

ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ



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

0+

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 17.12.2024.
Дата выхода в свет 24.12.2024.
Формат 60×84/8. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 19,27. Усл. печ. л. 23,24.
Тираж 100 экз. (1-й завод 32 экз.).
Заказ № 8012

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», 2024

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 бакалавр / 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

Фомин В. В., Рогачев В. Е., Агапитов Е. М., Михайлович А. П., Рогачев Л. Е., Костоусова Е. А., Переходова Е. С., Коритняк Е. Б., Паршин С. П., Рублева С. С., Стратонов Д. Д., Голиков Д. Ю. Депонирование углерода основными лесообразующими древесными породами карбонового полигона Свердловской области	4
Федорова Н. С., Морозов А. Е. Контроль в области лесных отношений. Новые подходы и их эффективность в рамках реформы законодательства (на примере Челябинской области)	17
Залесов С. В., Кайзер Н. В., Крекова Я. А., Мартюшов П. А., Попов А. С. Ошибки при озеленении северных населенных пунктов	30
Аткина Л. И., Деревянкина Е. А. Оценка декоративности осенних пейзажей насаждений дендрологического парка-выставки г. Екатеринбурга	38
Лопатин М. В., Сродных Т. Б. Состояние насаждений больничных комплексов города Екатеринбурга	47
Аткина Л. И., Москаленко Е. В. Состав и структура озеленения храмового комплекса во имя Целителя Пантелеимона города Екатеринбурга	55
Демченко Ю. Е., Агафонова Г. В. Сроки цветения декоративных многолетников в парке жилого района Солнечный г. Екатеринбурга	63
Примаков Н. В. Влияние полезащитных лесных полос на распространение пожаров в агролесоландшафтах Краснодарского края	71
Клинов А. С., Марковская А. Н., Залесов С. В. Размножение смородины черной (<i>Ribes nigrum</i> L.) зелеными черенками в условиях Среднего Урала	80
Галимов Р. Р., Уразбахтин А. А., Уразгильдин Р. В. Сравнительная характеристика морфологических параметров листьев и побегов березы повислой при различных типах загрязнения в условиях Южно-Уральского региона	94
Воробьева Т. С., Нагимов З. Я., Шевелина И. В., Моисеев П. А., Балакин Д. С., Суслов А. В. Количественные и качественные показатели шишек и семян ели сибирской в высокогорьях Южного Урала (на примере массива Ирмель)	106
Кузнецов Л. Е. Анализ сводного плана тушения лесных пожаров в Тюменской области на пожароопасный сезон 2024 года	120
Усольцев В. А., Плюха Н. И., Цепордей И. С., Ангальт Е. М. Видовые особенности изменения содержания сухого вещества в древесине и коре вдоль по стволу дерева	130
Чернышев Д. О., Лукаш А. А., Максименко Д. М., Сивакова Е. В. Новый древесный композит – шпоновые доски – и устройство для их склеивания	143
Пекер Х., Аята У. Определение изменений, вызванных химическими отбеливателями древесины в дереве менгкуланг (<i>Heritiera javanica</i> (Blume) Kosterm.)	149
Яцун И. В., Чекасин М. С. Исследования качества подготовки поверхности древесины под отделку при обработке ее циклеванием и шлифованием	159
Носоновских К. В., Газеев М. В., Свиридов А. В., Щепочкин С. В. Исследование влияния аэроионизации на прочность клеевого соединения древесины, формируемого клеевой композицией на основе эпоксидной смолы	168
Якимович С. Б., Лукин Ю. В., Мякотников А. В. Проектная лесосека: моделирование и факторное описание	178
Дворянкин Д. Ю., Веключ И. А., Первова И. Г., Клепалова И. А. Углеродные сорбенты на основе отходов деревообработки как фильтрующие материалы для сорбционного извлечения ионов металлов	188

Content

Fomin V. V., Rogachev V. E., Agapitov E. M., Mikhailovich A. P., Rogachev L. E., Kostousova E. A., Peredodova E. S., Koritnyak E. B., Parshin S. P., Rubleva S. S., Stratonov D. D., Golikov D. Yu. Carbon sequestration by the main forest-forming tree species of the Sverdlovsk region carbon polygon	5
Fedorova N. S., Morozov A. E. Control in the field of forest relations. New approaches and their effectiveness in the framework of legislative reform (using the example of the Chelyabinsk region)	17
Zalesov S. V., Kaiser N. V., Crack It. A., Martyushov P. A., Popov A. S. Mistanes in Landscaping northers settlements	30
Atkina L. I., Derevyankina E. A. Assessment of the decorative effect of autumn landscapes of the plantings of the arboretum park-exhibition of Yekaterinburg	39
Lopatin M. V., Srodnykh T. B. Landscape organization of hospital complexes in the city of Yekaterinburg	48
Atkina L. I., Moskalenko E. V. The composition and structure of the landscaping of the temple complex in the name of the Healer Panteleimon of Yekaterinburg	56
Demchenko Yu. E., Agafonova G. V. The timing of flowering of ornamental perennials in the park of the Solnechny residential area of Yekaterinburg	64
Primakov N. V. The influence of protective forest strips on the distribution fires in agroforest landscapes of the Krasnodar territory	72
Klinov A. S., Markovskaya A. N., Zalesov S. V. Propagation of blackcurrant (<i>Ribes nigrum</i> L.) green cuttings in the conditions of the middle Ural	81
Galimov R. R., Urazbakhtin A. A., Urazgildin R. V. Comparative characteristics of morphological parameters of birch leaves and shoots under different types of pollution in the conditions of the South Urals region	95
Vorobyova T. S., Nagimov Z. Ya., Shevelina I. V., Moiseev P. A., Balakin D. S., Suslov A. V. Quantitative and qualitative indicators of siberian spruce cones and seeds in the high mountains of the South Ural (based on the example of the Iremel massif)	107
Kuznetsov L. E. Analysis of the consolidated plan for extinguishing forest fires in the Tyumen region for the fire season of 2024	121
Usoltsev V. A., Plyukha N. I., Tsepordey I. S., Anhalt E. M. Species features of changes in the dry matter content in wood and bark along the stem of a tree	131
Chernyshev D. O., Lukash A. A., Maksimenko D. M., Sivakova E. V. A new wood composite – veneer boards – and a device for gluing them	144
Peker H., Ayata Ü. Determination of changes caused by wood bleaching chemicals in mengkulang (<i>Heritiera javanica</i> (Blume) Kosterm.)	150
Yatsun I. V., Chekasin M. S. Studies of the quality of preparation of the surface of wood for finishing when processing it by cycling and grinding	160
Nosonovskikh K. V., Gazeev M. V., Sviridov A. V., Shchepochkin S. V. Investigation of the effect of aeroionization on the strength of the adhesive joint of wood formed by an epoxy resin-based adhesive composition	169
Yakimovich S. B., Lukin Yu. V., Myakotnikov A. V. Project logging area: modeling and factor description	178
Dvoryankin D. Yu., Veklyuch I. A., Pervova I. G., Klepalova I. A. Sawdust carbon sorbents as filter media for metal removal	189

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 4–16.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 4–16.

Научная статья

УДК 630*23

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.001

ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА ОСНОВНЫМИ ЛЕСООБРАЗУЮЩИМИ ДРЕВЕСНЫМИ ПОРОДАМИ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Валерий Владимирович Фомин¹, Владимир Евгеньевич Рогачев², Егор Михайлович Агапитов³, Анна Павловна Михайлович⁴, Лев Евгеньевич Рогачев⁵, Екатерина Антоновна Костоусова⁶, Елизавета Сергеевна Переходова⁷, Егор Богданович Коритняк⁸, Сергей Павлович Паршин⁹, Светлана Сергеевна Рублева¹⁰, Дмитрий Дмитриевич Стратонов¹¹, Дмитрий Юрьевич Голиков¹²

^{1–11} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

^{1–4} Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

¹² Ботанический сад УрО РАН

Автор, ответственный за переписку: Валерий Владимирович Фомин,

fominvv@m.usfeu.ru

Аннотация. В начале двадцатых годов XXI в. в ряде регионов Российской Федерации в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования создана сеть научно-исследовательских стационаров – карбоновых полигонов. На этих участках проводится изучение депонирования и эмиссии парниковых газов наземными экосистемами. На карбоновом полигоне Свердловской области, который состоит из двух участков («Коуровка» и «Северка»), проведены исследования, направленные на изучение возможности оценки депонирования углерода деревьями основных лесобразующих древесных пород с использованием аллометрических уравнений, устанавливающих взаимосвязь между диаметром ствола на высоте 1,3 м и фитомассой дерева. Получены оценки величины запаса углерода на 24 пробных площадях. Изучена возможность использования моделей регрессионного анализа и машинного обучения, а также ансамбля моделей для оценки значений диаметра ствола по высоте дерева и площади его кроны. Установлено, что модели, созданные при помощи методов машинного обучения «случайный лес», искусственная нейронная сеть, а также ансамбль моделей позволяют повысить уровень количественной адекватности моделей для оценки диаметра ствола дерева на высоте 1,3 м по высоте дерева и площади его кроны.

Ключевые слова: основные лесобразующие древесные породы, депонирование углерода, модели, машинное обучение, ансамбль, Средний Урал

Финансирование: работа выполнена в рамках госбюджетной темы Министерства науки и высшего образования FEUZ-2024-0011.

Для цитирования: Депонирование углерода основными лесобразующими древесными породами карбонового полигона Свердловской области / В. В. Фомин, В. Е. Рогачев, Е. М. Агапитов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 4–16.

Original article

CARBON SEQUESTRATION BY THE MAIN FOREST-FORMING TREE SPECIES OF THE SVERDLOVSK REGION CARBON POLYGON

Valery V. Fomin¹, Vladimir E. Rogachev², Egor M. Agapitov³, Anna P. Mikhailovich⁴,
Lev E. Rogachev⁵, Ekaterina A. Kostousova⁶, Elizaveta S. Perekodova⁷, Egor B. Koritnyak⁸,
Sergey P. Parshin⁹, Svetlana S. Rubleva¹⁰, Dmitry D. Stratonov¹¹, Dmitry Yu. Golikov¹²

¹⁻¹¹ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹⁻⁴ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

¹² The Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Corresponding author: Valery V. Fomin,

fominvv@m.usfeu.ru

Abstract. A network of study areas (carbon polygons) has been established in some regions in the Russian Federation within the framework of the scientific program of the Ministry of Science and Higher Education. The deposition and emission of greenhouse gases by terrestrial ecosystems is being studied at these areas. The carbon polygon of the Sverdlovsk region consists of two sites («Kourovka» and «Severka»). Studies have been conducted to assess the possibility of estimating carbon deposition by stands of main forest-forming tree species using allometric equations that establishes the relationship between breast height diameter and the tree phytomass. Assessment of the amount of carbon stock within the 24 forest plots were implemented. The possibility of using regression analysis and machine learning models, as well as ensemble of models, to estimate value of steem diameter at breast height, using the tree height and area of the horizontal tree crown projection were analysed. It is established that the use of machine learning methods «Random Forest», artificial neural network for building methods, as well as an ensemble of models makes it possible to increase the level of quantitative adequacy of models for estimating the diameter of a tree trunk at a height of 1,3 m on the basis of described above predictors.

Keywords: main forest-forming tree species, carbon deposition, models, machine learning, ensemble, Middle Ural

Finding: this research was funded by the Russian Ministry for Science and Education (project № FEUZ-2024-0011).

For citation: Carbon sequestration by the main forest-forming tree species of the Sverdlovsk region carbon polygon / V. V. Fomin, V. E. Rogachev, E. M. Agapitov [et al.] // Forests of Russia and economy in them, 2024, № 4 (91). P. 4–16.

Введение

Стратегией низкоуглеродного развития Российской Федерации (Стратегия социально-экономического развития..., 2021) предусмотрено увеличение поглощающей способности управляемых экосистем более чем в 2 раза к 2050 г. В рамках стратегического сценария развития лесного комплекса в стратегии предусмотрено развитие испытательных полигонов, предназначенных для разработки и внедрения современных отечественных технологий и технических средств, обеспечивающих достижение целевого показателя стратегии.

В начале двадцатых годов XXI в. в ряде регионов Российской Федерации были созданы карбоновые полигоны – участки, на которых проводится изучение объемов депонирования и эмиссии парниковых газов наземными экосистемами, включая разработку технологий количественной оценки стока и эмиссии, в первую очередь углекислого газа. Один из таких участков, получивших название «Урал-Карбон», создан на территории Свердловской области (Научные исследования..., 2023).

Цель, объекты и методика исследований

Цель работы – количественная оценка величины депонирования углерода деревьями основных лесообразующих древесных пород карбонового полигона Свердловской области при помощи аллометрических уравнений оценки фитомассы дерева с использованием величины диаметра ствола дерева на высоте 1,3 м, проведение анализа математико-статистических моделей, созданных в том числе при помощи методов машинного обучения, а также ансамбля моделей для оценки величины диаметра ствола дерева на высоте 1,3 м по значению высоты дерева и площади его кроны.

Карбоновый полигон «Урал-Карбон» состоит из двух участков. Один из них – «Северка» (457,7 га) – находится вблизи одноименного населенного пункта на территории Уральского учебно-опытного

лесхоза Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ), второй – «Коуровка» (133,8 га) – вблизи Коуровской астрономической обсерватории Уральского федерального университета. На данных участках были заложены 18 и 6 круговых пробных площадей (ПП) с радиусом 13,82 м соответственно (рис. 1 и 2).

