	4,9	5,6	6,8	7,6

Table 3

Dependences of WPC properties on the content of wood flour

Indicator	Dependence	R ²
Density (ρ), kg/m ³	$\rho = 1285,2 + 1,31x - 0,0082x^2$	1,00
Brinell hardness (H_B), MPa	$H_B = 34,44 + 0,138x^2 - 0,0019x^3$	0,99
Plasticity (P), %	$P = 35,89 - 0,44x$	0,92
Tensile strength (σ_t), МПа	$\sigma_t = 23,96 + 1,35x$	0,97
Compressive modulus (E), MPa	$E = 313,1 + 21,8x$	0,98
Flexural strength (σ_f), MPa	$\Sigma_f = 156,3 - 9,73x + 0,292x^2 + 0,0028x^3$	1,00
Impact strength (a), kJ/m ²	$a = -41,8 + 4,82x - 0,142x^2 + 0,0013x^3$	1,00
Water absorption for 7 days (WA_7), %	$WA_7 = 2,3 + 0,11x$	0,99

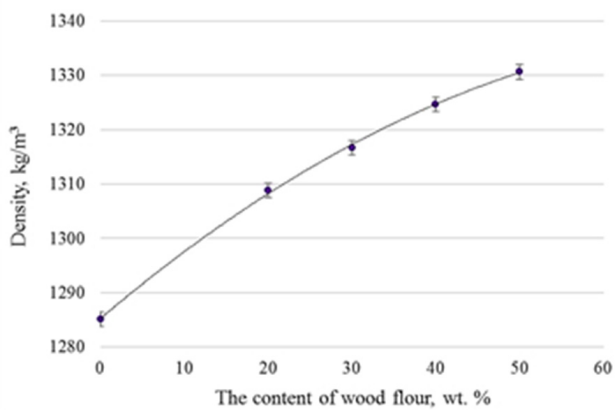


Fig. 1. Dependence of density on the content of wood flour

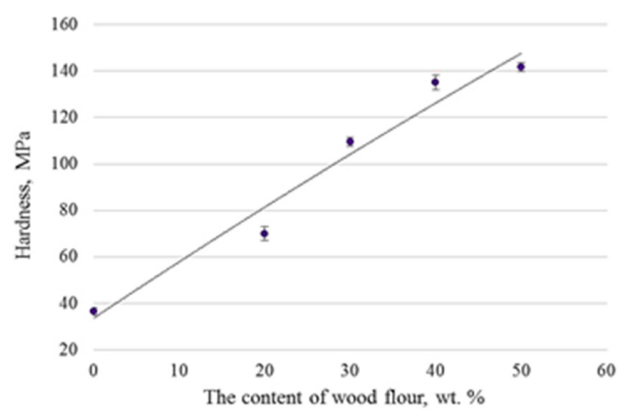


Fig. 2. Dependence of Brinell hardness on the content of wood flour

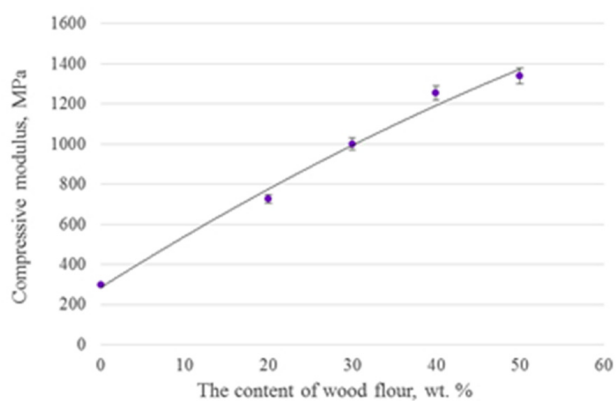


Fig. 3. Dependence of the modulus of elasticity on the content of wood flour

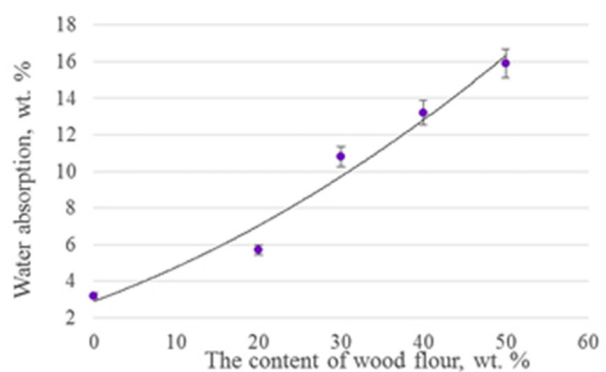


Fig. 4. Dependence of water absorption for seven days on the content of wood flour

Figure 7 shows the dependence of the index mass loss after its exposure in the active soil for 75 days (B_{75}) on the content of wood flour in the composite material.

With an increase in wood filler content in WPC, an increase in its degree of biodegradation in activated

soil is observed. Therefore, the dependence on the wood flour content of the weight loss after exposure in the active soil for 75 days can be described with sufficient accuracy by the equation $B_{75} = 3,19e^{0,01x}$ ($R^2 = 0,76$).

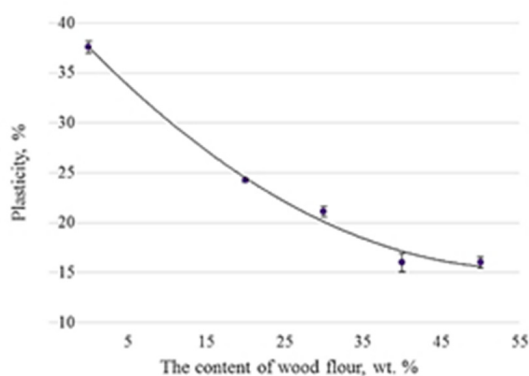


Fig. 5. Dependence of the plasticity index on the content of wood flour

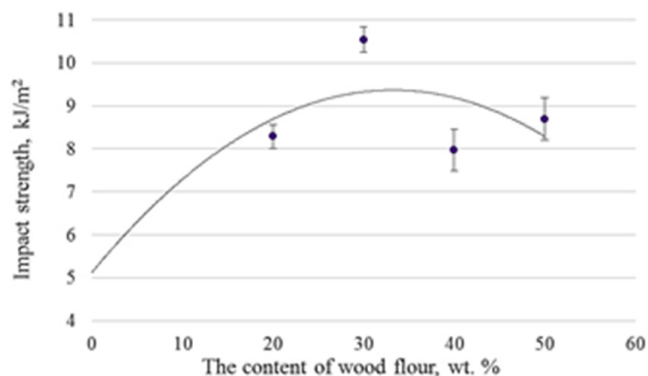


Fig. 6. The dependence of impact strength on the content of wood flour

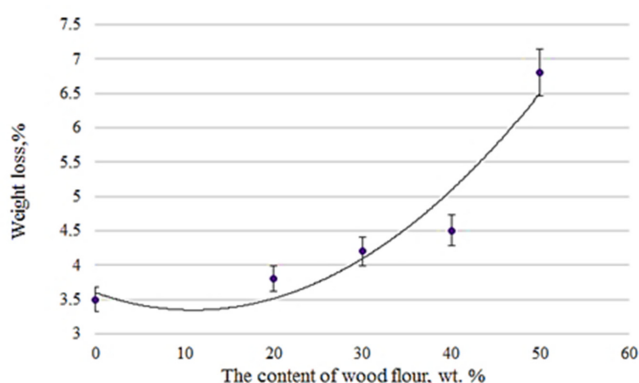


Fig. 7. Dependence of the weight loss index after exposure in the active soil for 75 days on the content of wood

The hardness and compressive modulus of the composite material samples increases with an increase in the content of wood flour, which indicates good phase compatibility and uniformity of the filler distribution in the polymer matrix. In addition, high values of the water absorption index of WPC samples are an indirect sign of a greater propensity for biodegradation of highly filled composite samples. In general, WPC with a polymeric phase of cellulose acetate are superior in their physical and mechanical properties to samples of wood-polymer composites based on polyolefins and are comparable to WPC based on polyvinyl chloride.

The use of wood flour as a filler, the investigated plasticized cellulose acetate, leads to a significant

increase in the biodegradation rate of the composite material while maintaining important physical and mechanical properties at a sufficiently high level. Also, the use of wood flour can significantly reduce the cost of the composite material compared to unfilled cellulose acetate.

Conclusion

As a result of the work carried out, several patterns of influence of the content of wood flour on the main physical and mechanical properties of composites with plasticized cellulose acetate were established. Thus, with an increase in the content of wood flour in the composition of a COMPOSITE sample, an increase in hardness, density, modulus of elasticity in compression and water absorption is observed. At the same time, a decrease in the plasticity index of the material is observed. The dependence of the impact strength index on the content of wood flour in WPC is extreme.

Samples of cellulose acetate composites filled with wood flour show a significantly higher biodegradation rate in active soil than unfilled cellulose acetate. The use of wood flour as a cellulose acetate filler can find a practical application for the production and use of demanded COMPOSITE products with the necessary physical and mechanical properties and biodegradation rate in the soil.

References

- Ach A.* Biodegradable Plastics Based on Cellulose Acetate // Journal of Macromolecular Science. Part A : Pure and Applied Chemistry. 1993. Vol. 9, № 10. P. 733–740.
- Cong Y. B.* Cellulose acetate plasticizer systems: structure, morphology, and dynamics. Lyon : Universite Claude Bernard, 2015. 199 p.

- Erceg T., Vukich N., Sovljanski D.* Preparation and characterization of biodegradable cellulose acetate-based films with novel plasticizer obtained by polyethylene terephthalate glycolysis intended for active packaging // *Cellulose*. 2023. Vol. 30, № 9. P. 5825–5844. DOI: 10.1007/s10570-023-05240-6
- Glukhikh V. V., Shkuro A. E., Krivonogov P. S.* The effect of chemical composition on the biodegradation rate and physical and mechanical properties of polymer composites with lignocellulose fillers // *Bulletin of the Karaganda University. Chemistry Series*. 2020. Vol. 3, № 103. P. 83–92. DOI: 10.31489/2021Ch3/83-92
- Levi I. V., Gurkovskaya L. V.* Cellulose ethers // *Plastic masses*. 1967. Vol. 12. P. 37–39.
- Long Y.* Biodegradable polymer blends and composites from renewable sources. St. Petersburg : Scientific foundations of technology, 2013. 488 p.
- Nawrath C., Poirier Y.* Plant polymers for biodegradable plastics : Cellulose, starch, and polyhydroxyalkanoates // *Molecular Breeding*. 1995. Vol. 1, № 2. P. 105–122.
- Preparation of biocomposites with a polymer phase of plasticized cellulose acetates with varying degrees of acetylation / *A. E. Shkuro, V. V. Glukhikh, K. A. Usova* [et al.] // *News of higher educational institutions. Forest journal*. 2023. Vol. 394, № 4. P. 155–168. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-155-168
- Problems of disposal of polymer waste / *M. A. Rakhimov, G. M. Rakhimova, A. V. Sorokina, E. M. Imanov* // *Fundamental research*. 2014. Vol. 8, № 2. P. 331–334.
- Roberta R. M., Andre M., Vagner R.* Influence of degree of substitution on thermal dynamic mechanical and physicochemical properties of cellulose acetate // *Industrial Crops & Products*. 2017. Vol. 109. P. 452–458.
- Rogovin Z. A.* Chemical transformations and modification of cellulose. Moscow : Chemistry, 1979. 205 p.
- Sam S. T., Zulkepli N. N., Ruzaidi C. M.* Current research in biodegradable plastics // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 679. P. 273–280.
- Schiller M., Krivonogov P. S., Shkuro A. E.* PVC Stabilizers/Additive / *M. Schiller*. Hanser, 2015. 414 p.
- Tatarinova D. V.* Preparation and researching of the properties of wood-polymer composites with hemp // *Bulletin of the Technological University*. 2020. Vol. 23, № 3. P. 76–80.
- Wyppych G.* Handbook of Plasticizers, ChemTec Publishing, 2017. 870 p.
- Zakharov P. S., Shkuro A. E., Krivonogov P. S.* Investigation of the properties of filled acetyl cellulose etrols // *Bulletin of the Technological University*. 2020. Vol. 23, № 2. P. 50–53.

Information about the authors

K. A. Usova – student;
P. S. Zakharov – postgraduate student;
A. E. Shkuro – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.

Информация об авторах

К. А. Усова – студент;
П. С. Захаров – аспирант;
А. Е. Шкуро – доктор технических наук, доцент.

Статья поступила в редакцию 22.06.2024; принята к публикации 15.09.2024.
The article was submitted 22.06.2024; accepted for publication 15.09.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 156–168.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 156–168.

Научная статья

УДК 620.1.08; 630*847.5

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.017

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕВЕСИНЫ В ДАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ИК-СПЕКТРА

Василий Николаевич Левинский¹, Виталий Матвеевич Попов²,
Валентина Александровна Афонькина³

¹⁻³ Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

¹ lv_74rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9778-3168>

² ntc-es@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5773-4839>

³ afva1982@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9743-5278>

Аннотация. В статье приведены факты о важности знания спектральных характеристик биотехнологического сырья, так как это позволит высокоэффективно управлять технологическим процессом переработки. Приведено описание инструментария для получения интерферограмм объекта исследования, основным из которых является Фурье-спектрометр инфракрасный ФСМ 2201. На основе подборки лабораторного оборудования разработан алгоритм проведения экспериментов получения спектральных характеристик. Для пород древесины дуба, осины, сосны и березы по предлагаемой методике получены спектральные характеристики в дальней области ИК-спектра, наибольший интерес из которых представляют собой экстремумы в диапазоне от 9400 до 9700 нм, так как поглощение в данном диапазоне – 100 %. Разработанная методика получения спектральных характеристик позволит сформировать справочные данные для основных пород древесины, которые будут оказывать эффективную информационно-методическую поддержку при разработке энергосберегающих режимов обезвоживания, инфракрасной техники для сушки биотехнологического сырья.

Ключевые слова: Фурье-спектрометр, спектральная характеристика, алгоритм, лабораторное оборудование, древесина

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-01090, <https://rscf.ru/project/23-76-01090/>

Для цитирования: Левинский В. Н., Попов В. М., Афонькина В. А. Методика получения спектральных характеристик древесины в дальней области ИК-спектра // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 156–168.

Original article

A METHOD FOR OBTAINING SPECTRAL CHARACTERISTICS OF WOOD IN THE FAR INFRARED RANGE OF THE SPECTRUM

Vasily N. Levinsky¹, Vitaly M. Popov², Valentina A. Afonkina³

¹⁻³ South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

¹ lv_74rus@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0001-9778-3168>

² ntc-es@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0001-5773-4839>

³ afva1982@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0001-9743-5278>

Abstract. The article presents facts about the importance of knowing the spectral characteristics of biotechnological raw materials, as this will allow highly efficient management of the technological processing process. The article describes the tools for obtaining interferograms of the object of study. The main instrument is the Fourier spectrometer infrared FSM 2201. An algorithm for conducting experiments to obtain spectral characteristics with selected laboratory equipment has been developed. Spectral characteristics in the far infrared range were obtained for oak, aspen, pine and birch wood species using the proposed method. Extremes in the range from 9400 nm to 9700 nm are of particular interest, since the absorption in this range is 100 %. The developed technique for obtaining spectral characteristics will allow the formation of reference data for the main types of wood, which will provide effective information and methodological support in the development of energy-saving dewatering modes, infrared technology for drying biotechnological raw materials.

Keywords: Fourier spectrometer, spectral characteristic, algorithm, laboratory equipment, wood

Funding: the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation № 23-76-01090, <https://rscf.ru/project/23-76-01090/>

For citation: Levinsky V. N., Popov V. M., Afonkina V. A. / A method for obtaining spectral characteristics of wood in the far infrared range of the spectrum // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 156–168.

Введение

ИК-спектроскопия на сегодняшний день имеет много вариантов применения во многих отраслях промышленности. Любой материальный объект обладает своим индивидуальным характером инфракрасного спектра, что позволяет использовать его как для количественного анализа, так и для качественного. Зная данные о пиках поглощения или пропускания на разных длинах волн излучения, к примеру сельскохозяйственного или лесного сырья, можно эффективно воздействовать на данные объекты, что приведет к интенсификации процессов сушки или обеззараживания (Афонькина, 2023; Levinsky, 2024).

ИК-спектр получается при непрерывном воздействии на объект исследования энергией инфракрасного потока излучения. С помощью ИК-спек-

трометра происходит разложение светового потока, который проходит через сырье, по длинам волн излучения.

При непрерывном воздействии спектра с определенной интенсивностью становятся ярко выраженными полосы поглощения инфракрасного излучения пробы сырья.

Согласование ИК-генератора со спектральной характеристикой объекта позволит эффективно управлять технологическим процессом, рассматривая электромагнитное поле как информационный поток энергии, который воспринимается биологическим объектом и запускает фазовые приращения внутри его (Афонькина, 2023; Бышов и др., 2019; Ранжирование..., 2021; Счисленко, Бастрон, 2020; Morozov, 2019; Interaction analysis..., 2020).

В данной работе будет представлен подбор инструментов для получения спектральных характеристик и разработан алгоритм действий при их определении, по которому в качестве примера для таких пород, как дуб, осина, сосна, береза, будут получены их спектральные характеристики.

Методика и объекты исследования

Для формирования справочных данных спектральных характеристик в дальней области ИК-спектра для основных пород древесины применялся следующий состав лабораторного оборудования:

- 1) Фурье-спектрометр инфракрасный ФСМ 2201;
- 2) пресс-форма ПФ-13;
- 3) пресс гидравлический ручной ПГР-400;
- 4) анализатор влажности ЭЛВИС-2С.

Лабораторный Фурье-спектрометр предназначен для регистрации и исследования оптических спектров в инфракрасной области, а также для количественного анализа и контроля качества

продукции (Вагин, Хорохорин, 2019; Позднякова, Денисюк, 2016; Руденко, Беляк, 2017). Схема получения спектров показана на рис. 1, принцип ее действия приведен в работах (Позднякова, Денисюк, 2016; Руденко, Беляк, 2017).

Система обработки данных основана на обработке их в Фурье-спектрометре с применением программного обеспечения FSрес, которая обеспечивает:

- получение интерферограмм;
- преобразование интерферограмм в спектр с использованием фазовой коррекции методом Мерца или Нортон-Бир;
- организацию спектральной базы данных на внешних носителях информации и работу с ней;
- первичную обработку и преобразование спектров;
- представление данных в графическом виде на экране монитора или на принтере;
- тестирование и настройку Фурье-спектрометра.

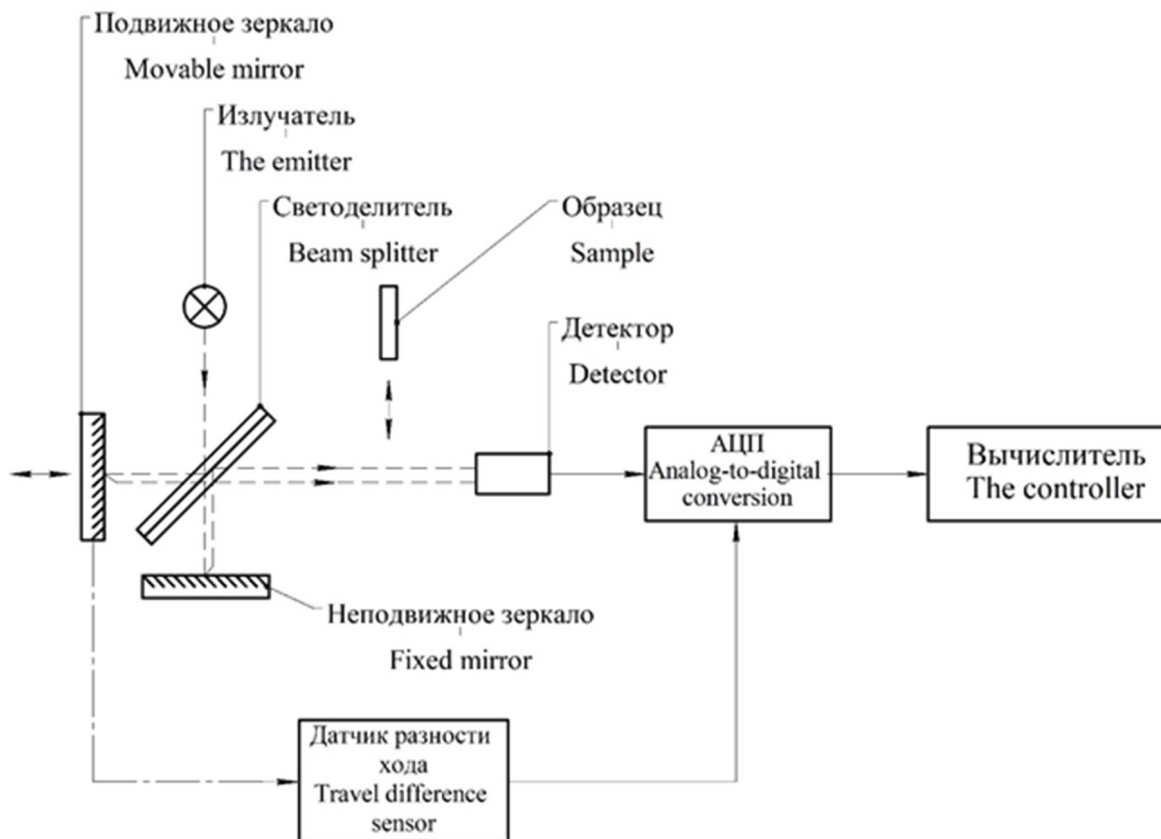


Рис. 1. Структурная схема Фурье-спектрометра
Fig. 1. Block diagram of the Fourier spectrometer

Технические характеристики Фурье-спектрометра инфракрасного ФСМ 2201 представлены ниже.

Рабочая область спектра, см ⁻¹	370–7800
Working range of the spectrum, cm ⁻¹	
Спектральное разрешение, см ⁻¹	1,0
Spectral resolution, cm ⁻¹	
Абсолютная погрешность градуировки шкалы волновых чисел, не более	±0,05
The absolute error of the calibration of the wave number scale, no more than, cm ⁻¹	
Отклонение линии 100 % пропускания от номинального значения (от 2100 до 2200 см ⁻¹ , разрешение 4 см ⁻¹ , 20 сканов), не более, %	±0,5
Deviation of the 100 % transmission line from the nominal value (from 2100 to 2200 cm ⁻¹ , resolution 4 cm ⁻¹ , 20 scans), no more, %	
Среднее квадратичное отклонение линии 100 % пропускания от номинального значения (от 2100 до 2200 см ⁻¹ , разрешение 4 см ⁻¹ , 20 сканов), не более, %	±0,01
The average square deviation of the 100 % transmission line from the nominal value (from 2100 to 2200 cm ⁻¹ , resolution 4 cm ⁻¹ , 20 scans), no more, %	
Уровень положительного и отрицательного псевдорассеянного света, не более, %	±0,2
The level of positive and negative pseudo-scattered light, no more, %	
Габаритные размеры, мм	520×370×250
Overall dimensions, mm	
Размеры кюветного отделения, мм	200×190×170
Dimensions of the cuvette compartment, mm	
Масса, кг	28
Weight, kg	
Потребляемая мощность, ВА	60
Power consumption, VA	
Параметры питающей сети, В, Гц	220 (-33/+22),
Power supply network parameters, V, Hz	50±1

Образец (или таблетка) на рис. 2 должен отвечать определенным требованиям (форма, масса, размер). Для изготовления образца применяется пресс-форма для изготовления таблеток ПФ13. Ее технические характеристики следующие.

Максимальное рабочее усилие, Тс	10
Maximum working force, Tc	
Диаметр таблетки, мм	13
Tablet diameter, mm	
Давление в вакуумной системе, не более, ммрт.ст.	20
Pressure in the vacuum system, not more than, mm Hg.	
Габаритный размеры, мм	77×52×71
Overall dimensions, mm	
Масса, кг	0,67
Weight, kg	

При формировании таблетки с параметрами для загрузки в кювет Фурье-спектрометра необходимо обеспечить рабочее усилие 10 Тс, что регламентировано техническими характеристиками ПФ13. Данное условие возможно реализовать с применением пресса гидравлического ручного ПГР-400, технические характеристики которого приведены ниже.

Максимальное рабочее усилие, Тс	10
Maximum working force, Tc	
Максимальное рабочее давление, бар	270
Maximum operating pressure, bar	
Максимальный подъем штока, мм	25
Maximum rod lift, mm	
Габаритный размеры, мм	400×200×250
Overall dimensions, mm	
Масса, кг	20
Weight, kg	

Анализатор влажности Элвис-2С предназначен для измерения влажности твердых монолитных, сыпучих, пастообразных, волокнистых, жидкостных и других материалов. Его технические характеристики приведены ниже.

Диапазон измерения массовой доли влаги, %	до 100
The range of measurement of the mass fraction of moisture, %	
Предел допускаемого значения абсолютной инструментальной погрешности анализатора при массе измеряемой пробы 2 г, %	±0,1
The limit of the permissible value of the absolute instrumental error of the analyzer at the mass of the measured sample is 2 grams, %	
Диапазон взвешивания, г	от 0,001 до 50
Weighing range, g	
Значение абсолютной погрешности взвешивающего устройства, г	±0,005
The value of the absolute error of the weighing device, g	
Масса измеряемой пробы, г	от 2 до 30
The mass of the measured sample, g	
Время установленного рабочего режима, мин	не более 30
Time of the set operating mode, min	
Время непрерывной работы, ч	не менее 16
Continuous operation time, h	
Потребляемая мощность, ВА	400
Power consumption, VA	
Параметры питающей сети, В, Гц	220 (±22), 50
Power supply network parameters, V, Hz	
Средняя наработка на отказ, ч	2000
Average time to failure, h	
Средний срок службы, лет	10
Average service life, years	
Габаритный размеры, мм	205x310x190
Overall dimensions, mm	
Масса, кг	8
Weight, kg	

В анализаторе влажности «Элвис-2С» работа с образцом заключается в первоначальном взвешивании и во взвешивании его после высушивания. В этой связи в устройстве анализатора предусмотрены высокоточные весы, что позволяет, помимо прямого назначения, использовать данное устройство для изготовления таблеток.

Результаты и их обсуждение

Для получения интерферограмм исследуемого материала с применением приведенного выше подбора лабораторных инструментов формируется определенный алгоритм действий. Воспроизведение алгоритма по этапам может быть последовательным в том случае, если это выполняет один лаборант, и может быть параллельным, если один лаборант выполняет операции «подготовка смеси», «изготовление таблеток», а второй лаборант работает непосредственно со спектрометром, выполняя операции «получение спектральных характеристик». На рис. 2 приведен разработанный алгоритм проведения экспериментов получения спектральных характеристик.

В рамках экспедиции по сбору образцов пород древесины для эксперимента были отобраны пробы таких пород, как дуб, осина, сосна, береза. Согласно методике в пятикратной повторности получены интерферограммы (спектральные характеристики) для выбранных пород древесины. Все образцы были высушены до влажности 8–10 %, эксперименты произведены после выдержки их всех непосредственно в помещении, где производились операции по получению спектральной характеристики, с целью обеспечения равных температурно-влажностных условий содержания всех проб (+22 °С, 49 %) и для исключения искажения полученных результатов.

Спектральная характеристика исследуемых образцов в диапазоне длин волн от 5000 до 11000 нм, полученная на Фурье-спектрометре ФСМ 2201, приведена на рис. 3–6, в табл. 1–4 показаны значения пиков поглощения (Levinsky, 2024).

Анализируя спектральные характеристики разных пород древесины (см. рис. 3–6), выявили, что они имеют различия в интерферограммах, однако характер их схож между собой и спектры подчинены одному характерному диапазону с варьированием процента поглощения и пропускания излучения (рис. 7).

Наибольший интерес представляют собой экстремумы в диапазоне от 9400 до 9700 нм, так как поглощение в данном диапазоне 100 %. Следовательно, рабочие режимы генератора излучения следует выбирать с рабочим диапазоном в данной области.

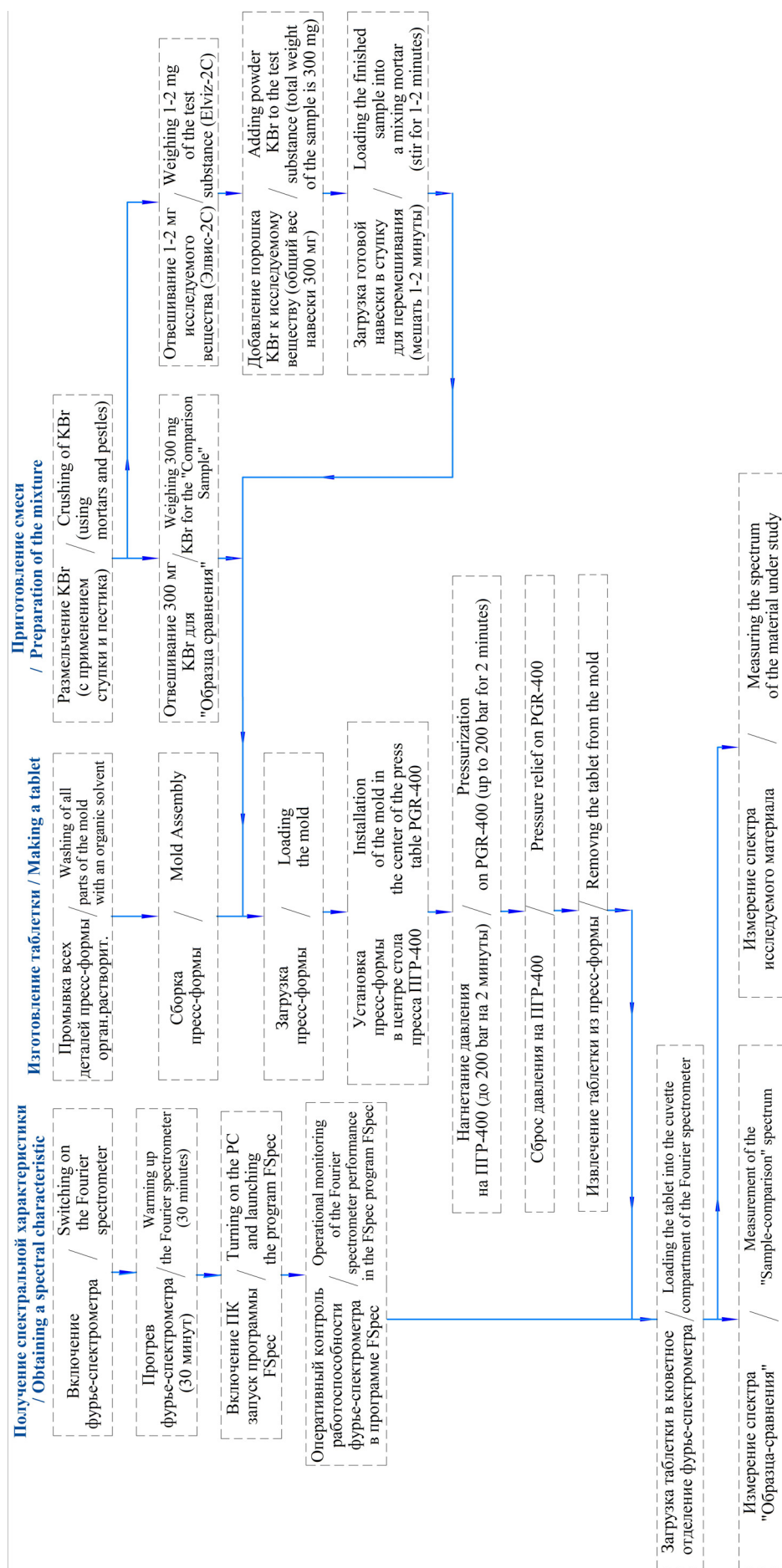


Рис. 2. Алгоритм проведения экспериментов получения спектральных характеристик
 Fig. 2. Algorithm for conducting experiments to obtain spectral characteristics