При закладке пробных площадей для определения центра пробной площади использовали GPS-приемник Garmin Etrex-10 (Garmin Inc, Switzerland, Schaffhausen), а для для определения угла, измеряемого из центра круговой ПП от направления на север до луча, направленного на каждое дерево, в пределах ПП использовали буссоль Suunto KB-14/360R (Suunto Inc., Finland, Vantaa). Измерение расстояния от центра пробной площади до дерева проводили при помощи ультразвукового дальномера Vertex 5360° (Haglöf Sweden AB,

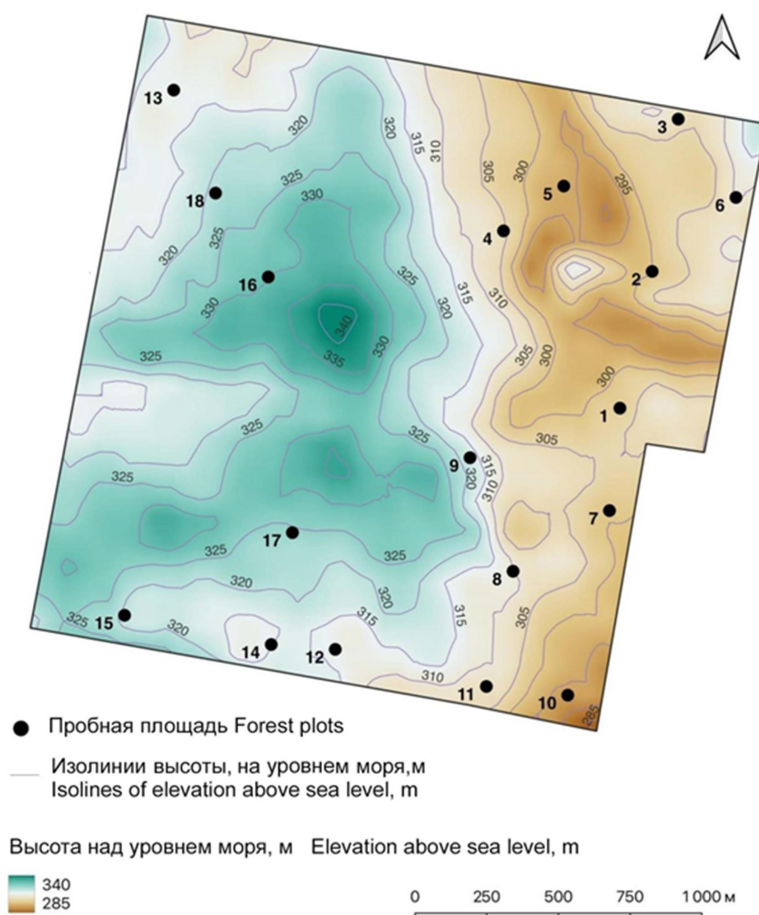


Рис. 1. Картосхема участка «Северка» карбонового полигона Свердловской области «Урал-Карбон» с обозначением местоположения пробных площадей и рельефа

Fig. 1. Maps of the relief of the study area «Severka» of «Ural-Carbon» polygon with marking of circle forest plots location

Sweden, Långsele). Он также был использован для определения высоты дерева. Определение протяженности горизонтальной проекции кроны дерева в двух взаимно перпендикулярных направлениях выполняли при помощи мерной ленты. На основе полученных значений диаметра находили среднее значение радиуса кроны, которое использовали для расчета площади проекции кроны как площади эквивалентного круга.

На всех пробных площадях были взяты керны древесины для определения возраста деревьев и радиальных приростов при помощи возрастного бурава Haglöf (Haglöf Sweden AB, Sweden, Långsele). Для определения возраста подроста было взято несколько экземпляров древесных растений разной высоты каждой древесной породы. Дендрохронологический комплекс Lintab (Rinntech Inc., Германия) применяли для определения возраста деревьев по кернам.

Возраст дерева определяли с использованием метода коррекции высоты керна (Wong, Lertzman, 2001; Elliott, Kipfmüller, 2018). Для этого к возрасту дерева, измеренному по образцу керна, добавляли возраст экземпляра подроста соответствующей древесной породы с высотой, которая совпадает с высотой взятия керна древесины у взрослых деревьев.

Значения диаметра дерева использовали в качестве входного параметра в аллометрических уравнениях количественной оценки фитомассы надземной части деревьев основных лесообразующих древесных пород для Урала (Усольцев и др., 2022):

$$\ln P_j = a_0 + a_1 \ln DBH, \quad (1)$$

где P_j – фракция фитомассы дерева, например ствола, ветвей, коры;

\ln – натуральный логарифм;

DBH – диаметр дерева на высоте 1,3 м, см.

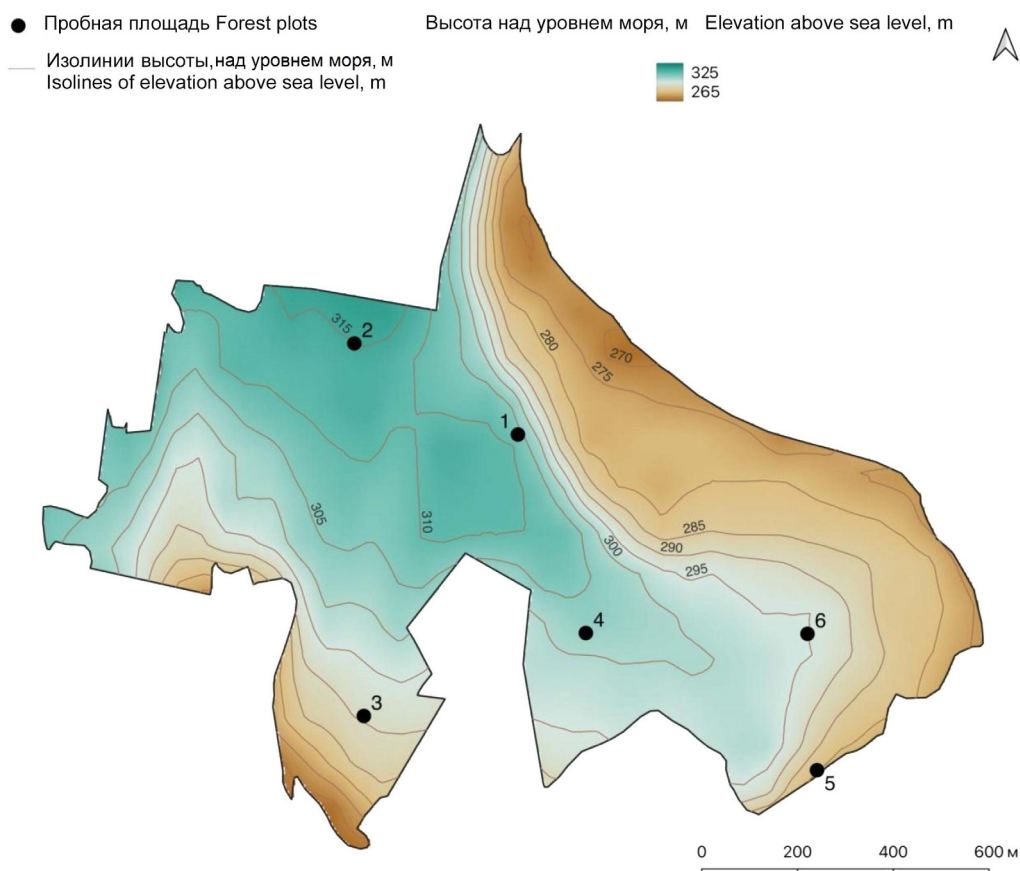


Рис. 2. Картограмма участка «Коуровка» карбонового полигона Свердловской области «Урал-Карбон» с обозначением местоположения пробных площадей и рельефа
 Fig. 2. Maps of the relief of the study area «Kourovka» of «Ural-Carbon» polygon with marking of circle forest plots location

Величина подземной фитомассы дерева для конкретной породы оценивается умножением величины надземной фитомассы на значение коэффициента (Усольцев и др., 2022).

После потенцирования значений натурального логарифма фитомассы фракции дерева P_j получали значение сухой массы в килограммах. Содержание углерода в конкретной фракции рассчитывали по формуле

$$C_{P_j} = 0,5P_j, \quad (2)$$

где C_{P_j} – масса углерода во фракции P_j , кг;

Перевод из единиц углерода в CO_2 осуществили по формуле

$$CO_{2P_j} = 44/12C_{P_j}. \quad (3)$$

Для построения моделей расчета значений диаметра на высоте 1,3 м в зависимости от высоты и площади кроны дерева использовали язык программирования R в одноименной среде R (The R Project for Statistical Computing) с использованием следующих библиотек: MASS, Metrics, car, ggplot2, dplyr, caret, randomForest, tensorflow, keras3, neuralnet, nnet, ranger, e1071, ipred, R6, superml, devtools, caretEnsemble, mlbench, magrittr, readxl, writexl, tidyverse.

При создании моделей исходная выборка разбивалась на тестовую (70 %) и обучающую (30 %). На основе данных тестовой выборки создавали модели. На основе измеренных и теоретических значений тестовой выборки рассчитывали статистические метрики моделей. В статье приведены значения одной из них – коэффициента детерминации.

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 приведены данные о метоположении и характеристиках древостоев 24 пробных площадей, заложенных на участках карбонового полигона. Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что на ПП на участке «Северка» возраст древостоев варьирует от 55 до 170 лет, а в составе преобладает сосна. На участке «Коуровка» средний возраст древостоев на ПП лежит в интервале от 60 до 120 лет, а в составе преобладает как сосна, так и ель.

С использованием уравнения (1), а также значе-

ния основных лесообразующих древесных пород Урала, приведенных в работе В. А. Усольцева с соавторами (Усольцев и др., 2022), рассчитаны величины надземной и подземной фитомассы деревьев на пробных площадях. В табл. 2 приведены значения углерода и углеродных единиц с использованием уравнений (2) и (3) и рассчитаны значения углерода и CO_2 -эквивалента на пробных площадях участков «Северка» и «Коуровка», а также значения в пересчете на гектар. Содержание углерода в древостое варьирует примерно от 46 до 200 т/га.

Представленные в таблицах данные о содержании углерода в древостоях пробных площадей достаточно хорошо соотносятся с данными, полученными Мерила с соавторами (Carbon Stocks..., 2023) для надземной и подземной частей деревьев для сосновых и еловых древостоев для южной части Финляндии (в широтном градиенте от 60° до 63° с. ш.). Результаты их исследований свидетельствуют о том, что для насаждений с преобладанием сосны в составе содержание углерода лежит в интервале 56,3–109,6 т/га, а для древостоев с преобладанием ели – 106,5–190,3 т/га.

На рис. 3 приведен график зависимости средней величины депонирования углерода в тоннах на гектар в год, полученной в результате деления значения депонированного углерода древостоем на его средний возраст линией тренда в виде логарифмической регрессии. Он позволяет оценить общую тенденцию сокращения величины депонирования углерода без учета условий местопроизрастания, густоты древостоя и состава лесного насаждения.

Содержание CO_2 -экв. по данным пробных площадей на двух участках карбонового полигона в пересчете на 1 га находится в пределах от 169,5 до 734 т, а среднее значение – 515,9 т.

Значение диаметра ствола на высоте 1,3 м используется в уравнениях оценки фитомассы фракций дерева в качестве единственного предиктора или в составе других, например, с высотой дерева или радиусом его кроны широко используется в разных регионах Земли (Аллометрические модели..., 2016; Усольцев и др., 2022; Wong, Lertzman, 2001; Nam et al., 2016; Allometric biomass..., 2018; Challenges in estimating..., 2019; Allometric equations to estimate..., 2020; Addi et al., 2022).

Таблица 1
Table 1

Характеристики древостоев пробных площадей
на участках карбонового полигона «Северка» и «Коуровка»
Characteristics of tree stands of forest plots
at the carbon polygons «Severka» and «Kourovka»

Номер ПП Plot Number	Номер квартала Forest block number	Номер выдела Parcell number	Состав древостоя Treestand species composition	Возраст, лет Age, year	Диаметр, см DBH, cm	Высота, м Height, m	Класс бонитета Site quality-class	Густота, шт./га Treestand density, pieces per hectare
Северка / Severka								
1	36	51	8С1Лц1Б+Е	70	20,49	18,3	2	1167
2	36	32	8С2Б ед,Е	55	18,73	17,8	4	1350
3	36	6	6С3Б1Е	65	23,84	20,4	2	867
4	36	18	3Е2С2Лц3Б	70	28,25	22,4	3	500
5	36	19	5С2Е3Б	90	19,57	18,7	2	1083
6	36	13	7С1Е1Лц1Б+Е	120	24,88	18,5	2	967
7	42	11	6Лц2С3Б	75	27,28	22,7	2	600
8	42	17	4С3Лц3Б+Е	110	28,95	21,2	3	633
9	41	5	5С3Лц1Е1Б	75	22,26	18,6	3	917
10	42	23	8С1Лц1Б+Е	75	28,37	21,9	3	533
11	42	21	4С4Лц1Е1Б	130	27,34	20,8	2	633
12	41	16	4Е2П2Б2Ос	65	25,85	21,6	3	533
13	35	3	6С2Е1П1Б	170	22,40	19,5	3	1083
14	40	27	6Е3Б1Ос+П	130	19,64	17,8	3	933
15	40	25	5Лц2Е3Б ед,С	130	17,78	17,5	3	683
16	35	24	7С2Б1Е	100	31,09	22,9	3	517
17	40	10	8С1Лц1Б+Е	120	12,45	13,6	2	700
18	35	21	6Б1С1Е	60	10,50	12,0	2	1333
Коуровка / Kourovka								
1	23	11	7С2П1Б+Е	120	29,19	25,4	2	750
2	23	10	6Е2П2Б	80	26,15	25,0	1	783
3	23	23	5С3Е2П	60	26,40	24,6	1А	883
4	23	24	4Е3П1С1Лц1Б	100	29,51	25,7	2	617
5	23	34	9С1Б+П+Е	100	25,09	19,9	3	717
6	23	25	7Е2П1С	110	18,52	21,1	3	350

Существующие технологии получения данных дистанционного зондирования при помощи беспилотных летательных аппаратов с использованием лидара, RGB- или мультиспектральных камер позволяют извлечь информацию о высоте дерева

и площади его кроны. Два этих параметра могут быть использованы для оценки диаметра дерева на высоте 1,3 м (DBH) от его высоты (H) и площади горизонтальной проекции кроны (S_{cr}).