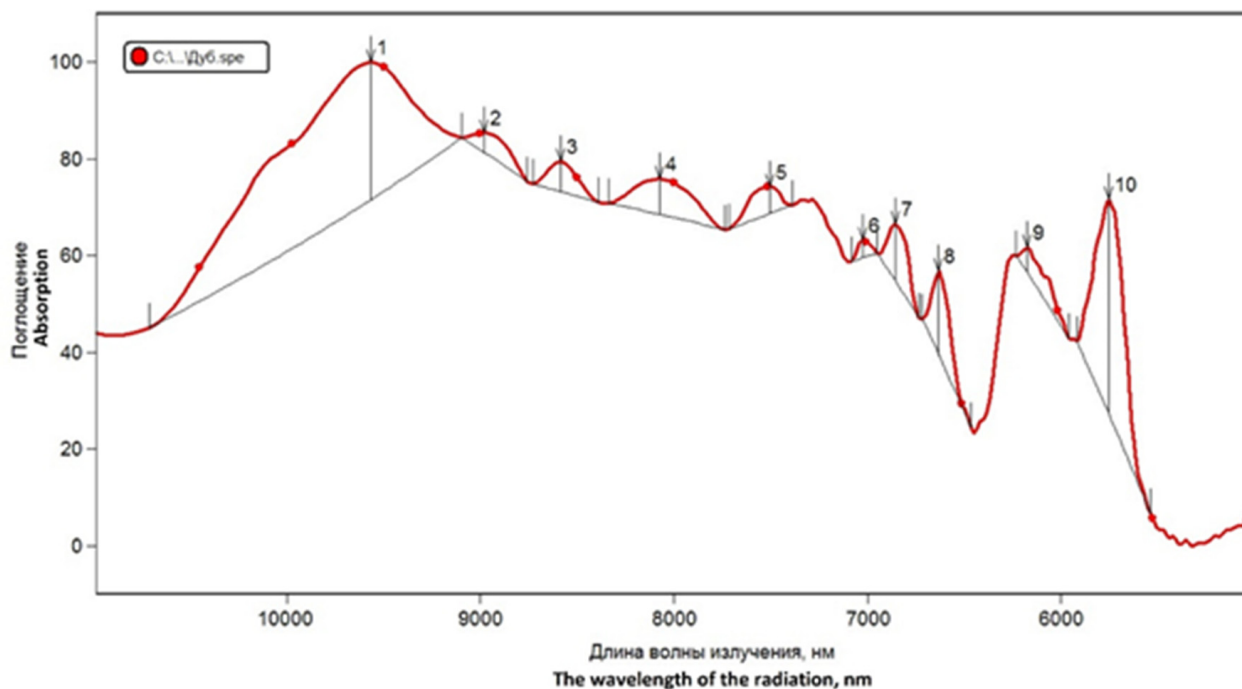


Рис. 3. Обобщенная спектральная характеристика проб дуба
 Fig. 3. Generalized spectral characteristics of oak samples

Таблица 1
 Table 1

Основные характеристики пиков поглощения для проб дуба
 Main characteristics of absorption peaks for oak samples

№	Начало Beginning	Максимум Maximum	Конец The end	Ордината Ordinate	Высота Height	Ширина Width	Площадь Square	Отн. площадь Relative Area
1	10712,56	9566,42	9096,28	1,659531	0,292992	96,055542	27,349379	38,29848
2	9096,28	8979,69	8758,24	1,509728	0,04243839	28,321045	1,2881949	1,8039132
3	8728,75	8584,96	8389,77	1,448044	0,06420755	23,403564	1,5130972	2,1188533
4	8335,82	8073,55	7738,63	1,411476	0,07636440	55,544189	4,0948064	5,7341286
5	7715,59	7504,91	7385,87	1,393676	0,05738795	34,040894	2,0094645	2,8139373
6	7083,17	7022,64	6950,24	1,280903	0,03828538	15,952393	0,5862664	0,8209733
7	6950,24	6857,66	6733,61	1,316281	0,12206316	26,415405	3,2563833	4,5600498
8	6716,16	6632,47	6464,94	1,215739	0,17879713	24,526489	4,4384416	6,2153354
9	6231,83	6174,68	5959,63	1,264514	0,05279005	47,281372	2,6411658	3,6985349
10	5918,81	5752,99	5539,40	1,366733	0,45679194	52,286987	24,233936	33,935794

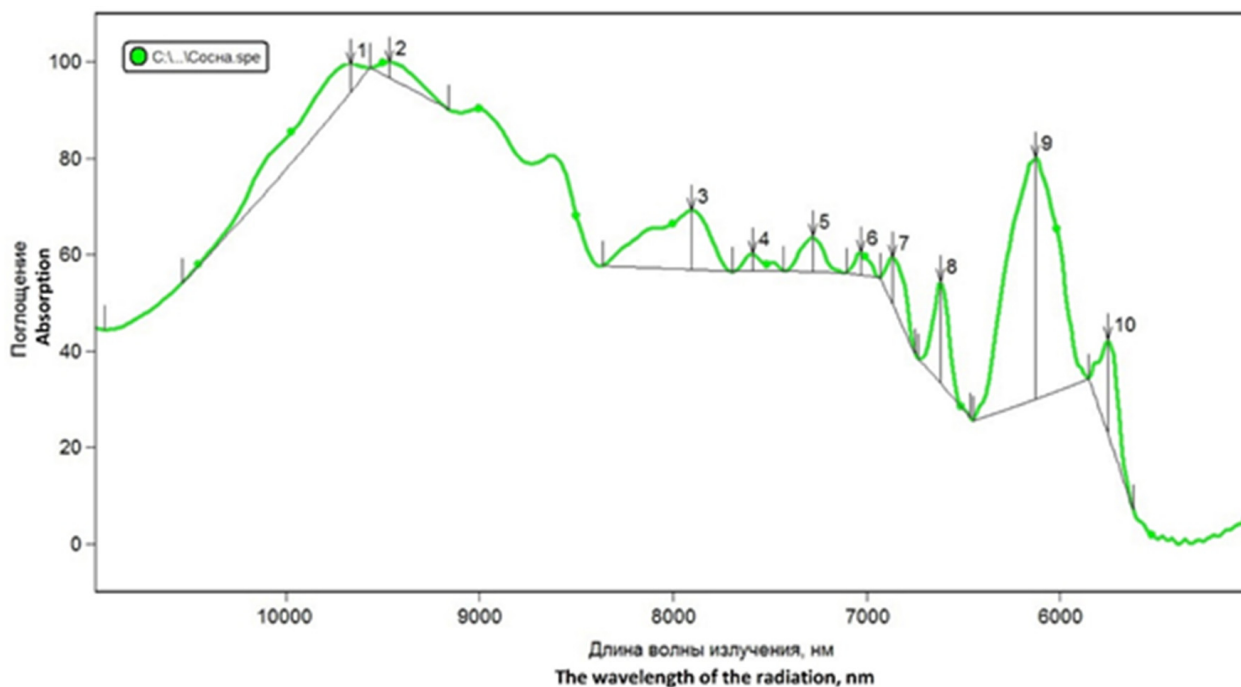


Рис. 4. Обобщенная спектральная характеристика проб сосны
 Fig. 4. Generalized spectral characteristics of pine samples

Таблица 2
 Table 2

Основные характеристики пиков поглощения для проб сосны
 Main characteristics of absorption peaks for pine samples

№	Начало Beginning	Максимум Maximum	Конец The end	Ордината Ordinate	Высота Height	Ширина Width	Площадь Square	Отн. площадь Relative Area
1	10538,37	9668,44	9566,20	0,72222501	0,02922964	61,00055	2,0687295	3,2036356
2	9566,20	9563,83	9160,56	0,7228545	0,01566184	28,53162	0,4598822	0,7121739
3	8362,71	7903,84	7692,70	0,5781551	0,05852628	60,50806	3,2619264	5,051421
4	7692,70	7590,82	7428,19	0,53487277	0,01688033	29,52661	0,3860770	0,597879
5	7428,19	7279,03	7108,57	0,55182207	0,03446561	25,43408	0,8724096	1,3510139
6	7102,57	7031,62	6931,66	0,53652602	0,0221048	18,84680	0,3995002	0,6186663
7	6931,66	6868,07	6751,14	0,53177744	0,04576737	25,50598	1,2003092	1,8587995
8	6733,61	6620,14	6464,94	0,50740689	0,09884217	21,16419	2,2021176	3,4102004
9	6448,85	6126,74	5852,01	0,62927401	0,23656428	84,05322	18,952051	29,349256
10	5852,01	5754,92	5623,51	0,45019296	0,09086432	31,78784	3,1401163	4,8627858

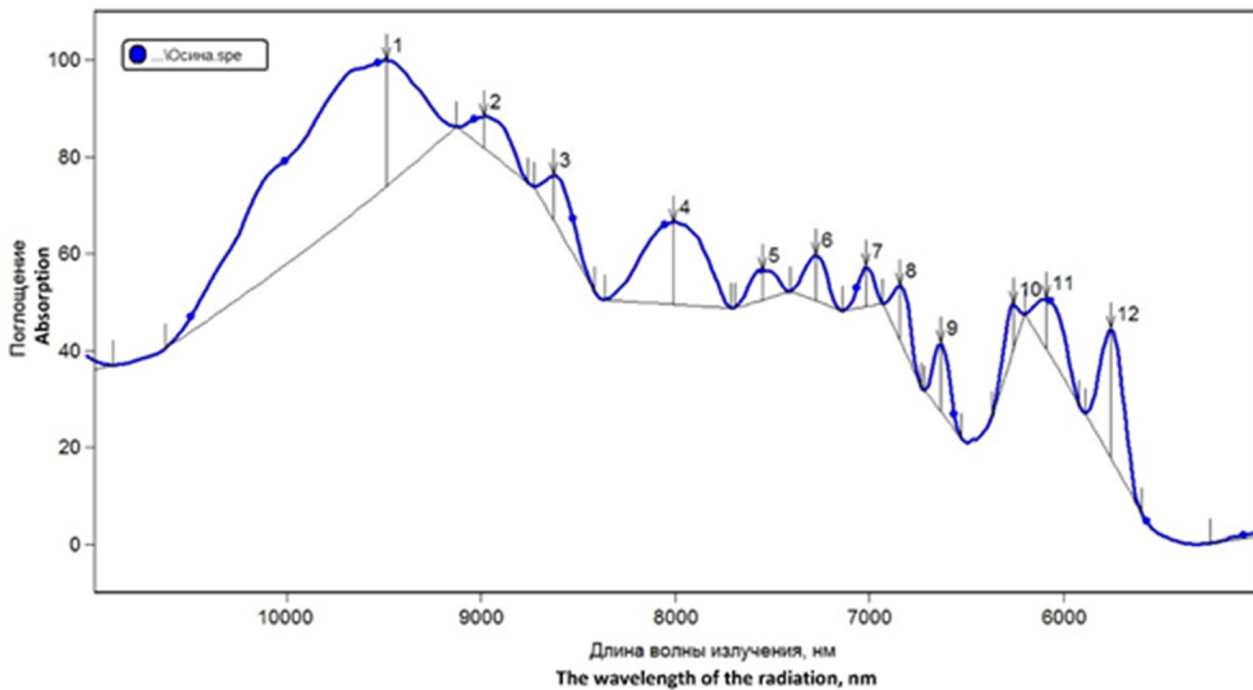


Рис. 5. Обобщенная спектральная характеристика проб осины
 Fig. 5. Generalized spectral characteristic of aspen samples

Таблица 3
 Table 3

Основные характеристики пиков поглощения для проб осины
 Main characteristics of absorption peaks for aspen samples

№	Начало Beginning	Максимум Maximum	Конец The end	Ордината Ordinate	Высота Height	Ширина Width	Площадь Square	Отн. площадь Relative Area
1	10624,75	9488,76	9128,31	1,2012354	0,30252206	99,267395	30,624275	26,926817
2	9138,31	8983,98	8758,24	1,0663681	0,076122284	30,013672	2,4137858	2,1216617
3	8708,75	8624,23	8417,01	0,92582715	0,10966361	23,168579	2,6879078	2,3626086
4	8362,71	8007,78	7715,59	0,81427515	0,19776964	57,989014	11,274347	9,9098895
5	7692,70	7550,33	7406,97	0,69864291	0,071729243	29,32373	2,0578201	1,8087761
6	7406,97	7276,08	7141,71	0,73508364	0,11011577	24,537842	2,714134	2,3856608
7	7141,71	7016,94	6931,66	0,70770818	0,096074045	19,035034	1,8535573	1,6292339
8	6931,66	6844,00	6733,61	0,66177243	0,13028115	22,221313	2,9849636	2,6237137
9	6716,16	6635,35	6530,07	0,52246547	0,1608654	22,133545	3,5666826	3,1350312
10	6369,63	6259,98	6202,01	0,61750931	0,10962242	23,184692	2,6666404	2,3439151
11	6202,01	6091,44	5918,81	0,62950552	0,11853892	48,176636	6,0005788	5,2743695
12	5891,91	5757,13	5599,22	0,55856913	0,30975331	41,986084	13,089655	11,505503

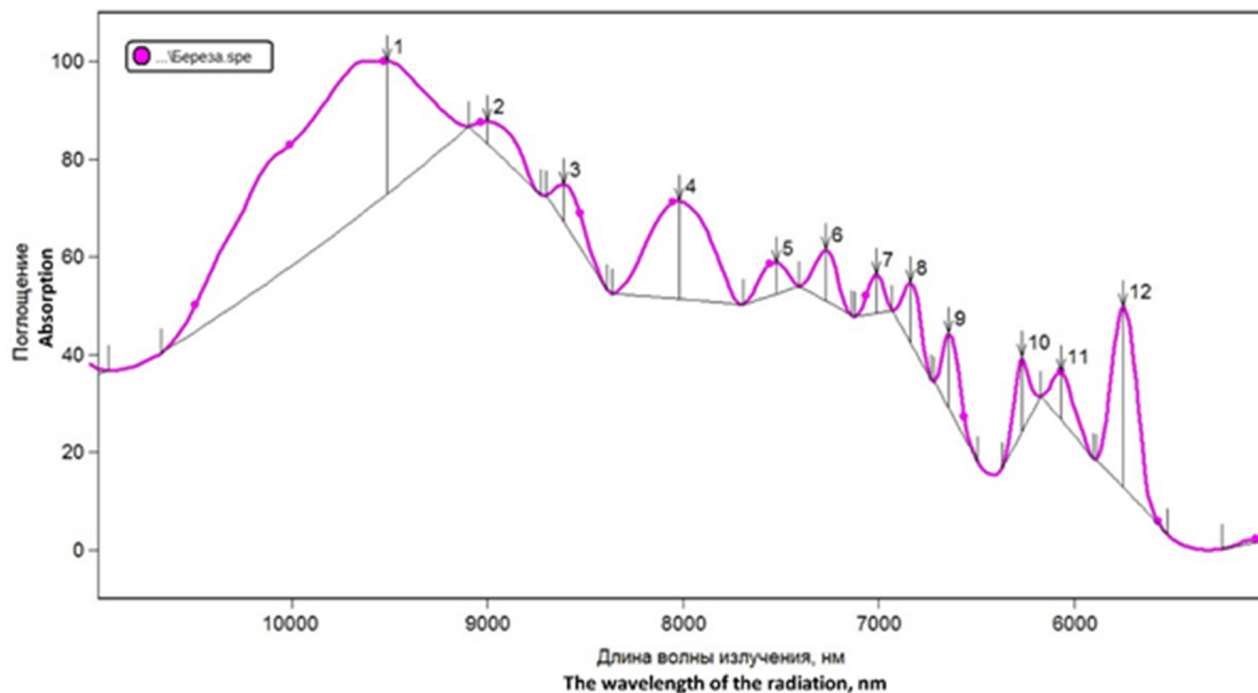


Рис. 6. Обобщенная спектральная характеристика проб березы
 Fig. 6. Generalized spectral characteristics of birch samples

Таблица 4
 Table 4

Основные характеристики пиков поглощения для проб березы
 Main characteristics of absorption peaks for birch samples

№	Начало Beginning	Максимум Maximum	Конец The end	Ордината Ordinate	Высота Height	Ширина Width	Площадь Square	Отн. площадь Relative Area
1	10668,48	9512,24	9096,28	2,4332156	0,52457464	108,17352	57,835897	20,221202
2	9096,28	9002,79	8728,75	2,1954463	0,087044954	32,194824	3,3626178	1,1756742
3	8699,46	8612,41	8389,77	1,9470506	0,14713907	23,102417	3,5991272	1,2583652
4	8362,71	8021,49	7692,70	1,8809291	0,38831758	56,635132	21,655603	7,5714625
5	7692,70	7524,58	7406,97	1,6373341	0,12533629	28,594727	3,5601599	1,244741
6	7406,97	7271,53	7141,71	1,6878431	0,20267987	24,273315	4,9987532	1,7477173
7	7122,09	7014,53	6931,66	1,5917454	0,15499413	19,156738	2,980935	1,0422262
8	6931,66	6837,90	6733,61	1,5581731	0,23868537	21,664673	5,2769475	1,8449826
9	6716,16	6642,61	6497,34	1,356593	0,29549873	22,937134	6,8648893	2,4001757
10	6369,63	6269,75	6172,48	1,2636619	0,29796642	21,641357	6,8179237	2,3837551
11	6172,48	6071,58	5905,33	1,2041874	0,1869266	35,179443	6,8992886	2,4122027
12	5891,91	5750,47	5527,59	1,4644945	0,71718651	44,858765	32,65066	11,415671

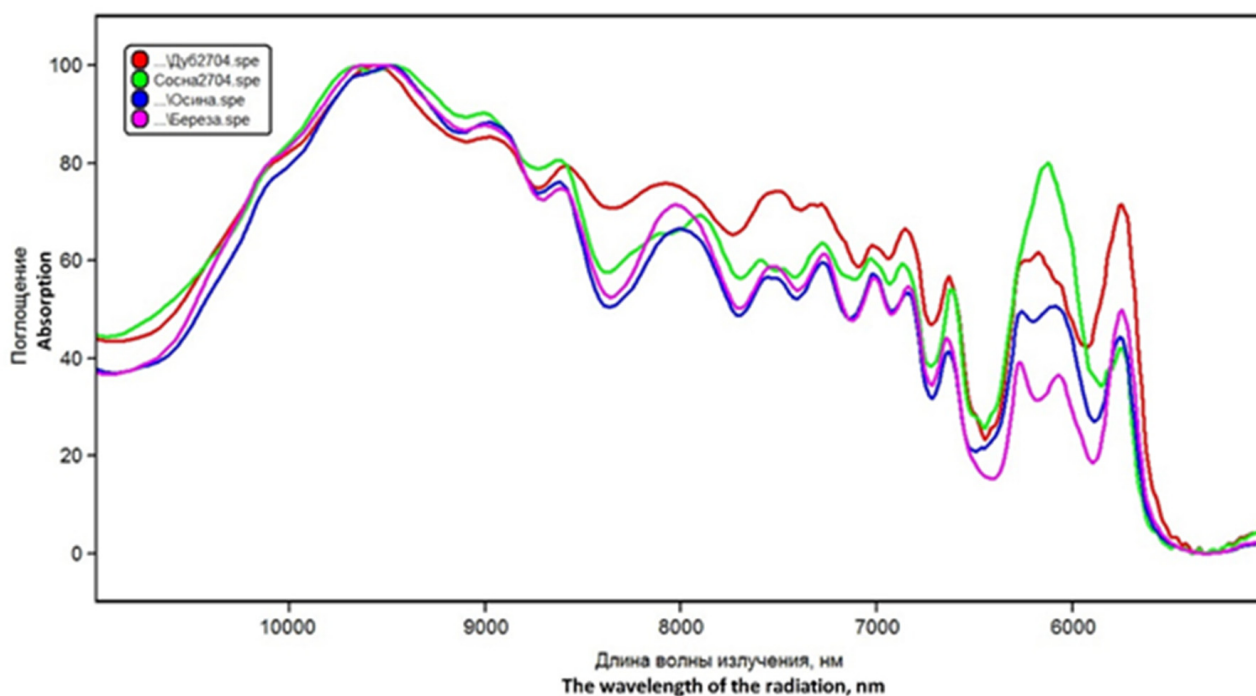


Рис. 7. Генерализованная спектральная характеристика исследуемых образцов пород древесины
 Fig. 7. Generalized spectral characteristics of the studied samples of wood species

Выводы

Разработанная методика получения спектральных характеристик позволит сформировать справочные данные для основных пород древесины, необходимые для оказания эффективной информационно-методической поддержки при разработке энергосберегающих режимов обезвоживания,

инфракрасной техники для сушки строительных сооружений из дерева и др. Предлагаемая методика является универсальной и распространяется для применения в других сферах науки и производства, где знания пиков поглощения или пропускания в определенном диапазоне длин волн излучения имеют ключевое значение.

Список источников

- Афонькина В. А. Оптические свойства сельскохозяйственного сырья как основа технологии сушки // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 194. С. 12–19.
- Бышов Д. Н., Каширин Д. Е., Морозов С. С. Экспериментальное исследование оптических характеристик перговых сотов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 3 (43). С. 75–79.
- Вагин В. А., Хорохорин А. И. Система регистрации интерферограмм в двухзондовом (двухканальном) фурье-спектрометре // Физические основы приборостроения. 2019. Т. 8, № 4(34). С. 11–15. DOI: 10.25210/jfor-1904-011015
- Позднякова С. А., Денисюк И. Ю. Теория и техника современного физического эксперимента : учеб.-метод. пособие. СПб. : Университет ИТМО, 2016. 75 с.
- Ранжирование целевых компонентов сельскохозяйственного сырья с целью разработки алгоритмов управления температурными режимами их обработки / В. М. Попов, В. А. Афонькина, В. Н. Левинский, Е. И. Кривошеева // Вестник НГИЭИ. 2021. № 5 (120). С. 31–41.

- Руденко М. Б., Беляк А. Л.* Исследование гипсосодержащих строительных материалов с различной степенью термического поражения методом ИК-спектроскопии при производстве судебной пожарно-технической экспертизы : учеб.-метод. пособие. Иркутск : Восточно-Сибирский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2017. 32 с.
- Счисленко Д. М., Бастрон А. В.* Повышение эффективности ИК-сушки плодов рябины черноплодной путем исследования их спектральных характеристик // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 5 (187). С. 159–165.
- Interaction analysis of the electrotechnological system «emitter-material» in the process of heating and drying of food plant raw materials / *V. D. Ochirov, I. V. Altukhov, S. M. Bykova, M. A. Blokhnin* // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference : AGRITECH-III-2020 : Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. URL: <https://iopscience.iop.org/> (accessed 10.09.2024).
- Levinsky V. N.* Spectral analysis of various types of wood as the basis of low-temperature drying technology in vacuum conditions // BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference «Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023» (MSNBAS2023). Les Ulis, 2024. P. 05026.
- Morozov S. S.* The research of optical characteristics of the honeycombs // Journal of Agriculture and Environment. 2019. № 1 (9). P. 10. DOI: 10.23649/jae.2019.1.9.10

References

- Afonkina V. A.* Optical properties of agricultural raw materials as the basis of drying technology // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2023. № 194. P. 12–19. (In Russ.)
- Byshov D. N., Kashirin D. E., Morozov S. S.* An experimental study of the optical characteristics of pearl honeycombs // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2019. № 3 (43). P. 75–79. (In Russ.)
- Interaction analysis of the electrotechnological system «emitter-material» in the process of heating and drying of food plant raw materials / *V. D. Ochirov, I. V. Altukhov, S. M. Bykova, M. A. Blokhnin* // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference : AGRITECH-III-2020 : Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. URL: <https://iopscience.iop.org/> (accessed 10.09.2024).
- Levinsky V. N.* Spectral analysis of various types of wood as the basis of low-temperature drying technology in vacuum conditions // BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference «Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023» (MSNBAS2023). Les Ulis, 2024. P. 05026.
- Morozov S. S.* The research of optical characteristics of the honeycombs // Journal of Agriculture and Environment. 2019. № 1 (9). P. 10. DOI: 10.23649/jae.2019.1.9.10
- Ranking of target components of agricultural raw materials in order to develop algorithms for controlling the temperature conditions of their processing / *V. M. Popov, V. A. Afonkina, V. N. Levinsky, E. I. Krivosheeva* // Bulletin of the NGIEI. 2021. № 5 (120). P. 31–41. (In Russ.)
- Pozdnyakova S. A., Denisyyuk I. Y.* Theory and technique of modern physical experiment : Educational and methodical manual. St. Petersburg : ITMO University, 2016. 75 p.
- Rudenko M. B., Belyak A. L.* Investigation of gypsum-containing building materials with varying degrees of thermal damage by IR spectroscopy in the production of forensic fire and technical expertise : An educational

and methodical manual. Irkutsk : East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, 2017. 32 p.

Schislenko D. M., Bastron A.V. Improving the efficiency of IR drying of mountain ash fruits by studying their spectral characteristics // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2020. № 5 (187). P. 159–165. (In Russ.)

Vagin V. A., Khorokhorin A. And the interferogram registration system in a two-probe (two-channel) Fourier spectrometer // Physical fundamentals of instrumentation. 2019. Vol. 8, № 4 (34). P. 11–15. DOI: 10.25210/jfop-1904-011015 (In Russ.)

Информация об авторах

В. Н. Левинский – кандидат технических наук;

В. М. Попов – доктор технических наук, профессор;

В. А. Афонькина – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

V. N. Levinsky – Candidate of Technical Sciences;

V. M. Popov – Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. A. Afonkina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 16.09.2024; принята к публикации 15.10.2024.

The article was submitted 16.09.2024; accepted for publication 15.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 169–175.
Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 169–175.

Научная статья
УДК 581.1:630.177.722
DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.018

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЮВЕНИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ МИКРОКЛОНАЛЬНОМ РАЗМНОЖЕНИИ *IN VITRO* *PINUS PINEA* L.

Абду Юссеф

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
abdousef86@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-4074-0877>

Аннотация. Предпринята политика микроклонального размножения сосны итальянской (шатровой) (*Pinus pinea* L.). Указанная сосна характеризуется высокой хозяйственной ценностью, в том числе ее семена (орешки) используются в пищу и востребованы на мировом рынке. Указанные обстоятельства объясняют большой интерес к сосне итальянской в плане использования ее при создании объектов озеленения, при лесовосстановлении и лесоразведении в районах Средиземноморья, в Сирии и других странах с жарким сухим климатом. Семена сосны итальянской долго сохраняют всхожесть, однако медленно прорастают, и выращивание значительного количества посадочного материала из семян затруднено в связи с их дефицитом из-за периодичности семеношения. Одним из путей обеспечения потребностей в посадочном материале сосны итальянской с сохранением наследственных свойств при незначительном количестве маточного материала является микроклональное размножение *in vitro*. К сожалению, до настоящего времени опыта размножения сосны итальянской на территории Российской Федерации нет. Кроме того, на Урале отсутствуют маточные деревья указанного вида сосны. В ходе исследований предпринята попытка микроклонального размножения сосны итальянской на основе 15-дневных всходов этой сосны. Для культивирования эксплантов в условиях *in vitro* использовались искусственные питательные среды, приготовленные на основе минеральных растворов (Murashige, Skoog, 1962).

Ключевые слова: сосна итальянская (шатровая) (*Pinus pinea* L.), микроклональное размножение, сохранение наследственных свойств, посадочный материал

Для цитирования: Юссеф А. Использование ювенильного материала при микроклональном размножении *in vitro* *Pinus pinea* L. // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 169–175.

Original article

USE OF JUVENILE MATERIAL IN MICROCLONAL PROPAGATION IN VITRO *PINUS PINIA* L.

Abdoy Yossef

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia
abdousef86@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-4074-0877>

Abstract. The article touches upon the policy of Italian pine (tent) micropropagation (*Pinus pinea* L.). The specified pine has many positive properties including seeds (nuts) which are used as food and are demanded in wored market. These circumstances explain the areat interest in Italian pine in terms of its use in forming greenery objects, in reforestation and forest growing un the Mediterranean regions, in Syria and other country with hot dry climates. Italian pine seeds retain their germination capacity for a long time. However, they germinate slowly and growing a significant amount of planting from seeds is difficult because of their deficiency the periodicity of seeds bearing. One of the ways to meet the needs for planting materials of Italian pine, the one maintaining hereditary properties with a small amount of parent material is microclonal propagation in vitro. Unfortunately, current there is no experience of Italian pine propagation in the Russian Federation. In addition there are no mother trees of this type of pine in the Urals. During the research, an attempt was made at microclonal propagation of Italian pine based on its 15-day shoots. For the cultivation of explants in vitro conditions there were used artificial nutrient media prepared on the busis of mineral solutions.

Keywords: Italian pine, mecropropagation, preservation of hereditary properties, planting material

For citation: Yossef A. Use of juvenile material in microclonal propagation in vitro *Pinus pinia* L. // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 169–175.