Таблица 2
Table 2

Содержание углерода и углеродных единиц в древостоях пробных площадей
и в пересчете на гектар на участках карбонового полигона «Северка» и «Коуровка»
The content of carbon and carbon units in stands of forest plots
and per hectare carbon polygons «Severka» and «Kourovka»

Номер ПП Plot Number	Содержание углерода, т Carbon content, tonnes		CO ₂ -эквивалент, т CO ₂ equivalent, tonnes	
	на ПП per plot	на гектар per hectare	на ПП per plot	на гектар per hectare
Северка / Severka				
1	7,9	131,2	28,9	480,9
2	7,0	117,2	25,8	429,9
3	8,6	143,8	31,6	527,4
4	6,6	110,0	24,2	403,4
5	6,1	102,0	22,4	374,1
6	12,0	200,2	44,0	734,0
7	8,1	134,5	29,6	493,0
8	11,0	183,6	40,4	673,2
9	6,9	115,1	25,3	422,0
10	8,0	133,6	29,4	489,9
11	10,5	175,6	38,6	643,9
12	5,6	93,4	20,5	342,3
13	8,1	134,8	29,7	494,3
14	6,0	99,2	21,8	363,9
15	2,8	46,2	10,2	169,5
16	8,7	144,5	31,8	529,7
17	7,7	127,6	28,1	467,8
18	10,5	175,4	38,6	643,0
Коуровка / Kourovka				
1	11,5	192,0	42,2	704,2
2	10,1	169,1	37,2	619,9
3	10,5	174,3	38,4	639,3
4	8,8	146,5	32,2	537,1
5	8,5	141,5	31,1	518,9
6	11,1	185,5	40,8	680,0

На основе данных наземных измерений биометрических параметров деревьев на пробных площадях был получен ряд моделей, созданных с использованием методов машинного обучения, а также широко применяемая в данной области исследований модель множественной линейной регрессии.

В табл. 3 приведены объемы выборок и значения коэффициентов детерминации, которые характеризуют качественную адекватность полученных моделей для основных лесообразующих древесных пород отдельно для каждого из участков карбонового полигона и для всего полигона в целом.

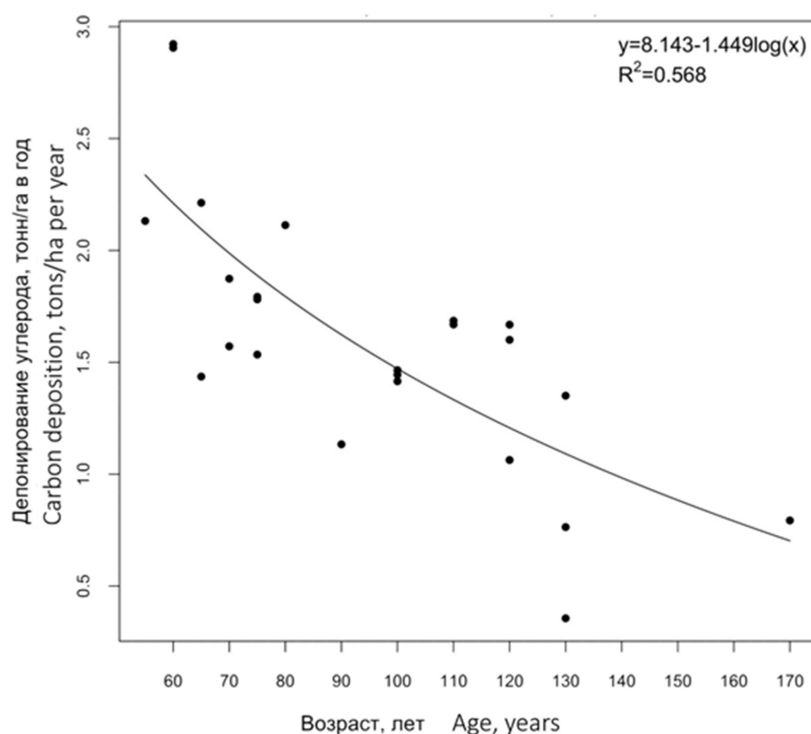


Рис. 3. График зависимости средней величины депонирования углерода в тоннах на гектар в год для древостоев разного возраста
 Fig. 3. Graph of the dependence of the average value of carbon sequestration in tons per hectare per year by tree stands of different ages

Данные, представленные в табл. 3, свидетельствуют о том, что для моделей, созданных с использованием машинного обучения «случайный лес» (библиотека `randomForest`) и двухслойной искусственной нейронной сети (библиотека `keras3`), получены более высокие значения коэффициента детерминации по сравнению с таковыми в ансамбле моделей библиотек `caret` и `caretEnsemble`.

В табл. 4 приведены объемы объединенных по двум участкам выборок (общее количество деревьев 1122) по основным древесным породам двух участков и значения коэффициента детерминации моделей зависимости DBH от H и S_{cr} . Звездочками обозначены модели, пояснения к которым даны в примечении к табл. 3.

Несмотря на достаточно высокие значения коэффициента детерминации моделей множественной линейной регрессии, представленных в табл. 3 и 4, данные модели не прошли проверку на соблюдение некоторых условий их применимости. При проверке были выявлены одно или несколько нарушений условий: на принадлежность

остатков нормальному распределению; наличие трендов в распределении остатков по диапазонам предикторов; наличие влиятельных значений, обоснованность удаления которых из выборки не найдена. Это не означает, что модели множественной линейной регрессии для всех представленных в табл. 3 и 4 древесных пород должны быть полностью отвергнуты. Некоторые из них могут быть доработаны путем последовательного устранения нарушения условий применимости (там, где это возможно). Например, наиболее перспективной с точки зрения такой доработки является модель множественной линейной регрессии для сосны.

Данные табл. 3 и 4 свидетельствуют о достаточно высокой количественной адекватности моделей машинного обучения. Модель искусственной нейронной сети с двумя скрытыми слоями из 5 и 3 нейронов, созданная с использованием библиотеки `R keras3`, показала наилучшие результаты из всех полученных моделей или их ансамбля для пихты, ели и сосны для участка «Коуровка», а также для пихты на участке «Северка» (см. табл. 4).

Таблица 3

Table 3

Значения коэффициентов детерминации моделей оценки величины диаметра ствола дерева на высоте 1,3 м от высоты дерева и площади горизонтальной проекции его кроны для участков карбонового полигона «Северка» и «Коуровка»
The determination coefficient values for models DBH~(H,Scr) for main tree species «Severka» and «Kourovka» carbon polygons

Древесная порода Tree species	Количество деревьев Trees number	Ансамбль из 4 моделей* Ensemble of 4 models	Случайный лес** Random Forest	Нейросеть*** Neural network	Множественная линейная регрессия**** Multiple linear regression
Северка / Severka					
Пихта (Fir)	26	0,80	0,64	0,89	0,81
Ель (Spruce)	272	0,91	0,92	0,88	0,91
Сосна (Pine)	210	0,74	0,75	0,77	0,80
Береза (Birch)	57	0,94	0,97	0,93	0,89
Лиственница (Larch)	311	0,66	0,67	0,67	0,70
Коуровка / Kourovka					
Пихта (Fir)	100	0,57	0,59	0,71	0,70
Ель (Spruce)	74	0,81	0,80	0,86	0,86
Сосна (Pine)	52	0,49	0,52	0,60	0,63
Береза (Birch)	20	0,97	0,98	0,95	0,96

Примечание:

Жирным шрифтом выделены наибольшие значения коэффициента детерминации для данной древесной породы.

* В ансамбле использованы модели, построенные с применением следующих методов из библиотек R caret и caretEnsemble: случайный лес (rf), дерево решений (treebag), случайный лес (parRF), однослойная нейронная сеть (nnet).

** Использована модель случайного леса библиотеки R randomForest.

*** Использована нейросеть, созданная при помощи библиотеки R keras3 с двумя скрытыми слоями из 5 и 3 нейронов соответственно.

**** Нарушены одно или несколько условий применимости модели: нарушено условие на принадлежность остатков нормальному распределению; наличие трендов в распределении остатков по диапазонам предикторов; наличие влиятельных значений, обоснованность удаления которых из выборке не найдена.

Note:

The largest values of the coefficient of determination for this tree species are highlighted in bold.

* The ensemble uses models constructed using the following methods from libraries R “caret” and “caretEnsemble”: “rf”, “treebag”, “parRF”, single-layer neural network (“nnet”).

** The random forest model of the R library “randomForest” is used.

*** A neural network created using the R “keras3” library with two hidden layers of 5 and 3 neurons was used.

**** One or more conditions for the applicability of the model are violated: the condition for the residues to belong to the normal distribution is violated; the presence of trends in the distribution of residues across predictor ranges; the presence of influential values, the validity of which removal from the sample was not found.

Значения коэффициентов детерминации моделей для этих древесных пород равны 0,71, 0,86, 0,60 и 0,89 соответственно (см. табл. 3). Наибольшие величины данного коэффициента получены для модели «случайный лес» для ели, лиственни-

цы и березы на участке «Северка»: 0,92, 0,97 и 0,67 соответственно (см. табл. 3).

Результаты моделирования на основе объединенных данных двух участков по основным древесным породам (см. табл. 4) свидетельствуют о том,

Таблица 4
Table 4

Значения коэффициентов детерминации моделей оценки величины диаметра ствола дерева на высоте 1,3 м от его высоты и площади горизонтальной проекции кроны для основных лесообразующих древесных пород в целом для карбонового полигона «Урал-Карбон»
The determination coefficient values for models DBH~(H,Scr) for main tree species for «Ural-Carbon» polygon

Древесная порода Tree species	Количество деревьев Trees number	Ансамбль из 4 моделей* Ensemble of 4 models	Случайный лес** Random Forest	Нейросеть*** Neural network	Множественная регрессия**** Multiple linear regression
Пихта (Fir)	126	0,91	0,89	0,90	0,92
Ель (Spruce)	346	0,94	0,94	0,93	0,92
Сосна (Pine)	262	0,69	0,71	0,65	0,67
Береза (Birch)	331	0,65	0,65	0,70	0,69
Лиственница (Larch)	57	0,94	0,97	0,93	0,89

Примечание:

Жирным шрифтом выделены наибольшие значения коэффициента детерминации. Пояснения для моделей, обозначенных звездочками, приведены в примечании к табл. 3.

Notes:

The largest values of the coefficient of determination for this tree species are highlighted in bold. Explanations for the models marked with asterisks are given in the note to Table 3.

что ансамбль из 4 моделей, две из которых представляют собой реализацию метода «случайный лес» с использованием библиотек *R* rf и parRF, одна модель однослойной нейронной сети с использованием библиотеки pnet и модель, созданная на основе подвыборок с использованием дерева решений treebag, показал наилучшие результаты для пихты и ели. Коэффициенты детерминации для ансамбля этих моделей для пихты составляют 0,91, для ели – 0,94.

Модели, созданные с использованием метода «случайный лес» из библиотеки *R* randomForest, по величине коэффициента детерминации превосходили другие модели для ели и лиственницы. Значения R^2 для этих пород равны 0,94 и 0,97 соответственно. Для сосны коэффициент детерминации данной модели равен 0,71. Для березы наибольшее значение $R^2 = 0,70$ достигается при использовании модели искусственной нейронной сети с двумя скрытыми слоями.

Выводы

Карбоновый полигон Свердловской области «Урал-Карбон» состоит из двух участков «Северка» (пос. Северка) и «Коуровка» (пос. Куровка),

площадь которых составляет 457,7 га и 133,8 га соответственно. На основе данных наземных измерений биометрических параметров деревьев и аллометрических уравнений для основных лесообразующих древесных пород Урала получены данные о величине депонирования углерода древостоями на пробных площадях. Установлено, что содержание углерода в древостоях в пересчете на гектар лежит в интервале от 46 до 200 т.

Так как значение диаметра ствола дерева на высоте 1,3 м является одним из основных предикторов и очень часто единственным предиктором в аллометрических моделях оценки фитомассы дерева, проведено моделирование зависимости диаметра ствола на высоте 1,3 м от его высоты и площади горизонтальной проекции кроны дерева. Высота дерева и площадь его кроны могут быть оценены с использованием лидара и RGB- или мультиспектральной камеры, установленных на беспилотном летательном аппарате. На основе перечисленных выше биометрических параметров у 1122 деревьев основных лесообразующих древесных пород (пихта, ель, сосна, лиственница и береза) созданы модели множественной линейной регрессии, а также модели с использованием

разных методов машинного обучения. Установлено, что модели машинного и ансамбля моделей обладают высоким уровнем количественной адекватности и могут быть использованы для количественной оценки диаметра ствола дерева на высоте 1,3 м по высоте дерева и площади его кроны.

Наиболее высокие значения коэффициента детерминации получены для ели, пихты и лиственницы – 0,91–0,97. Для березы и сосны значения коэффициента наилучших моделей равны 0,71 и 0,70 соответственно.