Введение

Решение вопросов искусственного лесовосстановления и лесоразведения невозможно без наличия значительного количества качественного посадочного материала. Однако выращивание последнего связано с определенными сложностями. Так, большинство пород-лесообразователей характеризуется периодичностью семенных лет (Луганский и др., 2010). Кроме того, в ряде случаев семена не вызревают даже в семенной год по причине неблагоприятных погодных условий. Указанное вызывает необходимость создания значительных запасов семян и их хранения длительный период в условиях, обеспечивающих их всхожесть.

При выращивании в лесном питомнике, а затем на лесокультурной площади посадочный материал, полученный из семян, характеризуется медленным ростом, что требует многократных агротехнических и лесоводственных уходов. Он не сохраняет наследственных свойств материн-

ского дерева. Указанный недостаток исключается при вегетативном размножении. Однако большинство хвойных видов практически не размножается традиционными вегетативными способами. Поэтому до тех пор, пока не будут разработаны высокоэффективные и воспроизводимые методы вегетативного размножения для экологически и экономически важных видов (Bergmann, Stomp, 1992), наиболее эффективная система для возможного массового размножения превосходных и генно-инженерных генотипов лесных деревьев как у хвойных, так и лиственных пород – это клональное размножение in vitro (Tang, 2001). Кроме того, клональное размножение in vitro отобранных семейств или более высоких генотипов позволяет использовать максимальный генетический эффект, достигнутый в селекционных программах (Somatic embryogenesis..., 2004).

Культура in vitro дает возможность размножения *Pinus pinea* L. в больших масштабах, что

затруднено другими традиционными процедурами, такими как укоренение от выбранных сосен. Продукция клональных растений из отобранных семян этого хвойного вида посредством органогебеза была тщательно изучена (García-Ferriz et al., 1994; Capuana, Giannini, 1995; Improvement of in vitro..., 1998; Sustained in vitro..., 2003; Sul, Korban, 2004).

Наследуемость характеристик семян, таких как длина, количество на шишку и масса шишки, высока (Sustained in vitro..., 2003), и это делает основной целью его генетического улучшения повышение количества и качества семенной продукции на дерево. Поэтому производство клонированных растений из отобранных семян путем микроразмножения было бы желательным инструментом для улучшения программ генетической селекции и средством для создания высокоурожайных плантаций.

Основным методом размножения *P. pinea* является семя, так как укоренение черенков зависит от времени года или наличия молодки (Efeito da idade..., 2007; Andrejow, Higa, 2009). Крупномасштабное производство саженцев в короткие сроки важно для программ разведения лесных видов. Высокая скорость методов микроразмножения позволяет массово размножать выбранные генотипы, полезные для улучшения деревьев и получения генетических выгод (Menziés, Aimers-Halliday, 1997).

Цель, методика и объекты исследований

Цель исследований – установление возможности использования ювенильного материала для микроклонального размножения сосны итальянской (*Pinus pinia* L.).

Учитывая сложность вегетативного размножения хвойных древесных растений и недостаток семян сосны итальянской, мы в процессе исследований использовали 15-дневные всходы указанного вида сосны для микроклонального размножения. Исходный материал – улучшенные семена, полученные с элитных деревьев с высокими генетическими характеристиками. Семена для посева были заготовлены в Сирии.

Результаты и их обсуждение

Семена сосны итальянской сохраняют свою всхожесть при хранении в сухом прохладном месте несколько лет. Привезенные на Урал семена имели давность сбора 2 года. Перед посадкой они замачивались в воде в течение 48 ч. Другой специальной обработки семян не проводилось, за исключением отбраковки пустых и поврежденных семян.

Семена были высажены в грунт, и через 22 дня появились первые всходы (рис. 1).



Рис. 1. Появление всходов сосны итальянской при посадке в лаборатории
Fig. 1. Emergence of Italian pine seedlings during planting in the laboratory

Особо следует отметить, что после посева семян ячейки с почвогрунтом обильно поливались утром и вечером.

Спустя 15 дней после появления всходов была предпринята попытка их микроклонального размножения (рис. 2).



Рис. 2. Сеянцы сосны итальянской, использованные для микроклонального размножения
Fig. 2. Seedlings of Italian pine used for microclonal propagation

После визуального осмотра сеянцев производилась их подготовка к миклональному размножению (рис. 3).

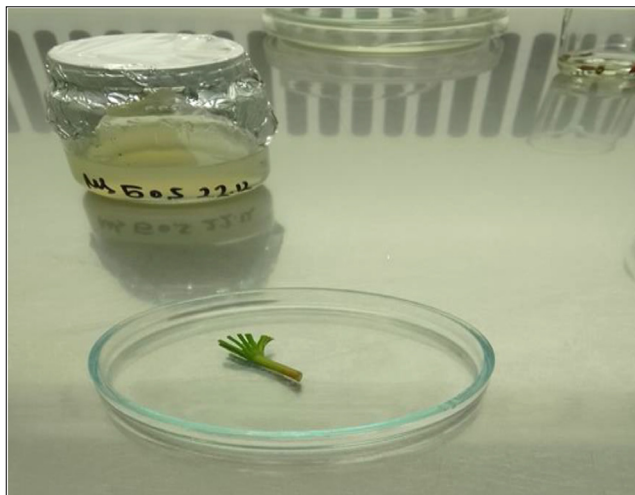


Рис. 3. Подготовка экспланты для миклонального размножения
Fig. 3. Preparation of explants for microclonal reproduction

После подготовки образцов они были стерилизованы (рис. 4), а затем высажены в специально подготовленную среду Мурасига – Скуга (МС) 0,5 и 0,1 имк (рис. 5).



Рис. 4. Стерилизация экспланты сосны итальянской
Fig. 4. Sterilization of explants of Italian pine



Рис. 5. Выращивание эксплантов на питательной среде МС
Fig. 5. Growing explants on MS nutrient medium



Для культивирования эксплантов в условиях *in vitro* использовались искусственные питательные среды, приготовленные на основе минераль-

ных растворов по методике Murashige и Skoog (Murashige, Skoog, 1962) (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Table 1

Питательная среда по методике Мурасига – Скуга, состав и концентрация раствора
Nutrient medium, according to the Murashig – Skoog method, composition and concentration of the solution

Состав маточного раствора The composition of the mother liquor	Концентрация, г/л Concentration, g/l
Макросоли: Macrosalt:	
NH ₄ NO ₂	16,5
KNO ₃	19,0
CaCl ₂ 2H ₂ O	4,4
KH ₂ PO ₂	1,7
MgSO ₄ 7H ₂ O	3,7
Микросоли – 1: Macrosalt – 1:	
ZnSO ₄ 4H ₂ O	0,43
H ₃ BO ₃	0,31
MnSO ₄ 4H ₂ O	1,115
Микросоли – 2: Macrosalt – 2:	
CuSO ₄ 5H ₂ O	0,025
CaCl ₂ 6H ₂ O	0,025
Na ₂ M ₀ O ₄	0,25
KJ	0,83

Таблица 2

Table 2

Питательная среда по методике Мурасига – Скуга, концентрация реактива
Nutrient medium, according to the Murashig – Skoog method, reagent concentration

Наименование реактива Name of the reagent	Концентрация на 1 л раствора Concentration per 1 liter of solution
Агар-агар Agar-agar	5,6 г/г
Сахароза Sucrose	30,0 г/г
Макросоли Macrosalt	100,0 мл/мл
Макросоли – 1 Macrosalt – 1	10,0 мл/мл
Макросоли – 2 Macrosalt – 2	1 мл/мл
Железо-хелат Iron-chelate	5 мл/мл
Витамины Vitamins	10 мл/мл
ИМК ИМС	1 мл/мл
Глицин (2,0 мг/л) Glycine (2,0 mg/l)	1 мл/мл

Опыты показали развитие экспланты на питательной среде (рис. 6).

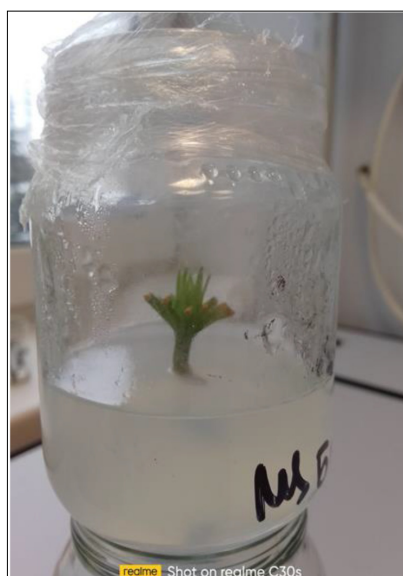


Рис. 6. Вид экспланты сосны итальянской на питательной среде спустя 13 дней после начала эксперимента

Fig. 6. Type explants of Italian pine on nutrient medium 13 days after the start of the experiment

Выводы

1. Сосна итальянская (*Pinus pinia* L.) является перспективной хвойной породой для разведения в районах Средиземноморья.
2. Увеличение площади насаждений сосны итальянской сдерживается периодичностью семенных лет и недостатком семян.
3. Семена сосны итальянской представляют из себя орешки, которые можно использовать в пищу.
4. Семена сохраняют всхожесть при хранении в сухом прохладном месте в течение нескольких лет.
5. Для успешного прорастания семени перед посевом следует замачивать в теплой воде на 48 ч.
6. Семена прорастают через 3–4 недели после посева при условии обильного полива утром и вечером.
7. Спустя 15 дней после прорастания всходы могут быть использованы для микроклонального размножения.
8. Учитывая ценность сосны итальянской для лесовосстановления и лесоразведения опыты по ее микроклональному размножению следует продолжать с целью разработки технологии размножения.

Список источников

- Луганский Н. А., Залесов С. В., Луганский В. Н. Лесоведение. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 432 с.
- Andrejow G. M. P., Higa A. R. Potencial de enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. provenientes de brotação apical de mudas jovens // Floresta. 2009. № 39. P. 897–903.
- Bergmann B. A., Stomp A. M. Influence of taxonomic relatedness and medium composition on meristematic nodule and adventitious shoot formation in nine pine species // Can J For Res. 1992. № 22. P. 750–755. DOI: 10.1139/x92-101
- Capuana M., Giannini R. In vitro plantlets regeneration from embryonic explants of *Pinus pinea* L., In Vitro Cell Dev // Biol. Plant. 1995. № 31. P. 202–206.
- Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. / G. B. Alcantara, L. L. F. Ribas, A. R. Higa [et al.] // Revista Árvore 31. 2007. P. 399–404.
- García-Ferriz L., Serrano L., Pardos J. A. In vitro shoot organogenesis from excised immature cotyledons and microcuttings production in stone pine // Plant Cell Tissue Organ Cult. 1994. № 36. P. 135–140.
- Improvement of in vitro adventitious shoot formation on cotyledons of *Pinus pinea* L. / M. V. Gonzalez, M. Rey, R. Tavazza [et al.] // HortScience. 1998. № 33. P. 749–750.
- Menzies M. I., Aimers-Halliday J. A. Propagation options for clonal forestry with *Pinus radiata* // IUFRO '97 Genetics of Radiata Pine, 1–5 December, 1997. Rotorua, New Zealand, 1997. P. 256–263.
- Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962. Vol. 15. P. 73–97.
- Somatic embryogenesis from 20 open-pollinated families of Portuguese plus trees of maritime pine / C. Migue, Gonc, S. Alves [et al.] // Plant Cell Tissue Organ Cult. 2004. № 76. P. 121–130. DOI:10.1023/B:TICU.0000007253.91771.e3
- Sul I. W., Korban S. S. Effects of salt formulations, carbon sources, cytokinins, and auxin on shoot organogenesis from cotyledons of *Pinus pinea* L. // Plant Growth Regul. 2004. № 43. P. 197–205.
- Sustained in vitro root development obtained in *Pinus pinea* L. inoculated with ectomycorrhizal fungi / P. Oliveira, J. Barriga, C. Cavaleiro [et al.] // Forestry. 2003. 76. P. 579–587.
- Tang W. In vitro regeneration of loblolly pine and random amplified polymorphic DNA analyses of regenerated plantlets // Plant Cell Rep. 2001. № 20. P. 163–168. DOI:10.1007/s002990000297

References

- Andrejow G. M. P., Higa A. R.* Potencial de enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. provenientes de brotação apical de mudas jovens // Floresta. 2009. № 39. P. 897–903.
- Bergmann B. A., Stomp A. M.* Influence of taxonomic relatedness and medium composition on meristematic nodule and adventitious shoot formation in nine pine species // Can J For Res. 1992. № 22. P. 750–755. DOI: 10.1139/x92-101
- Capuana M., Giannini R.* In vitro plantlets regeneration from embryonic explants of *Pinus pinea* L., In Vitro Cell Dev // Biol. Plant. 1995. № 31. P. 202–206.
- Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. / *G. B. Alcantara, L. L. F. Ribas, A. R. Higa* [et al.] // Revista Árvore 31. 2007. P. 399–404.
- García-Ferriz L., Serrano L., Pardos J. A.* In vitro shoot organogenesis from excised immature cotyledons and microcuttings production in stone pine // Plant Cell Tissue Organ Cult. 1994. № 36. P. 135–140.
- Improvement of in vitro adventitious shoot formation on cotyledons of *Pinus pinea* L. / *M. V. Gonzalez, M. Rey, R. Tavazza* [et al.] // HortScience. 1998. № 33. P. 749–750.
- Lugansky N. A., Zalesov S. V., Lugansky V. N.* Forest Science. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2010. 432 p.
- Menzies M. I., Aimers-Halliday J. A.* Propagation options for clonal forestry with *Pinus radiata* // IUFRO '97 Genetics of Radiata Pine, 1–5 December, 1997. Rotorua, New Zealand, 1997. P. 256–263.
- Murashige T., Skoog F.* A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962. Vol. 15. P. 73–97.
- Somatic embryogenesis from 20 open-pollinated families of Portuguese plus trees of maritime pine / *C. Migue, Gonc, S. Alves* [et al.] // Plant Cell Tissue Organ Cult. 2004. № 76. P. 121–130. DOI:10.1023/B:TICU.0000007253.91771.e3
- Sul I. W., Korban S. S.* Effects of salt formulations, carbon sources, cytokinins, and auxin on shoot organogenesis from cotyledons of *Pinus pinea* L. // Plant Growth Regul. 2004. № 43. P. 197–205.
- Sustained in vitro root development obtained in *Pinus pinea* L. inoculated with ectomycorrhizal fungi / *P. Oliveira, J. Barriga, C. Cavaleiro* [et al.] // Forestry. 2003. 76. P. 579–587.
- Tang W.* In vitro regeneration of loblolly pine and random amplified polymorphic DNA analyses of regenerated plantlets // Plant Cell Rep. 2001. № 20. P. 163–168. DOI:10.1007/s002990000297

Информация об авторах

A. Юссеф – аспирант.

Information about the authors

A. Yossef – graduate student.

Статья поступила в редакцию 10.12.2024; принята к публикации 15.01.2024.

The article was submitted 10.12.2024; accepted for publication 15.01.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 176–181.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 176–181.

Научная статья

УДК 674.02

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.019

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

О. Н. Чернышев¹, А. А. Лукаш², В. А. Романов³,
С. Н. Швачко⁴, Д. М. Максименко⁵

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

²⁻⁵ Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Олег Николаевич Чернышев,
olegch62@mail.ru

Аннотация. В статье изложен способ изготовления отделочных композиционных материалов из древесины лиственных пород. Одной из проблем лесного комплекса России является низкий уровень его доходности. Дефицит ценной в техническом отношении древесины в настоящее время решается за счет вовлечения в эксплуатацию не достигших возраста рубки древостоев в эксплуатационных лесах. Это приведет к еще большему дефициту древесины в будущем. Древесина мягких лиственных пород в настоящее время мало используется из-за низких эксплуатационных показателей. Однородная невыразительная текстура этих пород ограничивает ее применение в качестве отделочных материалов. Авторами разработан новый способ изготовления отделочных композиционных материалов из древесины лиственных пород. Для имитации текстуры дуба предлагается применять лущеный шпон древесины разных пород и цвета. В отличие от технологии фан-лайн изготовления строганого шпона из древесины мягких лиственных пород операцию окрашивания древесины предлагается заменить чередованием слоев лущеного шпона разных пород и цвета. При создании опытных образцов установлено, что полученный новый материал по декоративным свойствам (цвету и структуре) не уступает текстуре дуба и образцов фан-лайн. Это позволяет применять полученный композиционный материал для отделки жилых и общественных помещений. Использование пород разного цвета дает возможность обойтись без операции крашения, что упрощает технологический процесс. Применение данного способа изготовления отделочных композиционных материалов с ярко выраженной текстурой из древесины мягких лиственных пород экономически выгодно: стоимость 1 м³ сырья дуба – 70 000 руб., стоимость 1 м³ сырья березы – 5 000 руб.

Ключевые слова: отделочный материал, лущеный шпон, склеивание, декоративные свойства

Для цитирования: Способ изготовления композиционных отделочных материалов из древесины лиственных пород / О. Н. Чернышев, А. А. Лукаш, В. А. Романов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 176–181.

Original article

COMPOSITE FINISHING MATERIALS MADE OF HARDWOOD

Oleg N. Chernyshev¹, Alexander A. Lukash², Victor A. Romanov³,
Sergey N. Shvachko⁴, Dmitry M. Maksimenko⁵

¹ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

²⁻⁵ Bryan State University of Engineering and Technology, Bryansk, Russia

Corresponding author: Oleg N. Chernyshev,
olegch62@mail.ru

Abstract. The article describes a method for manufacturing finishing composite materials from hardwood. One of the problems of the Russian forestry complex is the low level of its profitability. The shortage of technically valuable wood is currently being solved by involving stands in operational forests that have not reached the age of logging. This will lead to an even greater shortage of wood in the future. Soft hardwood is currently underused due to its low performance. The homogeneous, featureless texture of these rocks limits its use as finishing materials. The authors have developed a new method for manufacturing finishing composite materials from hardwood. To simulate the texture of oak, it is proposed to use peeled veneer of wood of different types and colors. In contrast to fine-line technology for the production of planed veneer from soft hardwood, the wood staining operation is proposed to be replaced by alternating layers of peeled veneer of different breeds and colors. During the manufacture of prototypes, it was found that the resulting new material had decorative properties (color and structure). It is not inferior to the texture of oak and fine-line samples. This allows the resulting composite material to be used for finishing residential and public spaces. The use of rocks of different colors makes it possible to dispense with the dyeing operation, which simplifies the technological process. This method is economically advantageous: the cost of oak raw materials is 70 000 rubles, the cost of birch raw materials is 5 000 rubles.

Keywords: finishing material, peeled veneer, gluing, decorative properties

For citation: Composite finishing materials made of hardwood / O. N. Chernyshev, A. A. Lukash, V. A. Romanov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 176–181.

Введение

Одной из проблем лесного комплекса России является низкий уровень его доходности. В США при площади лесов 310 млн га доход от их использования составляет 119 млрд долл. США. В России при площади лесов 768 млн га доход от их использования составляет всего 0,055 млрд долл. США (Булгакова, 2021). Для повышения доходности лесопользования необходимо увеличить объемы заготовки ценной в техническом отношении древесины (Об утверждении..., 2021). Но нарастающий дефицит пиловочных бревен хвойных и твердолиственных пород предполагается преодолеть не за счет увеличения производительности лесов (роста прироста), а за счет

вовлечения в эксплуатацию не достигших возраста рубки древостоев в эксплуатационных лесах (Гагарин, 2021).

В Европейско-Уральской части Российской Федерации преобладают спелые и перестойные леса (45 %). Однако в составе этих лесов наиболее распространена мягколиственная древесина, которая из-за низких прочностных показателей мало пригодна для лесопиления и может быть использована лишь в качестве технологического сырья для производства древесных плит и целлюлозы, а также топлива. Исследователи (Уголев, 2007; Хуажев, 2000; Чубинский, Сергеевичев, 2007; Шамаев и др., 2006) доказали возможность улучшения прочности древесины при ее прессовании.

Теплые зимы приводят к остановке ряда предприятий из-за невозможности заготовки древесины в болотистой местности. Лесные насаждения в границах земель лесного фонда занимают менее 70 % площади, из которых 46 % произрастают в неблагоприятных климатических условиях, а площадь экономически доступных лесов не превышает 320–340 млн га. Все это приводит к росту стоимости пиловочного сырья, которая выросла в последнее время в 2–3 раза.

Еще хуже положение с твердолиственной древесиной. Стоимость сырья древесины дуба в настоящее время достигает 60–70 тыс. руб. за кубометр и продолжает увеличиваться. В исследованиях (Лукаш, Лукутцова, 2021) предлагается за счет улучшения внешнего вида использовать древесину мягких лиственных пород в качестве отделочных материалов, где не требуются высокие физико-механические показатели. Древесина дуба имеет высокие эстетические показатели из-за ярко выраженной текстуры и поэтому пользуется хорошим спросом. Древесина мягких лиственных пород из-за однородной невыразительной текстуры в качестве отделочных материалов практически не используется. В данных исследованиях обоснована возможность изготовления композиционных материалов из древесины мягких лиственных пород с ярко выраженной текстурой для дальнейшего применения в качестве отделочных материалов.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Цель исследований – обоснование возможности использования древесины мягких лиственных пород в качестве отделочных материалов. Задача исследований – разработка способа изготовления древесных материалов, обладающих ярко выраженной текстурой. Объект исследования – лущеный шпон из древесины мягких лиственных пород. Предмет исследований – технология изготовления композиционных отделочных материалов с ярко выраженной структурой.

Результаты исследования и их обсуждение

Древесина мягких лиственных пород обладает меньшими прочностными показателями, чем древесина твердолиственных пород. Кроме того, однородная текстура мягколиственных пород препятствует ее использованию в качестве отделочных материалов. Текстура представляет собой рисунок, получаемый на поверхности древесины в процессе перерезания годичных колец, волокон и сердцевинных лучей. Древесина дуба имеет красивую текстуру за счет ярко выраженных годичных колец. Красивая текстура обеспечивает возможность ее применения в качестве отделочного материала жилых и административных помещений (рис. 1). Однако сокращение сырьевых запасов этой ценной в техническом отношении древесины приводит к росту цен на сырье.



Рис. 1. Отделка помещений декоративными пластинами (планками) из дуба

Fig. 1. Decoration of premises with decorative oak plates (slats)

Древесина мягких лиственных пород имеет существенное преимущество по сравнению с древесиной хвойных пород – быстроту роста. Уже через 40–60 лет роста она может быть пригодна для промышленного использования. К тому же значительные запасы в нашей стране и низкая востребованность обуславливают низкие цены на сырье.

В связи с нехваткой древесины твердых лиственных пород в промышленно развитых странах получила распространение технология фан-лайн (реконструированный шпон). Фан-лайн производится из древесины быстрорастущих мягких пород деревьев (Вараксин, 2017). По технологии фан-лайн вначале производится лущение и сушка лущеного шпона. Лущеный шпон в специальных клетках опускается в емкости с красителем, где приобретает оттенок дуба, ореха, красного дерева или венге. Для получения имитации экзотических пород сырье окрашивается в несколько разных цветов для дальнейшего комбинирования. После окраски шпон проходит камерную сушку до требуемой влажности. Листы шпона с одинаковым расположением древесных волокон пропитывают клеем и собирают в пачки. Склеивание произво-

дится чаще всего холодным способом под давлением 2,5 МПа в течение 4 ч. Затем производится изготовление шпона на станках.

Авторами разработан способ изготовления композиционных отделочных материалов из древесины мягких лиственных пород, позволяющий для имитации текстуры дуба применять лущеный шпон разных пород и цвета с чередованием слоев, что дает возможность обойтись без операции крашения. Текстура древесины образца, изготовленного данным способом (рис. 2, а), имеет большую выразительность, чем текстура дуба (рис. 2, б) и образца, изготовленного по технологии фан-лайн (рис. 2, в).

Предложенный авторами способ изготовления композиционных отделочных материалов является эффективным:

- для его осуществления не требуется операции крашения, так как яркая выразительность текстуры древесины обеспечивается чередованием листов лущеного шпона из разных пород и цвета;
- применение данного способа экономически выгодно: стоимость 1 м³ сырья дуба – 70 000 руб., стоимость 1 м³ сырья березы – 5 000 руб.

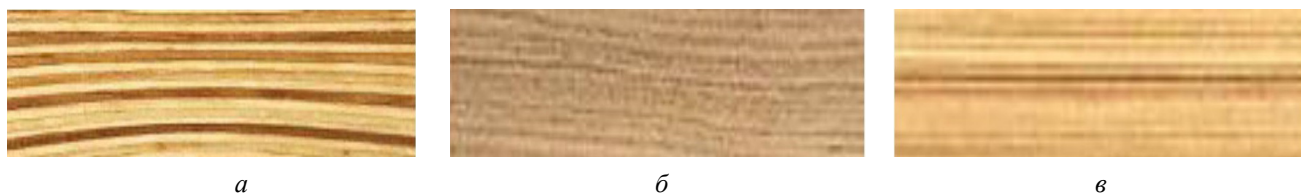


Рис. 2. Текстура образцов:
 а – из мягколиственной древесины; б – дуба; в – образца фан-лайн
 Fig. 2. Texture of the samples:
 а – soft-leaved wood; б – oak; в – fine-line sample

Список источников

- Булгакова М. А. Формирование системы обеспечения экономической безопасности лесного комплекса России : дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / Булгакова Марина Александровна. СПб. : СПбГЭУ, 2021. 356 с.
- Вараксин В. В. Использование реструктурированного шпона (фан-лайн) для облицовывания щитов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». Екатеринбург, 2017. С. 60–62.
- Гагарин Ю. Н. Научный комментарий к стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года // Вопросы лесной науки. 2021. Т. 4, № 4. С. 147–178.

- Лукаш А. А., Лукутцова Н. П. Процессы комплексной переработки древесины мягких лиственных пород в композиционные материалы строительного назначения с улучшенными эксплуатационными свойствами. М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2021. 324 с.
- Об утверждении стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 11.02.2021 г. № 312-р. URL: <https://inlnk.ru/LAAVNO> (дата обращения: 12.09.2021).
- Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М. : МГУЛ, 2007. 340 с.
- Хуажев О. З. Формирование декоративных элементов мебели из древесины методом термопрессования : дис. ... д-ра техн. наук : 05.21.05 / Хуажев Олег Закиреевич. Воронеж, 2000. 293 с.
- Чубинский А. Н., Сергеевичев В. В. Моделирование процессов склеивания древесных материалов : монография. СПб. : Герда, 2007. 176 с.
- Шамаев В. А., Скориданов Р. В., Постников В. В. Получение модифицированной древесины с высокими прочностными свойствами // Известия вузов. Лесной журнал. 2006. № 4. С. 78–83.

References

- Bulgakova M. A. Formation of a system for ensuring economic security of the Russian forest complex : diss. ... Doctor Economy Sciences : 08.00.05) / Bulgakova Marina Alexandrovna. St. Petersburg : SPbGEU, 2021. 356 p.
- Chubinsky A. N., Sergeevichev V. V. Modeling of the processes of gluing wood materials : monograph. St. Petersburg : Publishing House Gerda's House, 2007. 176 p.
- Decree of the Government of the Russian Federation "On approval of the Strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation until 2030" dated 11.02.2021 № 312-R. URL: <https://inlnk.ru/LAAVNO> (accessed 12.09.2021).
- Gagarin Yu. N. Scientific commentary on the strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation until 2030 // Issues of Forest Science. 2021. Vol. 4, № 4. P. 147–178. (In Russ.)
- Khuazhev O. Z. Formation of decorative elements of furniture made of wood by thermal pressing : diss. ... of Doctor of Technical Sciences : 05.21.05 / Oleg Zakireevich Khuazhev. Voronezh, 2000. 293 p.
- Lukash A. A., Lukutsova N. P. The processes of complex processing of soft hardwood into composite materials for construction purposes with improved performance properties. Moscow ; Berlin : Direct-Media, 2021. 324 p.
- Shamaev V. A., Skoridanov R. V., Postnikov V. V. Obtaining modified wood with high strength properties // Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal. 2006. № 4. P. 78–83. (In Russ.)
- Ugolev B. N. Wood science with the basics of forest commodity science : a textbook for universities. 3rd ed., revised. and add. Moscow : MGUL, 2007. 340 p.
- Varaksin V. V. The use of restructured veneer (fine-line) for cladding shields // Scientific creativity of youth – to the Russian forest complex : materials of the All-Russian scientific and technical conference. Yekaterinburg, 2017. P. 60–62.

Информация об авторах

*Олег Николаевич Чернышев – кандидат технических наук, доцент,
olegch62@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9396-1246>*

*Александр Андреевич Лукаш – доктор технических наук, профессор,
mr.luckasch@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5675-6304>*

*Виктор Александрович Романов – кандидат технических наук, доцент,
vromanov62@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1794-7956>*

*Сергей Николаевич Швачко – кандидат технических наук, доцент,
sshvachko@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0002-7670-1527>*

*Дмитрий Максимович Максименко – аспирант,
ttazikofficial@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0009-7342-5687>*

Information about the authors

*Oleg N. Chernyshev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
olegch62@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9396-1246>*

*Alexander A. Lukash – Doctor of Technical Sciences, Professor,
mr.luckasch@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5675-6304>*

*Victor A. Romanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
vromanov62@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1794-7956>*

*Sergey N. Shvachko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
sshvachko@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0002-7670-1527>*

*Dmitry M. Maksimenko – postgraduate student,
<http://orcid.org/0009-0009-7342-5687>*

Статья поступила в редакцию 28.12.2024; принята к публикации 20.01.2025.

The article was submitted 28.12.2024; accepted for publication 20.01.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 182–190.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 182–190.