Список источников

- Аллометрические модели фитомассы деревьев для лазерного зондирования и наземной таксации углеродного пула в лесах Евразии: сравнительный анализ / В. А. Усольцев, В. П. Часовских, Ю. В. Норицина, Д. В. Норицин // Сибирский лесной журнал. 2016. № 4. С. 68–76.
- Научные исследования и разработки Уральского государственного лесотехнического университета в области климатических проектов / В. В. Фомин, С. В. Залесов, Е. М. Агапатов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 4 (87). С. 4–17. DOI: 10.51318/FRET.2023.87.4.012
- Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года от 29.10.2021 № 3052-р. URL: <http://government.ru/docs/43708/> (дата обращения: 10.09.2024).
- Усольцев В. А., Цепордей И. С., Норицин Д. В. Аллометрические модели биомассы деревьев лесообразующих пород Урала // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 1. С. 4–14.
- Addi A., Soromessa T., Bareke T. Allometric Equation for Aboveground Biomass Estimation for Selected Trees in Gesha-Sayilem Moist Afromontane // Forest. J For Res. 2022. № 11:323. DOI: 10.21203/rs.3.rs-210985/v1 (accessed 14.09.2024).
- Allometric biomass equations for 12 tree species in coniferous and broadleaved mixed forests, Northeastern China / Huaijiang He, Chunyu Zhang, Xiuhai Zhao [et al.] // PLoS ONE. 2018. № 13 (1). e0186226. DOI: 10.1371/journal.pone.0186226 (accessed 14.09.2024).
- Allometric equations to estimate aboveground biomass of small-diameter mixed tree species in secondary tropical forests / R. Puc-Kauil, G. Ángeles-Pérez, J. R. Valdéz-Lazalde [et al.] // iForest. 2020. № 13. P. 165–174. DOI: 10.3832/ifer3167-013 (accessed 14.09.2024).
- Carbon Stocks and Transfers in Coniferous Boreal Forests Along a Latitudinal Gradient / P. Merilä, A. J. Lindroos, H. S. Helmisaari [et al.] // Ecosystems. 2023. № 27. P. 151–167. DOI: 10.1007/s10021-023-00879-5 (accessed 14.09.2024).
- Challenges in estimating forest biomass: use of allometric equations for three boreal tree species / Xing Dingliang, J. A. Colin Bergeron, Kevin A. Solarik [et al.] // Canadian Journal of Forest Research. 2019. № 49 (12). P. 1613–1622. DOI: 10.1139/cjfr-2019-0258 (accessed 14.09.2024).
- Elliott G. P., Kipfmüller K. F. Multi-scale Influences of Slope Aspect and Spatial Pattern on Ecotonal Dynamics at Upper Treeline in the Southern Rocky Mountains, U.S.A // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 2018. № 42. P. 45–56. DOI: 10.1657/1938-4246-42.1.45
- Nam V. T., Van Kuijk M., Anten NPR. Allometric Equations for Aboveground and Belowground Biomass Estimations in an Evergreen Forest in Vietnam // PLoS ONE. 2016. № 11 (6). e0156827. DOI: 10.1371/journal.pone.0156827 (accessed 14.09.2024).
- Wong C. M., Lertzman K. P. Errors in estimating tree age : implications for studies of stand dynamics // Can. J. For. Res. 2001. № 31. P. 1262–1271. DOI: 10.1139/cjfr-31-7-1262References

References

- Addi A., Soromessa T., Bareke T. Allometric Equation for Aboveground Biomass Estimation for Selected Trees in Gesha-Sayilem Moist Afromontane // *Forest. J For Res.* 2022. № 11:323. DOI: 10.21203/rs.3.rs-210985/v1 (accessed 14.09.2024).
- Allometric biomass equations for 12 tree species in coniferous and broadleaved mixed forests, Northeastern China / *Huaijiang He, Chunyu Zhang, Xiuhai Zhao* [et al.] // *PLoS ONE.* 2018. № 13 (1). e0186226. DOI: 10.1371/journal.pone.0186226 (accessed 14.09.2024).
- Allometric equations to estimate aboveground biomass of small-diameter mixed tree species in secondary tropical forests / *R. Puc-Kauil, G. Ángeles-Pérez, J. R. Valdéz-Lazalde* [et al.] // *iForest.* 2020. № 13. P. 165–174. DOI: 10.3832/ifer3167-013 (accessed 14.09.2024).
- Allometric models of biomass of trees of forest-forming species of the Urals / *V. A. Usoltsev, I. S. Tsepordey, D. V. Noritsin* // *Forests of Russia and agriculture in them.* 2022. № 1. P. 4–14. (In Russ.)
- Carbon Stocks and Transfers in Coniferous Boreal Forests Along a Latitudinal Gradient / *P. Merilä, A. J. Lindroos, H. S. Helmisaari* [et al.] // *Ecosystems.* 2023. № 27. P. 151–167. DOI: 10.1007/s10021-023-00879-5 (accessed 14.09.2024).
- Challenges in estimating forest biomass: use of allometric equations for three boreal tree species / *Xing Dingliang, J. A. Colin Bergeron, Kevin A. Solarik* [et al.] // *Canadian Journal of Forest Research.* 2019. № 49 (12). P. 1613–1622. DOI: 10.1139/cjfr-2019-0258 (accessed 14.09.2024).
- Elliott G. P., Kipfmüller K. F.* Multi-scale Influences of Slope Aspect and Spatial Pattern on Ecotonal Dynamics at Upper Treeline in the Southern Rocky Mountains, U.S.A // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research.* 2018. № 42. P. 45–56. DOI: 10.1657/1938-4246-42.1.45
- Nam V. T., Van Kuijk M., Anten NPR.* Allometric Equations for Aboveground and Belowground Biomass Estimations in an Evergreen Forest in Vietnam // *PLoS ONE.* 2016. № 11 (6). e0156827. DOI: 10.1371/journal.pone.0156827 (accessed 14.09.2024).
- Scientific research and development of the Ural State Forestry Engineering University in the field of climate projects / *V. V. Fomin, S. V. Zalesov, E. M. Agapitov* [et al.] // *Forests of Russia and economy in them.* 2023. № 4 (87). P. 4–17. DOI: 10.51318/FRET.2023.87.4.012 (In Russ.)
- Strategy of socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050 dated 10.29.2021 № 3052-r. URL: <http://government.ru/docs/43708/> (accessed 09.10.2024). (In Russ.)
- Usoltsev V. A., Tsepordey I. S., Noritsin D. V.* Allometric models of biomass of trees of forest-forming rocks of the Urals // *Forests of Russia and the economy in them.* 2022. № 1. P. 4–14. (In Russ.)
- Wong C. M., Lertzman K. P.* Errors in estimating tree age : implications for studies of stand dynamics // *Can. J. For. Res.* 2001. № 31. P. 1262–1271. DOI: 10.1139/cjfr-31-7-1262

Информация об авторах

В. В. Фомин – доктор биологических наук, доцент,
fominvv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9211-5627>

В. Е. Рогачев – аспирант,
rogachevve@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4964-6975>

Е. М. Агапитов – аспирант,
agapitovem@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9709-1559>

А. П. Михайлович – старший преподаватель,
a.p.mikhailovich@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8282-9431>

Л. Е. Рогачев Лев Евгеньевич – студент,
rogachevle@m.usfeu.ru

Е. А. Костусова – студент,

koustousova-katya@mail.ru

Е. С. Переходова – студент,

perekhodova00@gmail.com

Е. Б. Коритняк – студент,

koritnyak@bk.ru

С. П. Паршин – начальник отдела администрирования и эксплуатации компьютерных сетей

psp@m.usfeu.ru

С. С. Рублева – заведующий кафедрой высшей математики,

rubevass@m.usfeu.ru

Д. Д. Стратонов – преподаватель Уральского лесотехнического колледжа,

stratonovdd@m.usfeu.ru

Д. Ю. Голиков – научный сотрудник лаборатории древесных растений Ботанического сада УрО РАН,

mit2704@gmail.com

Information about the authors

V. V. Fomin – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor,

fominvv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9211-5627>

V. E. Rogachev – graduate student,

rogachevve@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4964-6975>

E. M. Agapitov – graduate student,

agapitovem@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9709-1559>

A. P. Mikhailovich – senior lecturer,

a.p.mikhailovich@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8282-9431>

L. E. Rogachev – student,

rogachevle@m.usfeu.ru

E. A. Kostousova – student,

koustousova-katya@mail.ru

E. S. Peredodova – student,

perekhodova00@gmail.com

E. B. Koritnyak – student,

koritnyak@bk.ru

S. P. Parshin – Head of the Department of Administration and Operation of Computer Networks,

psp@m.usfeu.ru

S. S. Rubleva – Head of the Department of Higher Mathematics,

rubevass@m.usfeu.ru

D. D. Stratonov – teacher of the Ural Forestry College,

stratonovdd@m.usfeu.ru

D. Yu. Golikov – Researcher at the Laboratory of Woody Plants of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,

mit2704@gmail.com

Статья поступила в редакцию 30.09.2024; принята к публикации 19.10.2024.

The article was submitted 30.09.2024; accepted for publication 19.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 17–29.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 17–29.

Научная статья

УДК 630.625

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.002

КОНТРОЛЬ В ОБЛАСТИ ЛЕСНЫХ ОТНОШЕНИЙ. НОВЫЕ ПОДХОДЫ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ В РАМКАХ РЕФОРМЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА (НА ПРИМЕРЕ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Наталья Сергеевна Федорова¹, Андрей Евгеньевич Морозов²

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

¹ natspocl@rambler.ru, <http://orcid.org/0009-0004-4980-3565>

² MorozovAE@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2373-1151>

Аннотация. Реформа контрольно-надзорной деятельности, проводимая с 2020 г. в Российской Федерации, изменила подходы к осуществлению контроля в области лесных отношений. Введение риск-ориентированного подхода, выделение лесной охраны в отдельный вид деятельности, значительное расширение видов контрольно-надзорных мероприятий, повышенное внимание к проведению профилактики правонарушений направлены на повышение эффективности контроля за использованием и сохранением лесов и уровня безопасности в целом. В статье представлен обзор основных изменений и нововведений, ключевых особенностей реформы, а также ее основные результаты на примере Челябинской области.

Ключевые слова: контрольно-надзорная деятельность, федеральный государственный лесной контроль (надзор), лесная охрана, риск-ориентированный подход, профилактические мероприятия, эффективность контроля (надзора), ключевой показатель

Для цитирования: Федорова Н. С., Морозов А. Е. Контроль в области лесных отношений. Новые подходы и их эффективность в рамках реформы законодательства (на примере Челябинской области) // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 17–29.

Original article

CONTROL IN THE FIELD OF FOREST RELATIONS. NEW APPROACHES AND THEIR EFFECTIVENESS IN THE FRAMEWORK OF LEGISLATIVE REFORM (USING THE EXAMPLE OF THE CHELYABINSK REGION)

Natalya S. Fedorova¹, Andrey E. Morozov²

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

¹ natspocl@rambler.ru, <http://orcid.org/0009-0004-4980-3565>

² MorozovAE@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2373-1151>

Abstract. The reform of control and supervisory activities carried out since 2020 in the Russian Federation has changed approaches to control in the field of forest relations. The introduction of a risk-based approach, the identification of forest protection as a separate type of activity, a significant

expansion of the types of control and supervisory activities, and increased attention to crime prevention are aimed at increasing the effectiveness of control over the use and conservation of forests and the level of security in general. The article provides an overview of the main changes and innovations, key features of the reform, as well as its main results using the example of the Chelyabinsk region.

Keywords: control and supervisory activities, federal state forest control (supervision), forest protection, risk-based approach, preventive measures, effectiveness of control (supervision), key indicator

For citation: Fedorova N. S., Morozov A. E. Control in the field of forest relations. New approaches and their effectiveness in the framework of legislative reform (using the example of the Chelyabinsk region) // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 17–29.

Введение

Внесение изменений в законодательство, регулирующее различные сферы деятельности, – неотъемлемая часть совершенствования системы управления. В последние годы нововведения затронули сферу контроля за использованием, охраной, защитой и воспроизводством лесов.

Цель исследования – анализ изменений законодательства в области контрольно-надзорной деятельности в сфере использования и сохранения лесов, а также оценка эффективности указанной деятельности на фоне нововведений на примере Челябинской области.

В процессе исследований также выполнен анализ специфики нарушений лесного законодательства в процессе использования и сохранения лесов на землях лесного фонда Челябинской области, где леса занимают 2646,3 тыс. га (88,8 % от общей площади лесов области). Общая площадь лесов на территории Челябинской области по состоянию на 1 января 2023 г. составляет 2978,7 тыс. га (33,6 % от общей площади региона).

Результаты и обсуждение

В целях совершенствования и повышения эффективности контрольно-надзорной деятельности в целом и в частности контроля и надзора за использованием, охраной, защитой и воспроизводством лесов в законодательство, регулирующее данную сферу деятельности, начиная с 2021 г. внесен целый ряд изменений и нововведений.

Так, Федеральным законом от 04.02.2021 г. № 3-ФЗ в Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ (далее – Лесной кодекс) введен новый вид надзора – федеральный государ-

ственный надзор в сфере транспортировки, хранения древесины, производства продукции переработки древесины и учета сделок с ними (ст. 96.2 Лесного кодекса). Осуществление данного вида надзора возложено на федеральные органы исполнительной власти (далее – ФОИВ) в области лесных отношений. Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.06.2021 г. № 1099 утверждено положение о федеральном государственном надзоре в сфере транспортировки, хранения древесины, производства продукции переработки древесины и учета сделок с ними (далее – государственный надзор в сфере оборота древесины).

Кроме того, Федеральным законом от 11.06.2021 г. № 170-ФЗ в Лесной кодекс внесены изменения, разделившие понятия «федеральный государственный лесной контроль (надзор)» (ст. 96) и «лесная охрана» (ст. 98.2).

Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.06.2021 г. № 1098 утверждено положение о федеральном государственном лесном контроле (надзоре) (далее – ФГЛК).

Основные изменения в законодательстве, регулирующем контрольно-надзорную деятельность, заключаются в следующем.

1. Установление перечня обязательных требований и обновление устаревшей нормативно-правовой базы.
2. Введение системы оценки и управления рисками (риск-ориентированного подхода).
3. Расширение видов контрольно-надзорных мероприятий.

В июле 2021 г. был принят Федеральный закон от 31.07.2021 г. № 247-ФЗ «Об обязательных

требованиях в Российской Федерации», который определил принципы установления и оценки применения обязательных требований, к числу которых отнесены законность, обоснованность обязательных требований, правовая определенность и системность, открытость и предсказуемость, исполнимость обязательных требований, а также обозначил условия установления обязательных требований.

Важным нововведением является установленная Федеральным законом от 31.07.2020 г. № 247-ФЗ необходимость проведения ФОИВ и уполномоченными организациями процедуры оценки регулирующего воздействия (далее – ОРВ) при разработке проектов нормативного правового акта (далее – НПА), устанавливающих обязательные требования, а также проведение оценки применения обязательных требований. Согласно указанному закону, наряду с ОРВ проекты НПА, устанавливающих обязательные требования, подлежат правовой экспертизе. Принятые НПА федерального уровня, устанавливающие обязательные требования, подлежат государственной регистрации.

В целях обновления устаревшей нормативно-правовой базы Правительством Российской Федерации до 1 января 2021 г. должны были быть признаны утратившими силу и отменены устаревшие НПА РСФСР, СССР и Российской Федерации, содержащие обязательные требования, соблюдение которых оценивается при проведении контрольно-надзорной деятельности. С 1 января 2021 г. при осуществлении государственного контроля (надзора) является недопустимой оценка соблюдения обязательных требований, содержащихся в указанных актах, если они вступили в силу до 1 января 2020 г. Исключения составляют НПА, включенные в перечень, утвержденный Правительством Российской Федерации.

Еще одним важным достижением в части оптимизации и повышения эффективности государственного контроля (надзора) является введение системы оценки и управления рисками, согласно которой контролирующие органы при осуществлении государственного контроля (надзора) относят объекты контроля к одной из следующих категорий риска причинения вреда (ущерба)

охраняемым законом ценностям (далее – категории риска):

- а) значительный риск;
- б) умеренный риск;
- в) низкий риск.

Критерии отнесения объекта контроля к той или иной категории риска установлены Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.06.2021 г. № 1098. Внедрение риск-ориентированного подхода позволяет оптимизировать и повысить эффективность проведения плановых и внеплановых проверок.

Кроме того, Федеральным законом от 31.07.2020 г. № 248-ФЗ значительно расширены виды проверочных и профилактических мероприятий. Так, при осуществлении ФГЛК предусмотрено проведение следующих профилактических мероприятий на плановой основе:

- а) информирование;
- б) обобщение правоприменительной практики;
- в) объявление предостережения;
- г) консультирование;
- д) профилактический визит.

Виды проверочных мероприятий на плановой основе в свою очередь включают:

- а) инспекционный визит;
- б) рейдовый осмотр;
- в) документарную проверку;
- г) выездную проверку.

Виды проверочных мероприятий на внеплановой основе включают:

- а) инспекционный визит;
- б) рейдовый осмотр;
- в) выездную проверку;
- г) наблюдение за соблюдением обязательных требований;
- д) выездное обследование.

Значительное внимание в принятых нормативно-правовых актах, регулирующих контрольно-надзорную деятельность, отводится проведению профилактических мероприятий, суть которых сводится к следующему.

1. Информирование посредством размещения сведений, касающихся осуществления государственного контроля (надзора), на официальных сайтах органов государственного надзора в сети Интернет,

в средствах массовой информации, через личные кабинеты контролируемых лиц в государственных информационных системах (при их наличии) и в иных формах.

2. Обобщение правоприменительной практики посредством подготовки органами контроля и надзора ежегодного доклада, который публикуется до 1 апреля года, следующего за отчетным, и размещается на официальных сайтах указанных органов.

3. Объявление предостережения о недопустимости нарушения обязательных требований с предложением принять меры по обеспечению соблюдения обязательных требований.

4. Консультирование по обращениям контролируемых лиц и их представителей.

5. Профилактический визит государственного лесного инспектора в форме профилактической беседы по месту осуществления деятельности контролируемого лица либо путем использования видеоконференц-связи.

С целью снижения рисков причинения вреда охраняемым законом ценностям и оптимизации контрольно-надзорных мероприятий Федеральным законом от 31.07.2020 г. № 248-ФЗ предусмотрено применение проверочных листов (списка контрольных вопросов), которые помогают оценить соблюдение контролируемым лицом обязательных требований. Применение инспектором проверочных листов предусмотрено при проведении выездного обследования, инспекционного визита, рейдового осмотра, выездной проверки.

Все контрольно-надзорные мероприятия в зависимости от особенностей их проведения разделяются на мероприятия, которые проводятся в порядке взаимодействия с контролируемым лицом, и на мероприятия, проводимые без взаимодействия с контролируемыми лицами.

Мероприятия, проводимые в порядке взаимодействия с контролируемым лицом, включают:

а) инспекционный визит, в ходе которого могут совершаться осмотр, опрос, инструментальное обследование, получение письменных объяснений;

б) рейдовый осмотр, в ходе которого могут проводиться осмотр, досмотр, опрос, инструментальное обследование, получение письменных объяснений, истребование документов;

в) документарную проверку, в ходе которой могут проводиться получение письменных объяснений, истребование документов;

г) выездную проверку, в ходе которой могут совершаться осмотр, досмотр, опрос, испытание, экспертиза, отбор проб (образцов), инструментальное обследование, получение письменных объяснений, истребование документов.

Мероприятия, проводимые без взаимодействия с контролируемым лицом, включают:

а) наблюдение за соблюдением обязательных требований;

б) выездное обследование на общедоступных (открытых для посещения неограниченным кругом лиц) производственных объектах.

Важная роль в части эффективного предотвращения и выявления правонарушений принадлежит плановым мероприятиям по контролю и надзору, включающим инспекционный визит, рейдовый осмотр, документарную проверку, выездную проверку.

Следует отметить, что Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.03.2022 г. № 336 были введены ограничения на проведение контрольно-надзорных мероприятий в 2022 г., которые впоследствии продлились на 2023–2024 гг. В связи с этим проведение плановых мероприятий на территории Челябинской области по ФГЛК стало невозможным, поскольку самой высокой категорией риска в отношении деятельности контролируемых лиц в области лесных отношений является значительный риск, что исключает проведение плановых проверок.

Характерно, что практика правоприменения Федерального закона от 31.07.2020 г. № 248-ФЗ начала складываться уже с учетом ограничений, введенных Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.03.2022 г. № 336. В результате приоритет при организации контрольно-надзорных мероприятий был сделан в сторону профилактики.

Основными видами профилактических мероприятий в рамках ФГЛК на территории Челябинской области в 2022–2023 гг. стали профилактические визиты и объявление предостережений о недопустимости нарушения обязательных

требований. Так, в 2022 г. было проведено 38 профилактических мероприятий, в том числе:

- 34 обязательных профилактических визита;
- 3 предостережения;
- 1 обобщение правоприменительной практики.

В 2023 г. проведено 135 профилактических мероприятий, в том числе:

- 42 обязательных профилактических визита;
- 92 предостережения;
- 1 обобщение правоприменительной практики.

Практика применения профилактических мероприятий показала хорошую результативность. Многие нарушения, выявленные при проведении профилактики, были устранены подконтрольными субъектами. В ходе обязательных профилактических визитов лицам, использующим леса, были даны исчерпывающие консультации по применению законодательства в области лесных отношений.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.06.2021 г. № 1098 утвержден ключевой показатель государственного контроля (надзора) как отношение вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушений лесного законодательства, совершенных контролируруемыми лицами, к общему объему охраняемых законом ценностей.

Ключевой показатель федерального государственного лесного контроля на территории Челябинской области рассчитывается по формуле

$$КП = (V_{общ} / (ВРП)) 100, \quad (1)$$

где $V_{общ}$ – вред, причиненный лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушений лесного законодательства за отчетный период, совершенных контролируруемыми лицами, тыс. руб.;

$ВРП$ – валовой региональный продукт Челябинской области.

Отчетным периодом для расчета значения ключевого показателя является календарный год.

В 2022 г. ключевой показатель составил:

$$КП = (0,325 \text{ млн руб.} / 1\,602\,793 \text{ млн руб.}) 100 = 0,00002 \text{ \%}.$$

В 2023 г. ключевой показатель составил:

$$КП = (0,056 \text{ млн руб.} / 2\,042\,593 \text{ млн руб.}) 100 = 0,000002 \text{ \%}.$$

Как видим, в результате активной профилактической работы снижение ключевого показателя в 2023 г. относительно такового в 2022 г. произошло в 10 раз. Таким образом, осуществление ФГЛК на территории Челябинской области можно оценить как эффективное. Несмотря на введение ограничений на проведение проверок, количество нарушений, допущенных подконтрольными субъектами, в динамике снижается. Профилактические мероприятия явились эффективной заменой контрольных мероприятий.

Важным достижением реформы лесного законодательства является выделение лесной охраны в отдельный вид деятельности, направленной на определение состояния лесов и влияния на них природных и антропогенных факторов, а также на предотвращение, выявление и пресечение нарушений требований законодательства в области лесных отношений гражданами, пребывающими в лесах. Лесная охрана проводится путем систематического патрулирования лесов. Порядок и нормативы осуществления лесной охраны установлены Приказом Минприроды России от 15.12.2021 г. № 955.

Выделение лесной охраны в отдельный вид деятельности позволило повысить эффективность контроля за использованием и сохранением лесов. При этом Приказом Минприроды России от 15.12.2021 г. № 955 установлено, что лесная охрана может осуществляться «Федеральным агентством лесного хозяйства непосредственно и через свои территориальные органы; федеральными государственными бюджетными учреждениями, осуществляющими управление особо охраняемыми природными территориями федерального значения; органами исполнительной власти субъектов федерации, которым переданы полномочия Российской Федерации по осуществлению лесной охраны; органами местного самоуправления; государственными (муниципальными) бюджетными и автономными учреждениями, подведомственными федеральным органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации; органами местного самоуправления в пределах своих полномочий».

На землях лесного фонда Челябинской области лесную охрану осуществляют 234 должностных

лица. В соответствии с Приказом Минприроды России от 15.12.2021 г. № 955 годовое количество патрулирований лесов устанавливается из расчета не менее 48 патрулирований в год на одно должностное лицо, осуществляющее патрулирование лесов. При необходимости оно может быть увеличено. С учетом численности должностных лиц лесной охраны на территории указанного субъекта Российской Федерации в год необходимо проводить не менее 11 232 рейдов. При этом минимальное количество утвержденных маршрутов патрулирования на территории Челябинской области должно составлять 1130.

Карта-схема маршрутов патрулирования лесов включает в себя графическое изображение маршрутов с присвоением им порядковой нумерации. Карта-схема составляется на основе картографических лесоустроительных материалов. К карте-схеме маршрутов прилагается их описание (перечень лесотаксационных кварталов и выделов, по которым проходит маршрут, способов патрулирования лесов, протяженности маршрута патрулирования лесов, времени следования по маршруту патрулирования лесов от начальной до конечной точки в обе стороны).

При составлении маршрутов патрулирования лесов и их описания используется информация о предполагаемых и (или) фактических местах совершения нарушений лесного законодательства, материалов дистанционного мониторинга использования лесов, сезонных изменений, особенностей развития лесной и нелесной инфраструктуры, особенностей использования лесов, природно-климатических условий. При необходимости допускается изменение маршрута патрулирования.

Протяженность маршрута патрулирования лесов устанавливается исходя из возможности проведения патрулирования лесов в течение одного рабочего дня.

К сожалению, действующие нормативно-правовые акты не содержат рекомендаций по разработке маршрутов патрулирования с учетом особенностей местности, частоты выявляемых правонарушений, сезонности и других выявленных закономерностей, что является, на наш взгляд, серьезным недостатком.

В 2022 г. на территории Челябинской области в рамках лесной охраны было проведено 11 479 патрулирований (приказ Главного управления лесами Челябинской области от 29.03.2023 г. № 196), в 2023 г. – 13 032 патрулирований (приказ Главного управления лесами Челябинской области от 27.03.2024 г. № 188). Отсюда следует, что плановые показатели перевыполняются, причем объемы перевыполнения плана растут.

Как показали результаты анализа отчетности Главного управления лесами Челябинской области, в 2022 г. на землях лесного фонда Челябинской области было выявлено 532 нарушения лесного законодательства (приказ Главного управления лесами Челябинской области от 29.03.2023 г. № 196).

Распределение выявленных нарушений лесного законодательства по категориям представлено в табл. 1.

Как следует из табл. 1, на территории Челябинской области более половины нарушений лесного законодательства связаны с причинением вреда лесам и влекут за собой в совокупности уголовную или административную и гражданско-правовую (имущественную) ответственность.

Распределение нарушений лесного законодательства, связанных с причинением вреда, по видам правонарушений представлено в табл. 2.

Как следует из табл. 2, большая часть нарушений по их количеству и размеру вреда – это незаконная рубка лесных насаждений. На втором месте по количеству случаев (третье место по размеру вреда) – незаконная рубка сухостойных деревьев. В сумме на долю незаконных рубок по количеству нарушений приходится 84,8 %, а по размеру нанесенного вреда – 81,5 %.

Распределение нарушений лесного законодательства, связанных с причинением вреда, по срокам их совершения представлено в табл. 3.

Из табл. 3 следует, что большинство нарушений, связанных с причинением вреда лесам, приходится на май, июль и август, что можно связать с увеличением в этот период рекреационной нагрузки на леса и количества людей, пребывающих в лесах по причине хорошей транспортной доступности (отсутствие снега и распутицы).