Научная статья

УДК 674.07

DOI : 10.51318/FRET.2025.92.1.020

ПРИМЕНЕНИЕ ГУММИАРАБИКА К ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОЙ ДРЕВЕСИНЕ СКАЛЬНОГО ДУБА (*QUERCUS PETRAEA*)

Хусейн Пекер¹, Осман Чамлибел², Гёксел Улай³, Умит Аята⁴

¹ Университет Артвин Чорух, Артвин, Турция

² Университет Кириккале; Кириккальский профессиональный колледж, Кириккале, Турция

³ Университет Ван Юзюнкюзюль; Ванский профессиональный колледж, Ван, Турция

⁴ Байбуртский университет, Байбурт, Турция

¹ peker100@artvin.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-7771-6993>

² osmancamlibel@kku.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8766-1316>

³ gokselulay@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4080-8816>

⁴ umitayata@yandex.com, <http://orcid.org/0000-0002-6787-7822>

Аннотация. Гуммиарабик широко используется в различных областях, таких как стабилизатор пищи, производство красок и лаков, покрытие и сцепление древесных поверхностей, художественная реставрация, покрытие фармацевтических таблеток, связующее средство в косметике и укрепление бумаги. В данном исследовании были изучены изменения цветовых параметров и индекса белизны (WI^*) поверхностей, полученных после нанесения приготовленного раствора гуммиарабика на термически обработанные и необработанные поверхности древесины дуба скального (*Quercus petraea*). Поверхности, обработанные гуммиарабиком, были сравнены с необработанными поверхностями. Согласно результатам, анализы дисперсии для всех испытаний оказались значимыми. Значения ΔE^* , вычисленные с использованием формул, составили 8,82 для необработанных образцов с нанесенным гуммиарабиком и 15,23 для термически обработанных образцов с нанесенным гуммиарабиком. Были обнаружены уменьшения значений WI^* , h° и L^* в обоих направлениях для обоих типов образцов с нанесением гуммиарабика, в то время как значения a^* увеличились. Кроме того, нанесение гуммиарабика на необработанные образцы привело к увеличению значений b^* и C^* , в то время как для термически обработанных образцов наблюдалось снижение этих параметров. Было установлено, что термическая обработка и применение гуммиарабика изменяют поверхностные свойства древесины.

Ключевые слова: скальный дуб, гуммиарабик, цвет, индекс белизны

Для цитирования: Применение гуммиарабика к термически обработанной древесине скального дуба (*Quercus petraea*) / Х. Пекер, О. Чамлибел, Г. Улай, У. Аята // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 182–190.

Original article

APPLICATION OF GUM ARABIC TO HEAT-TREATED SESSILE OAK (*QUERCUS PETRAEA*) WOOD

Hyuseyin Peker¹, Osman Chamlibel², Gyoksel Ulay³, Umit Ayata⁴

¹ Artvin Choruh University, Artvin, Turkey

² Kyrykkale University; Kyrykkale Vocational School, Kyrykkale, Turkey

³ Van Yuzuncu Yil University; Van Vocational School, Van, Turkey

⁴ Bayburt University, Bayburt, Turkey

¹ peker100@artvin.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-7771-6993>

² osmancamlibel@kku.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8766-1316>

³ gokselulay@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4080-8816>

⁴ umitayata@yandex.com, <http://orcid.org/0000-0002-6787-7822>

Abstract. Gum arabic is widely used in various fields such as food stabilizer, paint and varnish production, wood surface coating and adhesion, art restoration, pharmaceutical tablet coating, cosmetic binder, and paper strengthening. In this study, changes in color parameters and whiteness index (WI^*) properties of surfaces obtained after applying a prepared gum Arabic solution on thermally treated and untreated sessile oak (*Quercus petraea*) wood surfaces were investigated. Surfaces treated with gum Arabic were compared to untreated surfaces. According to the results, variance analyses for all tests were found to be significant. The ΔE^* values calculated using formulas were determined to be 8,82 for untreated + gum Arabic-applied samples and 15,23 for thermally treated + gum Arabic-applied samples. Decreases were observed in WI^* , h° , and L^* values in both directions for both thermally treated and untreated samples with gum Arabic application, while increases were found in a^* values. Additionally, the application of gum Arabic to untreated samples caused increases in b^* and C^* parameters, whereas decreases in these parameters were observed for thermally treated samples. It was found that the application of thermal treatment and gum Arabic altered the surface properties of the wood.

Keywords: sessile oak, gum arabic, color, whiteness index

For citation: Application of gum arabic to heat-treated sessile oak (*Quercus petraea*) wood / H. Peker, O. Chamlibel, G. Ulay, U. Ayata // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 182–190.

Introduction

Wood has been one of the most accessible and renewable resources throughout human history. In modern times, wood consumption outpaces all other materials. The industry producing a variety of wooden products continues to expand. While green wood serves as a primary raw material for numerous products, its characteristics impose certain limitations on its use. For instance, wood shrinks and may crack during drying, is highly hygroscopic, and is susceptible to decay, fire, and other damages. Among various wood processing methods, two main approaches dominate the production of most wood-based products:

the removal of liquids (e.g., dehydration, drying, extraction) and the addition of specific substances to wood in liquid or vapor form (Kozhin and Gorbachev, 2011).

Thermal treatment is a wood modification technique designed to improve properties such as dimensional stability, water resistance, and biological durability without relying on harmful chemicals. In recent years, the rising demand for non-toxic, high-performance wood products has increased the popularity of thermally treated wood. Today, thermally modified wood is widely used in applications such as solid flooring, exterior cladding, decking, sauna/wall

panels, windows/doors, and garden furniture. The process, also known as thermal modification, involves controlled pyrolysis at high temperatures (between 180 °C and 240 °C) in an oxygen-free environment using steam, nitrogen, or oil to prevent combustion (Homan and Jorissen, 2004; Jirouš-Rajković and Miklečić, 2019).

The formation of gums is commonly explained through three primary theories. The first suggests that gums form naturally through a process called “gummosis”, where internal plant tissues deteriorate, leading to cavity formation and the exudation of transformed carbohydrates known as gums. The second theory posits that gums are produced in response to injuries in the bark or trunk. The third explanation links gum formation to fungal or bacterial attacks on the plant. Most gums exude from the trunk, while only a few are sourced from roots, leaves, or other parts of the plant. These gums decompose completely upon heating without melting and are found in a diverse group of plant families (Goswami and Naik, 2014).

Most commercial gum Arabic is obtained from Sudan, which supplies 80–90% of the global market. This percentage may vary depending on availability. The gum Arabic sourced from Sudan is known to be produced from *Acacia senegal* var. *senegal*, whose physical, chemical, and functional properties are well understood. Recently, it has been demonstrated that some varieties of *A. senegal* also produce gum Arabic of comparable quality to that obtained from Sudan. Commercial gum Arabic from Kenya, on the other hand, is produced from *A. senegal* var. *kerensis* (Chikamai, Banks, 1993; Processing of gum Arabic..., 1996).

The physical properties of gum Arabic can vary based on factors such as the origin and age of the trees, the duration of exudation, and climatic conditions. Post-harvest processes, such as washing, drying, sun bleaching, and storage conditions, also influence the physical properties of gums (Characterization and properties..., 2007; Musa et al., 2018). It is evident that gums derived from different species (*A. senegal* and *A. seyal*) inherently exhibit distinct characteristics. Even within the same species, different varieties and individuals from various regions produce gums with differing properties. Recognizing these species,

varietal, and environmental differences plays a crucial role in the production of gum Arabic for specific end-use applications (Chikamai, 1997; Yebeyen et al., 2009).

In the literature, no research has been found regarding whether solutions prepared with gum Arabic exhibit color-altering effects when applied to thermally treated wood surfaces.

In this study, changes in color parameters and whiteness index (WI^*) properties were investigated on the surfaces of thermally treated and untreated sessile oak (*Quercus petraea*) wood after the application of a gum Arabic solution.

Materials and Methods

Sessile oak (*Quercus petraea*) wood samples were prepared with dimensions of 100 mm × 100 mm × 20 mm, and the samples were conditioned according to the ISO 554 (1976) standard. The thermal treatment of the wood materials was carried out at a temperature of 212 °C for 1 h by a specialized company. Both the wood materials and gum Arabic were procured from a commercial supplier.

In a glass container, 20 g of ground gum Arabic were combined with 100 ml of distilled water and boiled for 20 min. After boiling, the mixture was filtered using cheesecloth to obtain a pure solution. The sample surfaces were sanded using a vibrating sander with 80, 120, and 150 grit sandpapers. Subsequently, the prepared solution was applied as a single coat to the wood surfaces using a brush.

Whiteness index (WI^*) values were measured using a Whiteness Meter BDY-1 device (ASTM E313-15e1, 2015). Color changes were measured with a CS-10 device (CHN Spec, China) [CIE D65 light source, CIE 10° standard observer; illumination system: 8/d] (ASTM D2244-3, 2007). The chroma difference or saturation difference was denoted as ΔC^* , and the hue difference or shade difference was denoted as ΔH^* (Lange, 1999).

The total color differences were calculated using the following formulas.

$$C^* = \left[(a^*)^2 + (b^*)^2 \right]^{0.5}, \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*), \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{sample with prepared solution}} - C^*_{\text{control}}), \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{sample with prepared solution}} - a^*_{\text{control}}), \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{sample with prepared solution}} - L^*_{\text{control}}), \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{sample with prepared solution}} - b^*_{\text{control}}), \quad (6)$$

$$\Delta H^* = \left[(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2 \right]^{0.5}, \quad (7)$$

$$\Delta E^* = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{0.5}. \quad (8)$$

Definitions of other parameters are provided in Table 1, and the color change range according to Jirouš and Ljuljka (1999) is presented in Table 2 (Lange, 1999).

Variance analyses, homogeneity groups, mean values, standard deviations, maximum and minimum values, and percentage (%) change rates were obtained using a statistical program. Ten measurements were taken per test.

Table 1

Descriptions for ΔL^* , Δa^* , Δb^* , and ΔC^* (Lange, 1999)

Parameter	In negative case	In positive case
ΔL^*	Darker than reference	Lighter than reference
Δb^*	Bluer than reference	More yellow than reference
ΔC^*	Matte, more blurred than reference	Clearer, brighter than reference
Δa^*	Greener than reference	Redder than reference

Table 2

Color change range according to Jirouš and Ljuljka (1999)

ΔE^* Range	Color Change Estimation	ΔE^* Range	Color Change Estimation
< 0,20	Unnoticeable	3,00–6,00	Very noticeable
0,20–0,50	Very slight	6,00–12,00	Intense
0,50–1,50	Light	> 12,00	Very intense
1,50–3,00	Noticeable	–	–

Results and Discussion

The results of the analysis of variance are shown in Table 3. For all tests, thermal treatment (A), Arabic gum application (B), and the interaction (AB) were found to be significant (Table 3).

The measurement results for the color parameters are presented in Table 4. The application of gum Arabic to control samples resulted in a 12,37 % decrease in L^* values, while a 29,64 % decrease was observed in thermally treated experimental samples. This indicates a darkening effect on the wood surfaces. The highest L^* values (60,31) were found in untreated and gum Arabic-free samples, whereas the lowest L^* values (30,26) were recorded in thermally treated samples with gum Arabic application (Table 4).

For the a^* parameter, gum Arabic application caused increases of 53,59 % in control samples and 12,22 % in thermally treated samples. This demonstrates the red-enhancing effect of gum Arabic on the wood surface. The lowest a^* values (6,12) were observed in untreated and gum Arabic-free samples, while the highest a^* values (11,94) were found in thermally treated samples with gum Arabic application (Table 4).

In terms of b^* values, gum Arabic application led to a 16,20 % increase in the control samples but a 44,20 % decrease in the thermally treated samples. The highest b^* values (24,24) were obtained from untreated samples with gum Arabic, while the lowest b^* values (10,39) were observed in thermally treated samples with gum Arabic application (Table 4).

Table 3

Results of variance analysis (*: Significant)

Test	Source of Variance	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F Value	$\alpha \leq 0.05$
<i>L*</i>	Thermal Treatment (A)	3978,230	1	3978,230	21949,762	0,000*
	Varnish Application (B)	1021,211	1	1021,211	5634,502	0,000*
	Interaction (AB)	69,934	1	69,934	385,858	0,000*
	Error	6,525	36	0,181	–	–
	Total	91952,280	40	–	–	–
	Corrected Total	5075,900	39	–	–	–
<i>a*</i>	Thermal Treatment (A)	124,538	1	124,538	1290,672	0,000*
	Varnish Application (B)	52,395	1	52,395	543,006	0,000*
	Interaction (AB)	9,702	1	9,702	100,551	0,000*
	Error	3,474	36	0,096	–	–
	Total	3817,230	40	–	–	–
	Corrected Total	190,110	39	–	–	–
<i>b*</i>	Thermal Treatment (A)	647,140	1	647,140	2555,432	0,000*
	Varnish Application (B)	58,782	1	58,782	232,119	0,000*
	Interaction (AB)	337,038	1	337,038	1330,900	0,000*
	Error	9,117	36	0,253	–	–
	Total	14783,919	40	–	–	–
	Corrected Total	1052,077	39	–	–	–
<i>C*</i>	Thermal Treatment (A)	274,105	1	274,105	903,315	0,000*
	Varnish Application (B)	4,577	1	4,577	15,082	0,000*
	Interaction (AB)	243,690	1	243,690	803,084	0,000*
	Error	10,924	36	0,303	–	–
	Total	18604,722	40	–	–	–
	Corrected Total	533,295	39	–	–	–
<i>h°</i>	Thermal Treatment (A)	4237,216	1	4237,216	9776,844	0,000*
	Varnish Application (B)	1452,387	1	1452,387	3351,199	0,000*
	Interaction (AB)	518,328	1	518,328	1195,977	0,000*
	Error	15,602	36	0,433	–	–
	Total	154706,288	40	–	–	–
	Corrected Total	6223,533	39	–	–	–
<i>WT*</i> ⊥	Thermal Treatment (A)	993,012	1	993,012	4992,102	0,000*
	Varnish Application (B)	427,062	1	427,062	2146,941	0,000*
	Interaction (AB)	63,252	1	63,252	317,984	0,000*
	Error	7,161	36	0,199	–	–
	Total	5894,190	40	–	–	–
	Corrected Total	1490,488	39	–	–	–

The end of table 3

Test	Source of Variance	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F Value	$\alpha \leq 0.05$
<i>WT*</i> 	Thermal Treatment (A)	437,053	1	437,053	14897,284	0,000*
	Varnish Application (B)	255,126	1	255,126	8696,160	0,000*
	Interaction (AB)	91,870	1	91,870	3131,444	0,000*
	Error	1,056	36	0,029	–	–
	Total	1579,164	40	–	–	–
	Corrected Total	785,105	39	–	–	–

For the C^* parameter, the highest values (26,00) were recorded in untreated samples with gum Arabic application, whereas the lowest values (15,33) were found in thermally treated samples with gum Arabic. Gum Arabic application resulted in a 19,60 % increase in C^* for control samples but a 26,17 % decrease for thermally treated samples (Table 4).

The h^o parameter values decreased by 6,60 % in control samples and by 31,94 % in thermally treated samples after gum Arabic application. The highest

h^o values (73,65) were observed in untreated and gum Arabic-free samples, while the lowest h^o values (41,01) were noted in thermally treated samples with gum Arabic application (Table 4).

For samples treated with gum Arabic, the whiteness index (WT^*) significantly decreased, and parallel-to-grain measurements dropped to nearly zero. This clearly demonstrates the darkening effect of gum Arabic on the surface (Table 4).