Таблица 1
Table 1

Распределение видов нарушений лесного законодательства
на территории лесного фонда Челябинской области по категориям
Distribution of types of forestry legislation violations
on the territory of the forest fund of the Chelyabinsk region by category

Категории нарушений Categories of violations	Количество, шт. Quantity, pcs.	Доля, % Share, %
Нарушения лесного законодательства, вследствие которых причинен вред лесам и находящимся в них природным объектам, за которые предусмотрена уголовная или административная ответственность, а также гражданско-правовая (имущественная) ответственность, связанная с возмещением причиненного вреда Violations of forest legislation resulting in damage to forests and natural objects located in them, for which criminal or administrative liability is provided, as well as civil (property) liability associated with compensation for damage caused	270	51
Нарушение лесного законодательства без причинения вреда лесам и находящимся в них природным объектам, за которые предусмотрена только административная ответственность Violation of forest legislation without causing harm to forests and natural objects located in them, for which only administrative liability is provided	262	49

Таблица 2
Table 2

Распределение нарушений лесного законодательства на территории лесного фонда
Челябинской области, связанных с причинением вреда, по видам правонарушений
Distribution of violations of forest legislation in the territory forest fund
of the Chelyabinsk region associated with causing harm, by type of offense

Вид нарушения Type of violation	Кол-во нарушений, шт. Number of violations, pcs.	Доля от общего количества, % Share of the total, %	Вред, тыс. руб. Damage, thousand rubles	Доля от общего вреда, % Share of total harm, %
Незаконная рубка лесных насаждений Illegal logging of forest plantations	169	62,6	52282,1	70,7
Нарушение правил санитарной безопасности в лесах Violation of sanitary safety rules in forests	8	3,0	8824,6	11,9
Незаконная рубка сухостойных деревьев Illegal cutting of dead trees	60	22,2	7993,6	10,8
Самовольное снятие, уничтожение или порча почв Unauthorized removal, destruction or damage to soils	10	3,7	3640,8	4,9
Самовольное использование лесов Unauthorized forest use	16	5,9	1017,8	1,4
Повреждение деревьев не до степени прекращения роста Damage to trees not to the point of stopping growth	7	2,6	182,9	0,3
Всего Total	270	100	73941,8	100

Таблица 3
Table 3

Распределение нарушений лесного законодательства, связанных с причинением вреда, на территории лесного фонда Челябинской области по срокам их совершения
Distribution of violations of forest legislation related to causing harm, on the territory of the forest fund of the Chelyabinsk region according to the timing of their completion

Месяц Month	Нарушения с причинением вреда Violations causing harm		Наиболее часто встречающиеся нарушения Most often encountered violations
	Кол-во, шт. Quantity, pcs.	Доля, % Share, %	
Январь January	13	4,80	Незаконная рубка Illegal logging
Февраль February	18	6,67	Незаконная рубка Illegal logging
Март March	14	5,19	Незаконная рубка Illegal logging
Апрель April	18	6,67	Незаконная рубка Illegal logging
Май May	32	11,85	Незаконная рубка Illegal logging
Июнь June	26	9,63	Незаконная рубка Illegal logging
Июль July	36	13,33	Незаконная рубка Illegal logging
Август August	32	11,85	Незаконная рубка Illegal logging
Сентябрь September	20	7,41	Незаконная рубка Illegal logging
Октябрь October	29	10,74	Незаконная рубка Illegal logging
Ноябрь November	15	5,56	Незаконная рубка Illegal logging
Декабрь December	17	6,30	Незаконная рубка сухостойных деревьев Illegal logging dead trees
Всего Total	270	100	–

Распределение нарушений лесного законодательства, не связанных с причинением вреда, по срокам их совершения представлено в табл. 4. Как следует из указанной таблицы, наиболее распространенным видом таких нарушений является нарушение правил пожарной безопасности в лесах. При этом пик нарушений лесного законодательства, за которые предусмотрена административная ответственность, приходится на май месяц, что, вероятно, связано с введением в этот период особого противопожарного режима на территории Челябинской области и, как результат, кратным увеличением патрулирования лесов. Последнее приводит к росту выявляемости правонарушений.

В июне, августе и октябре наблюдается также повышенное количество нарушений по сравнению с остальными месяцами. Данное обстоятельство можно связать с увеличением количества людей, пребывающих в июне и августе в лесах, относительно хорошей транспортной доступностью территории (отсутствие снега и распутицы). Увеличение числа выявленных нарушений в октябре обусловлено окончанием периода заготовки древесины гражданами для собственных нужд, выделение древесины которым осуществлялось в летне-осенний период после окончания особого противопожарного режима в лесах, и проведением работ по приемке лесосек и (или) мест заготовки

Таблица 4
Table 4

Распределение нарушений лесного законодательства, не связанных с причинением вреда, на территории лесного фонда Челябинской области по срокам их совершения
Distribution of violations of forest legislation not related to causing harm in the territory of the forest fund of the Chelyabinsk region according to the timing of their completion

Месяц Month	Нарушения без причинения вреда Violations without causing harm		Наиболее часто встречающиеся нарушения Most often encountered violations
	Кол-во, шт. Quantity, pcs.	Доля, % Share, %	
Январь January	16	6,11	Нарушение правил использования лесов Violation of the terms of use forests
Февраль February	13	4,96	Нарушение правил пожарной безопасности в лесах Violation of fire regulations forest safety
Март March	14	5,34	Нарушение правил пожарной безопасности в лесах Violation of fire regulations forest safety
Апрель April	17	6,49	Нарушение правил пожарной безопасности в лесах Violation of fire regulations forest safety
Май May	76	29,00	Нарушение правил пожарной безопасности в лесах Violation of fire regulations forest safety
Июнь June	21	8,02	Нарушение правил пожарной безопасности в лесах Violation of fire regulations forest safety
Июль July	17	6,49	Нарушение правил использования лесов Violation of the terms of use forests
Август August	25	9,54	Нарушение правил пожарной безопасности в лесах Violation of fire regulations forest safety
Сентябрь September	14	5,34	Нарушение правил пожарной безопасности в лесах Violation of fire regulations forest safety
Октябрь October	24	9,16	Нарушение правил пожарной безопасности в лесах Violation of fire regulations forest safety
Ноябрь November	9	3,44	Нарушение правил пожарной безопасности в лесах Violation of fire regulations forest safety
Декабрь December	16	6,11	Нарушение правил пожарной безопасности в лесах Violation of fire regulations forest safety
Всего Total	262	100	–

древесины у физических лиц лесными инспекторами. Все выявленные случаи нарушений лесного законодательства были совершены в октябре месяце физическими лицами.

В табл. 5 представлено распределение общего количества нарушений лесного законодательства по срокам их совершения. Как следует из табл. 5, в течение календарного года в целом наблюдается увеличение количества нарушений в бесснежный период, на который приходится пик рекреационной деятельности (устройство пикников, туризм, занятия спортом, рыбалка, охота, сбор дикоросов).

Отдельный интерес представляет анализ связи выявленных нарушений лесного законодатель-

ства со степенью транспортной доступности мест совершения правонарушений. Исходя из полученных данных, в районе исследований целесообразно выделить три степени транспортной доступности мест совершения лесонарушений:

- возможен доступ на легковом автомобиле – выявлено 333 места правонарушения;
- возможен доступ на автомобиле повышенной проходимости – выявлено 144 места правонарушения;
- доступ на автомобильном транспорте невозможен – выявлено 54 места правонарушения.

Полученные данные в целом свидетельствуют о хорошей транспортной доступности земель

лесного фонда Челябинской области и о прямой связи количества выявленных правонарушений с транспортной доступностью мест их совершения.

Большинство правонарушений совершаются физическими лицами. Так, в 2022 г. из 262 возбужденных административных дел 235 дел возбуждены в отношении физических лиц. Из них 17 дел было прекращено в связи с отсутствием состава правонарушения, по 23 делам было выбрано наказание в виде предупреждения, по 196 делам вынесено

решение о назначении наказания в виде наложения штрафа.

В отношении должностных и юридических лиц в 2022 г. было возбуждено 26 административных дел, 15 дел прекращены, по 3 делам выбрано наказание в виде предупреждения и по 8 делам назначены штрафы.

С целью оценки эффективности лесной охраны на землях лесного фонда Челябинской области используем формулу ключевого показателя и общий вред, причиненный лесам при нарушениях лесного законодательства:

$$КП = (V_{общ} / (ВРП)) 100, \quad (2)$$

где $V_{общ}$ – общий вред, причиненный лесам и находящимся в них при родным объектам вследствие нарушений лесного законодательства за отчетный период, тыс. руб.;

$ВРП$ – валовый региональный продукт Челябинской области.

По данным Доклада... (2023), в 2022 г. ключевой показатель составил:

$$КП = (142,4 \text{ млн руб.} / 1\,615\,149 \text{ млн руб.}) 100 = 0,0088 \%$$

В 2021 г. ключевой показатель составлял 0,0092 %. Снижение КП в 2022 г. по сравнению с таковым в 2021 г. произошло на 4,3 %.

В 2023 г. ключевой показатель составил (Доклад..., 2024):

$$КП = (168,643 \text{ млн руб.} / 2\,042\,593 \text{ млн руб.}) 100 = 0,0083 \%$$

Снижение КП в 2023 г. относительно такового в 2022 г. составило 6 %.

Таким образом, наблюдается снижение ключевого показателя вреда лесам в динамике за анализируемый период с 2021 по 2023 гг., что свидетельствует о росте эффективности ФГЛК и лесной охраны на территории Челябинской области.

Выводы и рекомендации

Реформа контрольно-надзорной деятельности призвана повысить уровень безопасности и устранить избыточную административную нагрузку на субъекты предпринимательской деятельности.

Таблица 5
Table 5

Распределение общего количества нарушений лесного законодательства на территории лесного фонда Челябинской области по срокам их совершения
Distribution of the total number of forest violations legislation on the territory of the forest fund of the Chelyabinsk region according to the timing of their completion

Месяц Month	Количество нарушений Number of violations	
	шт. pc.	доля, % share, %
Январь January	29	5,45
Февраль February	31	5,84
Март March	28	5,26
Апрель April	35	6,58
Май May	108	20,30
Июнь June	47	8,83
Июль July	53	9,96
Август August	57	10,72
Сентябрь September	34	6,39
Октябрь October	53	9,96
Ноябрь November	24	4,51
Декабрь December	33	6,20
Всего Total	532	100

Подход к формированию планов проверок и других контрольно-надзорных мероприятий на 2022–2024 гг. на территории лесного фонда Челябинской области был кардинально изменен в сравнении с таковым в 2021 г. В планы проверок попали только арендаторы лесных участков, которые допустили нарушения и причинили вред охраняемым законом ценностям, причем многие из нарушений были выявлены в ходе проверок, проводимых ранее (в 2019 и 2020 гг.), с учетом ограничения на частоту проведения проверок в план они не были добавлены. После отмены проверок субъектов малого предпринимательства в план проверок попал только один проверяемый. С учетом того, что многие арендаторы лесных участков являются субъектами малого предпринимательства, большая часть плановых проверок исключается.

Вместе с тем, несмотря на отмену проверок, в рамках лесного контроля (надзора) проводится большое количество профилактических мероприятий, а также ежедневное патрулирование лесного фонда в рамках осуществления лесной охраны.

В целях повышения эффективности контроля в области лесных отношений рекомендуем следующий перечень мероприятий:

- увеличение количества профилактических мероприятий;
- разработку зонирования территории лесного фонда Челябинской области по степени транспортной доступности и вероятности совершения нарушений лесного законодательства с целью оптимизации

подходов к выбору маршрутов патрулирования и повышения эффективности лесной охраны;

- внедрение цифровых технологий в процесс проведения профилактических и контрольных мероприятий, таких как GPS-навигаторы, и использование приложений на мобильном устройстве с функциями навигатора, широкое использование фото- и видеофиксации мест правонарушений, использование данных дистанционного зондирования Земли, широкое применение мобильного приложения «Инспектор», разработанного на базе государственной информационной системы «Типовое облачное решение для контрольной надзорной деятельности», увеличение количества фотоловушек прежде всего в местах с высокой интенсивностью правонарушений и высоким риском правонарушений;

- использование квадрокоптеров при проведении патрулирования лесов, что позволит увеличить площадь обследуемой территории без повышения финансовых и временных затрат;

- обеспечение должностных лиц лесной охраны планшетами или смартфонами, позволяющими оперативно применять и использовать мобильные приложения и технические средства осуществления контрольно-надзорной деятельности, включая применение квадрокоптеров и фотоловушек;

- проведение регулярного дополнительного профессионального обучения должностных лиц лесной охраны по использованию цифровых технологий и квадрокоптеров.

Список источников

- Доклад об осуществлении федерального государственного лесного контроля (надзора) на территории Челябинской области в 2022 году. Челябинск, 2023. 6 с.
- Доклад об осуществлении федерального государственного лесного контроля (надзора) на территории Челябинской области в 2023 году. Челябинск, 2024. 3 с.
- Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ. М., 2006. 173 с.
- Постановление Правительства РФ от 10.03.2022 г. № 336 «Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля». М., 2022. 24 с.
- Постановление Правительства РФ от 30.06.2021 г. № 1098 «О федеральном государственном лесном контроле (надзоре)». М., 2021. 24 с.
- Постановление Правительства РФ от 30.06.2021 г. № 1099 «О федеральном государственном надзоре в сфере транспортировки, хранения древесины, производства продукции переработки древесины и учета сделок с ними». М., 2021. 19 с.

- Приказ Главного управления лесами Челябинской области от 27.03.2024 г. № 188 «Об итогах обобщения правоприменительной практики контрольно-надзорной деятельности Главного управления лесами Челябинской области за 2023 г.». Челябинск, 2024. 7 с.
- Приказ Главного управления лесами Челябинской области от 29.03.2023 г. № 196 «Об итогах обобщения правоприменительной практики контрольно-надзорной деятельности Главного управления лесами Челябинской области за 2022 г.». Челябинск, 2023. 7 с.
- Приказ Минприроды России от 15.12.2021 г. № 955 «Об утверждении Порядка и нормативов осуществления лесной охраны». М., 2021. 20 с.
- Федеральный закон от 04.02.2021 г. № 3-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования лесных отношений». М., 2021. 31 с.
- Федеральный закон от 11.06.2021 г. № 170-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона “О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации”». М., 2021. 327 с.
- Федеральный закон от 31.07.2020 г. № 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации». М., 2020. 16 с.
- Федеральный закон от 31.07.2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации». М., 2020. 128 с.

References

- Decree of the Government of the Russian Federation dated March 10, 2022 № 336 “On the features of the organization and implementation of state control (supervision), municipal control”. М., 2022. 24 p. (In Russ.)
- Decree of the Government of the Russian Federation of June 30, 2021 № 1098 “On federal state forest control (supervision)”. М., 2021. 24 p. (In Russ.)
- Decree of the Government of the Russian Federation of June 30, 2021 № 1099 “On federal state supervision in the field of transportation, storage of wood, production of wood processing products and accounting of transactions with them”. М., 2021. 19 p. (In Russ.)
- Federal Law № 170-FZ dated June 11, 2021 “On amendments to certain legislative acts of the Russian Federation in connection with the adoption of the Federal Law “On State Control (Supervision) and Municipal Control in the Russian Federation”. М., 2021. 327 p. (In Russ.)
- Federal Law № 247-FZ dated July 31, 2020 “On mandatory requirements in the Russian Federation”. М., 2020. 16 p. (In Russ.)
- Federal Law № 3-FZ dated 04.02.2021 “On introducing 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”. М., 2021. 31 p. (In Russ.)
- Federal Law of July 31, 2020 № 248-FZ “On state control (supervision) and municipal control in the Russian Federation”. М., 2020. 128 p. (In Russ.)
- Forest Code of the Russian Federation dated December 4, 2006 № 200-FZ. М., 2006. 173 p. (In Russ.)
- Order of the Main Forest Administration of the Chelyabinsk Region dated March 29, 2023 № 196 “On the results of summarizing the law enforcement practice of control and supervisory activities of the Main Forest Administration of the Chelyabinsk Region for 2022”. Chelyabinsk, 2023. 7 p. (In Russ.)
- Order of the Main Forest Administration of the Chelyabinsk Region dated March 27, 2024 № 188 “On the results of summarizing the law enforcement practice of control and supervisory activities of the Main Forest Administration of the Chelyabinsk Region for 2023”. Chelyabinsk, 2024. 7 p. (In Russ.)

- Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated December 15, 2021 №. 955 “On approval of the Procedure and standards for the implementation of forest protection”. М., 2021. 20 p. (In Russ.)
- Report on the implementation of federal state forest control (supervision) in the Chelyabinsk region in 2022. Chelyabinsk, 2023. 6 p. (In Russ.)
- Report on the implementation of federal state forest control (supervision) in the Chelyabinsk region in 2023. Chelyabinsk, 2024. 3 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Н. С. Федорова – магистрант;

А. Е. Морозов – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры лесоводства.

Information about the authors

N. S. Fedorova – Master’s student;

A. E. Morozov – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Forestry.

Статья поступила в редакцию 01.04.2024; принята к публикации 15.05.2024.

The article was submitted 01.04.2024; accepted for publication 15.05.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 30–37.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 30–37.

Научная статья

УДК 712.25

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.003

ОШИБКИ ПРИ ОЗЕЛЕНЕНИИ СЕВЕРНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Сергей Вениаминович Залесов¹, Наталья Владимировна Кайзер², Яна Алексеевна Крекова³, Павел Александрович Мартюшов⁴, Артем Сергеевич Попов⁵

¹⁻⁵ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Вениаминович Залесов,

Zalesovsv@m.usfeu.ru

Аннотация. На основе натурных обследований зеленых насаждений в 13 населенных пунктах Ямало-Ненецкого автономного округа установлены основные ошибки при выкопке, посадке и уходе за древесными растениями в объектах озеленения. Отмечается, что большинство посадок производится без составления плана посадки привозным посадочным материалом. При этом из-за низкого качества посадочного материала и нарушения элементарных правил посадки подавляющее большинство высаженных растений погибает в первый год после высадки.

В целях повышения эффективности озеленения по причине отсутствия местных питомников рекомендуется использовать дички, произрастающие на бывших сельскохозяйственных угодьях, линиях электропередач и в полосах отчуждения автомобильных дорог. Указывается, что посадочный материал следует выкапывать до распускания почек весной и после завершения формирования последних осенью. Посадку также следует производить либо рано весной, либо осенью, но не позднее чем за 1,5–2,0 недели до морозов.

В работе описываются правила посадки и ухода за высаженными растениями, включая омоложение кустарников. Отмечается необходимость учета микроклимата мест посадки с учетом светолюбия древесных растений.

Ключевые слова: Ямало-Ненецкий автономный округ, озеленение, древесные растения, интродуценты, приживаемость, сохранность

Для цитирования: Ошибки при озеленении северных населенных пунктов / С. В. Залесов, Н. В. Кайзер, Я. А. Крекова [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 30–37.

Original article

MISTAKES IN LANDSCAPING NORTHERS SETTLEMENTS

Sergey V. Zalesov¹, Natalia V. Kaiser², Yana A. Grekova³, Pavel A. Martyushov⁴, Artyom S. Popov⁵

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

Corresponding author: Sergey V. Zalesov,

Zalesovsv@m.usfeu.ru

Abstract. Based on field surveys of green spaces in 13 settlements of the Yamalo-Nenets autonomous okrug the main errors in digging in plants plantings and caring for woody plants were identified.

It is noted that most plantings are carried out without drawing up a planting plan using imported planting materials. The low quality of planting materials and violation of basic rules of planting, the most majority of planted plants die in the first year after planting.

In order to increase the efficiency of lands capturing due to the lack of local nurseries it is recommended to use wild plants growing on former agricultural lands, power lines and in the right-of-way of motorways. It is indicated that planting material should be dug up before the buds open in the spring and after the completion of the formation of the latter in the fall. Planting should also be done in either early spring or autumn, but not later than 1.5-2.0 weeks before frost.

The work describes the rules for planting and caring for planted plants, including rejuvenation of shrubs. It is noted that it is necessary to take into account the microclimate of the planting sites, taking into account the flowering habits of woody plants.

Keywords: Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, landscaping, woody plants, introducents, survival rate, safety

For citation: Mistakes in landscaping northern settlements / S. V. Zalesov, N. V. Kaiser, Ya. A. Grekova [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 30–37.

Введение

Обеспечение комфортного проживания населения, особенно на территориях с резко континентальным климатом, невозможно обеспечить без эффективного озеленения населенных пунктов и создания вокруг последних зеленого пояса (Качество жизни..., 2013; Жилищно-коммунальное хозяйство..., 2017). В то же время решение задач озеленения северных населенных пунктов связано со значительными сложностями, объясняемыми рядом объективных и субъективных причин. В частности, из-за короткого вегетационного периода, поздних весенних и даже летних, а также ранних осенних заморозков основные древесные породы растут медленно и для формирования ландшафтных композиций требуется значительный период. Последнее усугубляется тем, что на севере таежной зоны доминирует промывной тип почвообразования, при котором из верхних горизонтов вымываются питательные элементы и почвы характеризуются низким плодородием. Песчаный механический состав почв приводит к переосушению на гнивах и вымоканию в понижениях из-за близкого расположения грунтовых вод.

Большой вред приносят сильные ветра, которые перемещают песок, формируя так называемые песчаные раздувы, а в городах застилают тротуары, подъезды, газоны.

Перечисленное свидетельствует о необходимости профессионального подхода к озеленению.

В научной и специализированной литературе вопросы правильного озеленения достаточно подробно описаны (Ландшафтные рубки..., 2007; Залесов и Колтунов, 2009; Колтунов и др., 2011; Залесов и др., 2016; Оплетев и др., 2016; Использование сосны..., 2021). Однако в подавляющем большинстве работ даются рекомендации для озеленения населенных пунктов, расположенных в средней полосе, кроме того, нехватка специалистов по озеленению на севере вызывает необходимость анализа ошибок в проведении озеленительных работ с целью минимизации неоправданных расходов.

Работа выполнена на основе анализа озеленительных работ в 13 населенных пунктах Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО).

Цель и методика исследований

Цель работы – на основе анализа допущенных при озеленении ошибок дать предложения по совершенствованию озеленительных работ.

В процессе исследований проанализировано озеленение как центральных улиц, так и придворовых территорий с установлением основных причин отпада высаженных деревьев и кустарников. Проанализированы качество посадочного материала, соблюдение правил посадки древесных растений и ухода за ними, а также ассортимент растений, используемый при озеленении.

Материалы и обсуждение

Озеленение населенных пунктов ЯНАО началось в XX в. одновременно с комплексным освоением территории как источника энергетических ресурсов для развития инновационных технологий страны и развития транспортных коммуникаций. В последние десятилетия вектор территориального развития направлен на долговременную реализацию национальных геостратегических интересов страны. В этой связи крайне важна необходимость создания благоприятной комфортной среды проживания населения для повышения экономической, социальной, экологической значимости территорий, что подразумевает развитие в том числе и комплексного озеленения. К настоящему времени зеленый каркас многих населенных пунктов сформирован из местных видов: в насаждениях преобладают ива, лиственница сибирская, сосна сибирская кедровая. На отдельных участках населенных пунктов произрастают перестойные древесные растения, в основном это ивы, что, несомненно, снижает биологическую устойчивость насаждений в целом, а также ослабляет их санитарно-гигиеническую функцию. Старовозрастные (перестойные) растения различных видов *Salix*, участвующие в зеленом строительстве, требуют мероприятий по проведению санитарной обрезки с постепенной заменой. При этом современные проекты озеленения территорий ЯНАО, предлагающие расширять ограниченный ассортимент местных видов древесных и кустарниковых растений с целью повышения архитектурно-эстетических качеств объектов озеленения, не учитывают устойчивость некоторых видов к местным климатическим условиям. Так, к примеру, опыт зеленого строительства в аллейной посадке в условиях г. Муравленко показал неудачный вариант использования клена остролистного, не соответствующего по своим биологическим требованиям условиям северной тайги. Основной ассортимент древесных и кустарниковых растений, применяемый в городских насаждениях ЯНАО и обеспечивающий устойчивость насаждений, рекомендован в Нормах посадки деревьев и кустарников городских зеленых насаждений (1988). Дополнительный (рекомендуемый) ассортимент, способствующий

повышению биоразнообразия, в настоящее время формируется.

В целом при озеленении населенных пунктов в настоящее время складывается ряд систематических ошибок. Основные проблемы, встречаемые в процессе озеленения населенных пунктов ЯНАО в настоящее время:

- стихийные посадки деревьев и кустарников на объектах озеленения общего пользования (ОП) осуществляются силами волонтеров без учета дендроплана и в не подходящие для посадки растений сроки;

- несоблюдение технологии устройства объектов озеленения общего пользования, а также несоблюдение технологии дальнейшего их обслуживания как в летний период, так и зимой;

- использование для формирования зеленого каркаса населенных пунктов древесных и кустарниковых растений из нерайонированного ассортимента.

По своим климатическим особенностям территория ЯНАО относится к нескольким природным зонам: тайга (северная тайга), лесотундра, тундра (южная тундра). Зеленые насаждения населенных пунктов испытывают негативное воздействие природных факторов как в весенне-летний, так и в зимний периоды. Экстремальная зима, сопровождающаяся обильными снегопадами, морозами, ветрами, коротким световым днем, длится до 8 месяцев. При этом деревья и кустарники могут испытывать негативное влияние низких температур зимой, а в весенний период подвергнуться солнечным ожогам. Весна очень короткая, что создает сложности в подготовке посадочного материала в этот период: выкопке, перевозке и посадке древесных видов на объекты озеленения. В летний период наблюдается недостаток осадков, что также негативно сказывается на приживаемости растений.

Учитывая специфику климатических условий с многолетнемерзлотными грунтами на ЯНАО, пересадку растений рекомендуется производить в конце лета (август) или осенью, но не позднее чем за 1–2 недели до заморозков, что обеспечивает лучшую приживаемость высаживаемых растений.

Согласно приказу Госстроя РФ № 153 (Приказ Госстроя РФ..., 2024) производство работ

по строительству объектов озеленения в населенных пунктах должно осуществляться согласно утвержденной рабочей документации. Однако наблюдается ситуация, когда в настоящее время посадка деревьев и кустарников на территории населенных пунктов ЯНАО часто выполняется сотрудниками организаций, а также волонтерами в местах, не предназначенных для создания зеленых насаждений вблизи трасс инженерных сетей. Поэтому нередко созданные объекты озеленения сносятся при строительстве или ремонте коммуникаций.

Отсутствие правил в системе управления городскими объектами озеленения приводит к нарушению агротехнологических требований.

При посадке растений нарушение технологических правил часто сопровождаются несоответствием размеров посадочной ямы и размера корневой системы с земляным комом, отсутствием полива растений, несоблюдением рекомендуемых сроков посадки и т. д. Необходимо учитывать, что посадочное место должно быть тщательно подготовленным заблаговременно (Приказ Госстроя РФ..., 2024). При этом посадочная яма для деревьев и кустарников с круглым комом (диаметр 0,5 м, высота 0,4 м) или деревьев с открытой корневой системой, как правило, должна иметь следующие размеры: в диаметре 1,0 м, высота ямы 0,8 м; для кустарников посадочная яма должна иметь размеры: в диаметре 0,5 м, высота ямы 0,5 м (Приказ Госстроя РФ..., 2024).