Table 4

Measurement results for color parameters and whiteness index

Test	Treatment	Arabic gum application	Mean	Change (%)	Homogeneity group	Standard deviation	Minimum	Maximum	Coefficient of variation
L^*	Control	No	60,31	↓12,37	A*	0,30	59,84	60,85	0,49
		Yes	52,85		B	0,47	51,98	53,84	0,89
	212°C for 1 h	No	43,01	↓29,64	C	0,37	42,18	43,52	0,86
		Yes	30,26		D**	0,52	29,76	31,56	1,73
a^*	Control	No	60,31	↑53,59	D**	0,17	5,88	6,39	2,80
		Yes	52,85		C	0,29	8,87	9,79	3,09
	212°C for 1 h	No	43,01	↑12,22	B	0,41	9,87	11,24	3,82
		Yes	30,26		A*	0,33	11,48	12,44	2,75
b^*	Control	No	60,31	↑16,20	B	0,16	20,57	21,16	0,79
		Yes	52,85		A*	0,25	23,89	24,71	1,04
	212°C for 1 h	No	43,01	↓44,20	C	0,76	17,12	19,58	4,07
		Yes	30,26		D**	0,59	9,59	11,74	5,68

The end of table 4

Test	Treatment	Arabic gum application	Mean	Change (%)	Homogeneity group	Standard deviation	Minimum	Maximum	Coefficient of variation
C*	Control	No	60,31	↑19,60	B	0,19	21,39	22,08	0,86
		Yes	52,85		A*	0,33	25,48	26,58	1,27
	212 °C for 1 h	No	43,01	↓26,17	B	0,84	19,76	22,58	3,93
		Yes	30,26		C**	0,60	14,96	17,11	3,78
H°	Control	No	60,31	↓6,60	A*	0,39	72,95	74,17	0,53
		Yes	52,85		B	0,38	68,39	69,43	0,55
	212 °C for 1 h	No	43,01	↓31,94	C	0,44	59,54	60,97	0,73
		Yes	30,26		D**	1,11	39,88	43,35	2,72
WT* ⊥	Control	No	60,31	↓45,25	A*	0,18	19,70	20,20	0,88
		Yes	52,85		B	0,63	9,80	11,50	5,73
	212 °C for 1 h	No	43,01	↓53,46	C	0,29	7,20	7,90	3,90
		Yes	30,26		D**	0,53	2,90	4,00	15,24
WT* 	Control	No	60,31	↓68,47	A*	0,15	11,61	12,00	1,24
		Yes	52,85		B	0,29	3,30	4,00	7,89
	212 °C for 1 h	No	43,01	↓93,52	C	0,08	2,10	2,30	3,90
		Yes	30,26		D**	0,05	0,10	0,20	36,89

Number of Measurements: 10. * Highest result. ** Lowest result.

The results of total color differences are presented in Table 5. The ΔE^* values were 8.82 for untreated samples with gum Arabic and 15.23 for thermally treated samples with gum Arabic. Additionally, the effect of thermal treatment alone was calculated as 18.02. In all three cases in Table 5, ΔL^* was negative (darker than the reference), and Δb^* was positive (more yellow than the reference). Comparing these results with the color change criteria provided in Table 2 [Jirouš and Ljuljka (1999)], untreated samples with gum Arabic fell under the “intense” category

(6.00–12.00), while thermally treated samples with gum Arabic and the effect of thermal treatment were categorized as “very intense” (>12.00). The Δb^* and ΔC^* values for untreated samples with gum Arabic were positive (indicating a yellower and more vivid appearance compared to the reference). In contrast, these values for thermally treated samples with gum Arabic and the effect of thermal treatment were negative (indicating a bluer and duller appearance compared to the reference) (Table 5).

Table 5

Results of total color differences

Treatment	Arabic Gum Application	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Color Change (Jirouš and Ljuljka, 1999)
No	Yes	-7,46	3,27	3,38	4,26	2,00	8,82	Intense (6,00–12,00)
Yes	Yes	-12,75	1,30	-8,23	-5,61	6,16	15,23	Very intense (> 12,00)
Effect of Heat Treatment		-17,30	4,51	-2,24	-0,30	5,03	18,02	Very intense (> 12,00)

Conclusions

Gum arabic caused darkening of the wood and significant changes in color parameters in both thermally untreated and thermally treated samples. When used in combination with thermal treatment, gum arabic further enhanced color changes and caused a notable decrease in parameters such as the whiteness

index. These results indicate that gum arabic can be an effective material for altering the aesthetic appearance of the surface and transforming the wood into darker tones. The preparation and application of gum arabic at different concentrations could be evaluated to observe how it influences the intensity of color changes on the surface.

References

- ASTM D 2244-3, Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007. URL: www.astm.org (accessed 10.01.2025).
- ASTM E313-15e1 Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates. ASTM International, West Conshohocken, PA., 2015. URL: <https://www.researchgate.net/> (accessed 10.01.2025).
- Characterization and properties of *Acacia senegal* (L.) Wild. Var. senegal with enhanced properties (Acacia (sen) SUPER GUM™) : part 1-controlled maturation of Acacia senegal var. senegal to increase viscoelasticity, produce a hydrogel form and convert a poor into a good emulsifier / S. Al-Assaf, G. O. Phillips, H. Aoki, Y. Sasaki // Food Hydrocoll. 2007. № 21. P. 319–328. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2006.04.011
- Chikamai B. N. Production, markets and quality control of gum arabic in Africa: Findings and recommendations from an FAO project, 1997. URL: <https://www.researchgate.net/> (accessed 10.01.2025).
- Chikamai B. N., Banks W. B. Gum arabic from *Acacia senegal* (L) Willd. in Kenya // Food Hydrocolloids. 1993. № 7 (6). P. 521–534. DOI: 10.1016/S0268-005X(09)80246-4
- Goswami S., Naik S. Natural gums and its pharmaceutical application // Journal of Scientific and Innovative Research. 2014. № 3 (1). P. 112–121.
- Homan W. J., Jorissen A. J. Wood modification developments // Heron. 2004. № 49 (4). P. 361–385.
- ISO 554. Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization. Geneva, Switzerland, 1976. URL: <https://www.iso.org> (accessed 10.01.2025).
- Jirouš R. V., Ljuljka B. Boja drva i njezine promjene prilikom izlaganja atmosferskim utjecajima // Drvna Industrija. 1999. № 50 (1). P. 31–39.
- Jirouš-Rajković V., Miklečić J. Heat-Treated Wood as a Substrate for Coatings, Weathering of Heat-Treated Wood, and Coating Performance on Heat-Treated Wood // Advances in Materials Science and Engineering. № 1. 2019. URL: <https://www.researchgate.net/> (accessed 10.01.2025). DOI: 10.1155/2019/8621486
- Kozhin V. P., Gorbachev N. M. Hydrothermal treatment and modification of wood: drying, impregnation : collective monograph // Wood : types, properties, and uses, Chapter 1. 2011. P. 1–48. ISBN: 978-1-61668-837-0.
- Lange D. R. Fundamentals of Colourimetry – Application Report № 10e. New York, NY, USA, 1999. URL: <https://www.researchgate.net/> (accessed 10.01.2025).
- Musa H. H., Ahmed A. A., Musa T. H. Hemistry, biological, and pharmacological properties of gum Arabic // Bioactive Molecules in Food. 2018. P. 1–18.
- Processing of gum arabic and some new opportunities / B. N. Chikamai, W. B. Banks, D. M. W. Anderson, W. Weiping // Food Hydrocolloids. 1996. № 10(3). P. 309–316. DOI: 10.1016/S0268-005X(96)80006-3
- Yebeyen D., Lemenih M., Feleke S. Characteristics and quality of gum arabic from naturally grown *Acacia senegal* (Linne) Willd. trees in the Central Rift Valley of Ethiopia // Food Hydrocolloids. 2009. № 23 (1). P. 175–180. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2007.12.008

Информация об авторах

Х. Пекер – председатель межвузовского совета, профессор, кандидат технических наук (деревообработка);

О. Чамлибел – доктор Ph.D (деревообработка);

Г. Улай – заведующий кафедрой материалов и технологии их обработки, доктор Ph.D (деревообработка);

У. Аята – руководитель межвузовского совета, доцент, доктор Ph.D (обработка древесины).

Information about the authors

H. Peker – President of the Interuniversity Board, Prof., Dr. Ph.D (Woodworking), Graduate School;

O. Chamlibel – Head of Furniture and Decoration Program, Ph.D (Wood processing), Kırıkkale Vocational College, Associate Professor;

G. Ulay – Head of Material and Material Processing Technology, Ph.D (Wood processing), Van Vocational College, Associate Professor;

U. Ayata – Head of Inter-University Council, Associate Prof, Dr. Ph.D (Wood processing), Graduate School.

Статья поступила в редакцию 20.12.2024; принята к публикации 10.01.2025.

The article was submitted 20.12.2024; accepted for publication 10.01.2025.

ИВАН ФЕДОРОВИЧ КОРОСТЕЛЕВ
К 85-летию ученого и педагога
IVAN FEDOROVICH KOROSTELEV
On the 85th anniversary of the scientist and teacher



Иван Федорович Коростелев родился 1 февраля 1940 г. в селе Бутка Талицкого района Свердловской области. В 1958 г. он после окончания средней школы в городе Талица поступил на лесохозяйственный факультет (ЛХФ) Уральского государственного лесотехнического института (УЛТИ), по окончании которого в 1963 г. был призван в ряды Советской армии.

В период с 1965 по 1972 гг. Иван Федорович работал в Свердловской лесоустроительной экспедиции Поволжского лесоустроительного предприятия, пройдя путь от инженера-таксатора до начальника партии.

В 1972 г. он поступил в аспирантуру на кафедру лесной таксации и лесоустройства УЛТИ, руководителем его диссертации был определен заведующий кафедрой, кандидат сельскохозяйственных наук Михаил Исакович Гальперин. После окончания аспирантуры в 1975 г. Иван Федорович был принят на должность ассистента кафедры. В 1978 г. он блестяще защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование закономерностей роста и товарности сосновых древостоев по природ-

ным зонам Челябинской области» по специальности 06.03.02 – Лесоустройство и лесная таксация. В процессе подготовки диссертационной работы И.Ф. Коростелевым были разработаны лесотаксационные нормативы для сосновых древостоев естественного и искусственного происхождения Челябинской области, которые не утратили актуальность и на сегодняшний день – эскизы таблиц хода роста, таблицы объемов маломерных стволов, сортиментно-сортные и товарные таблицы.

В 1979 г. Иван Федорович был переведен на должность доцента кафедры лесной таксации и лесоустройства. Ему было поручено преподавание одной из основных дисциплин лесной специальности «Лесная авиация и аэрофотосъемка», которая в последующем была заменена дисциплиной «Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве». Иван Федорович провел огромную работу по материальному и методическому сопровождению данной дисциплины, создал специализированную лабораторию для проведения учебных занятий. Выполненное им материально-техническое оснащение лаборатории,

разработанные методические руководства и рекомендации, внедренные в учебный процесс новые передовые технологии позволили поднять преподавание дисциплины «Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве» на принципиально новый уровень. Студенты с большим интересом учились у него «читать» аэрофотоснимки, проводить их контурное и таксационное дешифрирование.

Иван Федорович всегда отличался новаторским и творческим подходом к организации образовательного процесса. С переходом на новый образовательный стандарт по его предложению в учебный план бакалавриата была включена новая дисциплина «Основы научных исследований в лесном хозяйстве». В короткий срок им были подготовлены все необходимые по данной дисциплине учебные и методические материалы. Включение этой дисциплины в учебный процесс позволило студентам погрузиться в процесс научного осмысления проблем в лесном хозяйстве.

В связи с внедрением в лесохозяйственное производство современных дистанционных технологий, приборов и инструментов, основанных на новых принципах, Иван Федорович предложил дополнить учебный план еще одной новой дисциплиной – «Лесотаксационные приборы и инструменты». Им в соавторстве в 2003 г. было издано учебное пособие по данной дисциплине, которое в последующем было доработано и опубликовано в 2019 г. под новым названием «Приборы и инструменты для таксации леса». Указанная учебная дисциплина в настоящее время по праву входит в число основных при подготовке специалистов для лесного хозяйства и лесоустройства.

И. Ф. Коростелев был инициатором и основным исполнителем организации лесотаксационного полигона на территории Уральского учебно-опытного лесхоза. На протяжении многих лет данный полигон является основным объектом, на котором студенты ИЛП (ЛХФ) проходят учебные практики по лесной таксации и аэрокосмическим методам. Он также активно используется кафедрами ИЛП при проведении научных исследований.

Особо следует отметить плодотворную творческую работу Ивана Федоровича при выполнении

кафедральных госбюджетных и хоздоговорных тем. В 1970–1980 гг. он активно участвовал в лесоустроительных работах по составлению проектов организации и ведения хозяйства на производственных участках Свердловской дистанции защитных лесонасаждений Свердловской железной дороги. Результаты этой работы, в частности графики расположения и привязки защитных полос вдоль железных дорог, не потеряли актуальности по сей день. В 1990–2010 гг. он принимал деятельное участие в обосновании и выделении зеленых зон 5 городов ХМАО-Югры, паркостроительстве лесопарков г. Екатеринбурга.

По результатам научной и образовательной деятельности Иваном Федоровичем лично и совместно коллегами опубликовано более 80 научных и научно-методических работ, в том числе одна монография и 13 учебных пособий по лесной таксации, лесоустройству и лесному дешифрированию.

Иван Федорович Коростелев большое внимание уделял воспитательной работе студентов, работая куратором в академических группах. Вот как отзывается о его работе один из учеников Дорожкин Е. М.: «Его интеллигентность не позволяла нам пропускать занятия. Он вроде бы и не требовал от нас многого, но достаточно было его заинтересованности, как сразу за свои пропуски мои одноклассники готовы были провалиться сквозь землю».

Иван Федорович стоял у истоков создания Малой лесной академии (МЛА) в УГЛТУ (УЛТИ), вел направление по таксации леса с момента ее образования (1975 г.) и до выхода на заслуженный отдых. Под его руководством большое количество слушателей МЛА успешно выполнили и защитили выпускные проекты и работы. Его занятия в МЛА пробуждали в слушателях живой интерес к лесу и лесной науке и способствовали их осознанной профориентации в пользу лесных специальностей. Для слушателей МЛА им издано оригинальное учебное пособие «Идущему в лес», которое пользуется большим успехом также у студентов, сотрудников УГЛТУ, а также работников лесного хозяйства. Иван Федорович также является одним из соавторов учебного пособия «Изучаем лес», подготовленного для слушателей МЛА.

Ученики Ивана Федоровича отмечают его преданность лесному делу, лесной таксации, серьезное и ответственное отношение к работе, любовь к профессии, творческий подход при решении поставленных задач, широкую эрудицию, а также душевность и чуткость наставника, интеллигентность. Он прививал студентам любовь к природе и профессии не только своими делами, поступками, словами, но и посредством поэзии, нередко читая студентам и аспирантам стихотворения собственного сочинения и других авторов. Иван Федорович стал настоящим отцом-наставником для многих молодых коллег, щедро делаясь с ними своим богатым опытом и оказывая большую помощь в становлении их как преподавателей.

Поздравляем Ивана Федоровича с 85-летием! От всей души желаем нашему замечательному учителю и коллеге здоровья, долгих лет жизни, рождения новых поэтических строк и всего самого доброго!

Директор ИЛП, д-р с.-х. наук, профессор

З. Я. Нагимов

*Зав. кафедрой лесной таксации
и лесоустройства, канд. с.-х. наук, доцент*

И. В. Шевелина

Ассистент кафедры (1976–1979)

И. И. Аюпов