При этом необходимо предусмотреть улучшение механического состава грунта путем добавок из торфа. На дно ямы помещают дренаж, затем слой песка, затем плодородную почву или при ее отсутствии торфо-песчаную смесь. Торф, имеющий повышенную кислотность, желательнее предварительно раскислить известью или доломитовой мукой, а также внести в приготавливаемую смесь комплексные минеральные удобрения. Помещенный в посадочную яму торф будет задерживать воду выпадающих осадков и тем самым улучшит водное питание растений, а минеральные удобрения и продукты разложения торфа обеспечат азотное питание.

При посадке необходимо сначала тщательно пролить посадочную яму и торфо-песчаную смесь

в ней, затем посадить дерево и снова пролить водой из расчета примерно 30 л на каждое высаженное растение. Кроме того, при посадке в центре посадочной ямы вбивается посадочный кол, выступающий над уровнем земли на 1,3 м, к которому подвязывается высаживаемое растение. Соблюдение этого условия крайне важно, поскольку у вновь высаженных растений корневая система ослаблена, растение склонно раскачиваться под воздействием ветра, в результате чего еще больше повреждаются наиболее ценные сосущие корни. При отсутствии посадочного кола на момент посадки высаженное растение закрепляется растяжками для его удержания в вертикальном положении.

Одной из распространенных ошибок в технологии устройства зеленых насаждений ОП на территории ЯНАО является просадка грунта после посадки древесных и кустарниковых растений, заглубление корневой шейки. В результате комлевая часть ствола уходит в грунт, состояние растений становится угнетенным, что может привести к их гибели.

В зимний период фактором, нарушающим устойчивость насаждений, является в первую очередь антропогенное воздействие, т. е. механическая уборка снега, в результате которой часть растений повреждается из-за отсутствия ограждающих конструкций.

Практически ежегодно завозится крупномерный посадочный материал (деревья высотой 3–4 м) из южных регионов страны, в результате чего происходит выпад большинства высаженных деревьев в вегетационный период после окончания посадки. Это происходит по нескольким причинам: во-первых, завезенные экземпляры не адаптированы к местным условиям; во-вторых, корневые системы привезенных деревьев после посадки на объектах озеленения не могут обеспечить в полном объеме подачу воды на транспирацию и фотосинтез (объем корневой системы не соответствует надземной части растений; сильная обрезка корней при заготовке посадочного материала или слабо развитая корневая система).

Особо следует отметить, что значительная часть посадочного материала, привозимого из питомников Красноярска, Тюмени, Екатеринбурга и других городов, может быть заменена местными видами.

При этом интересен тот факт, что часто привозят те же виды древесных и кустарниковых растений, которые можно выкопать для пересадки в полосах отчуждения дорог, на линиях электропередач, бывших сельскохозяйственных угодьях. При заготовке местного посадочного материала – дичков – требуется лишь соблюдать некоторые правила. Выкапывать следует молодые экземпляры с комом земли, поскольку пересаженные на территорию населенного пункта молодые растения лучше приживаются и меньше склонны к болезням.

Необходимо учитывать, что местный посадочный материал планируется брать на песчаных почвах, при которых сложно сохранить земляной ком выкопанных растений в процессе дальнейшей транспортировки до объекта озеленения, в связи с чем необходимо влажное укрытие корней, в том числе и для сохранения посадочного материала до момента посадки. После выкопки следует тщательно обмотать корневую систему увлажненной мешковиной или укрыть корни мхом с целью недопущения их пересыхания.

Среди видов древесных растений, которые могут быть использованы при озеленении на территории ЯНАО, можно отметить: ель сибирскую (*Picea obovata* Ledeb.), сосну кедровую сибирскую (*Pinus sibirica* (Rupr.) Mayr), лиственницу сибирскую (*Larix sibirica* Ledeb.), пихту сибирскую (*Abies sibirica* Ledeb.), сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.), березу пушистую (*Betula Alba* L.), березу карликовую (*Betula nana* L.), осину (*Populus tremula* L.), ольховник кустарниковый (*Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar.), рябину сибирскую (*Sorbus sibirica* Hedl.), черемуху обыкновенную (*Padus racemosa* (Lam.) Gilib.), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), смородину черную (*Ribes nigrum* L.), различные виды ив (*Salix*).

Естественно, что для увеличения биологического разнообразия при озеленении следует использовать и интродуценты, т. е. виды, ранее не произраставшие в местных условиях. К последним можно отнести некоторые виды тополей (*Populus*), кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall.) Regel.), можжевельник Нимана (*Juniperus nimmannii* E. Wolff.), сосну горную (*Pinus mugo* Turra), кара-

гану древовидную (*Caragana arborescens* Lam.), жимолость синюю (*Lonicera caerulea* L.), лапчатку кустарниковую (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.), розу иглистую (*Rosa acicularis* Lindl.), спирею среднюю (*Spiraea media* Schmidt), спирею иволистную (*S. salicifolia* L.), спирею березолистную (*S. betulifolia* Pall.) и др.

При посадке как аборигенных, так и интродуцированных видов следует особое внимание уделять месту посадки. Так, светолюбивые виды лучше высаживать на хорошо освещенных участках, в то время как теневыносливые лучше размещать под кронами или среди посадок мягколиственных пород.

Дальнейшее содержание зеленых насаждений включает полив в течение вегетационного периода, укрытие хвойных деревьев в марте-апреле для защиты от солнечных ожогов, формирование ствола и кроны, своевременную обрезку погибших побегов. Учитывая, что продолжительность жизни кустарников значительно меньше, чем деревьев, необходимо проводить их омоложение посадкой на пень (Залесов и др., 2011), т. е. срезанием старых побегов на уровне поверхности почвы поздней осенью или рано весной. За счет спящих почек при этом формируются новые побеги и отпадает необходимость в новых посадках кустарников.

Как отмечалось ранее, очень важно учитывать при создании объектов озеленения микроклиматические условия мест посадки. В частности, нельзя выращивать ель между высокими домами на сквозняках. Помимо того, что происходит иссушение побега зимой в таких условиях, снег сдувается и вымерзают корни растений. На участках с многолетней мерзлотой древесные растения лучше высаживать на песчаных возвышениях, если таковые имеются, что увеличивает прогреваемость почвы. При этом нельзя не учитывать, что песчаные почвы более теплые, чем глинистые.

При высаживании интродуцентов лучше производить посадку с южной стороны домов. При этом проектирование целесообразно выполнять в зимний период с установлением мест естественного формирования сугробов. Посадка кустарников в таких условиях защищает их от вымерзания и обмерзания побегов, а также защищает от повреждения поздними весенними заморозками.

Естественно, что все высаживаемые древесные интродуценты должны проходить предварительную проверку их перспективности (Панкратов и др., 2022). Для использования при озеленении подбираются не только красиво цветущие виды, но прежде всего виды, максимально устойчивые к неблагоприятным природным (климатическим) факторам в конкретных условиях и требующие при этом минимальных затрат по уходу.

В процессе содержания зеленых насаждений рекомендуется проводить систематический мониторинг за состоянием высаженных растений.

Выводы

1. Для обеспечения комфортных условий проживания в населенных пунктах севера, в том числе на территории ЯНАО, необходимо эффективное озеленение.

2. В основу создания ландшафтных композиций следует рекомендовать местные виды,

адаптированные к жестким лесорастительным условиям.

3. Успех в озеленении обеспечивается при соблюдении сроков посадки, использовании качественного посадочного материала, правильной посадке и уходе за созданными насаждениями.

4. Предпочтительным сроком посадки является начало осени, однако возможна и весенняя посадка до начала распускания почек.

5. Подбор видов для посадки даже на территории ЯНАО будет различаться в связи с различными климатическими и почвенными условиями при сокращении ассортимента с продвижением с юга на север.

6. При использовании как местных видов, так и интродуцентов необходимо учитывать микроклимат участка, где производится посадка.

7. Для создания и ухода за объектами озеленения в каждом населенном пункте должна быть создана специальная служба из профессионалов.

Список источников

- Жилищно-коммунальное хозяйство и качество жизни в XXI веке: экономические модели, новые технологии и практики управления / Л. С. Азаренков, Г. В. Астратова, Я. П. Силин [и др.]. М. ; Екатеринбург : Науковедение, 2017. 600 с.
- Залесов С. В., Газизов Р. А., Хайретдинов А. Ф. Состояние и перспективы ландшафтных рубок в рекреационных лесах // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (58). С. 45–47.
- Залесов С. В., Колтунов Е. В. Корневые и стволовые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в Нижне-Исетском лесопарке г. Екатеринбурга // Аграрный вестник Урала. 2009. № 1 (55). С. 73–75.
- Залесов С. В., Платонов Е. П., Гусев А. В. Перспективность древесных интродуцентов для озеленения в условиях средней подзоны тайги Западной Сибири // Аграрный вестник Урала. 2011. № 4 (83). С. 56–58.
- Использование сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) в озеленении г. Екатеринбурга / М. В. Воробьева, Е. В. Жигулин, С. В. Залесов [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 7 (109). Ч. 1. С. 132–136.
- Качество жизни : проблемы и перспективы XXI века / Г. А. Астратова, А. В. Мехренцев, М. И. Хрущева [и др.]. Екатеринбург : Стратегия позитива™, 2013. 532 с.
- Колтунов Е. В., Залесов С. В., Демчук А. Ю. Корневые и стволовые гнили и состояние древостоев Шарташского лесопарка г. Екатеринбурга в условиях различной рекреационной нагрузки // Аграрный вестник Урала. 2011. № 8 (87). С. 43–46.
- Ландшафтные рубки / Н. А. Луганский, Л. И. Аткина, Е. С. Гневнов [и др.] // Лесное хозяйство. 2007. № 6. С. 20–22.

- Нормы посадки деревьев и кустарников городских зеленых насаждений / Отдел научно-технической информации АКХ. М., 1988. 35 с.
- Оплетаев А. С., Залесов С. В., Кожевников А. П.* Новая декоративная форма ели сибирской (*Picea obovate* Ledeb.) // *Аграрный вестник Урала*. 2016. № 6 (148). С. 40–44.
- Панкратов В. К., Чермных А. И., Залесов С. В.* Возможности омоложения кустарников в зеленой зоне г. Астаны // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022. № 12 (126). URL: <https://research-journal.org/media/articles/2484.pdf> (дата обращения: 01.10.2024).
- Приказ Госстроя РФ от 15.12.1999 г. № 153 «Об утверждении правил создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации». URL : <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=49758> (дата обращения: 01.10.2024).

References

- Housing and communal services and quality of life in the XXI century: economic models, new technologies and management practices / L. S. Azarenov, G. V. Astratova, Ya. P. Silin [et al.]. Moscow ; Yekaterinburg : Naukovedenie, 2017. 600 p.
- Koltunov E. V., Zalesov S. V., Demchuk A. Yu.* Root and stem rot and the state of stands of the Shartash forest Park of Yekaterinburg in conditions of various recreational loads // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011. № 8 (87). P. 43–46. (In Russ.)
- Landscape logging / N. A. Lugansky, L. I. Atkina, E. S. Gnevnov [et al.] // *Forestry*. 2007. № 6. P. 20–22. (In Russ.)
- Norms for planting trees and shrubs in urban green areas / Department of Scientific and Technical Information of the Academy of Economics, 1988. 35 p.
- Opletaev A. S., Zalesov S. V., Kozhevnikov A. P.* A new decorative form of Siberian spruce (*Picea obovate* Ledeb.) // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016. № 6 (148). P. 40–44. (In Russ.)
- Order of the State Construction Committee of the Russian Federation № 153 dated 12/15/1999 “On approval of the rules for the creation, protection and maintenance of green spaces in cities of the Russian Federation”. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=49758> (accessed 01.10.2024). (In Russ.)
- Pankratov V. K., Chermnykh A. I., Zalesov S. V.* Possibilities of rejuvenation of shrubs in the green zone of Astana // *International Scientific Research Journal*. 2022. № 12 (126). URL: <https://research-journal.org/media/articles/2484.pdf> (accessed 01.10.2024). (In Russ.)
- Quality of life : problems and prospects of the XXI century / G. A. Astratova, A. V. Mehrentsev, M. I. Khrushchev [et al.]. Yekaterinburg : Strategy of Positivism, 2013. 532 p.
- The use of Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour.) in landscaping of Yekaterinburg / M. V. Vorobyova, E. V. Zhigulin, S. V. Zalesov [et al.] // *International Scientific Research Journal*. 2021. № 7 (109). Part 1. P. 132–136. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Gazizov R. A., Khayretdinov A. F.* The state and prospects of landscape logging in recreational forests // *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2016. № 2 (58). P. 45–47. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Koltunov E. V.* Root and stem rot of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and hanging birch (*Betula pendula* Roth.) in the Nizhne-Isetsy forest Park of Yekaterinburg // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2009. № 1 (55). P. 73–75. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Platonov E. P., Gusev A. V.* The prospects of tree introducers for landscaping in the conditions of the middle taiga subzone of Western Siberia // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011. № 4 (83). P. 56–58. (In Russ.)

Информация об авторах

*С. В. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>*

*Н. В. Кайзер – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Kaisernv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2297-8195>*

*Я. А. Крекова – кандидат сельскохозяйственных наук,
yana24.ru@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9074-848X>*

*П. А. Мартюшов – аспирант,
martushovpa@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6541-0375>*

*А. С. Попов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
popovas@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3060-9461>*

Information about the authors

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

*N. V. Kaiser – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Kaisernv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2297-8195>*

*Ya. A. Krekova – Candidate of Agricultural Sciences,
yana24.ru@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9074-848X>*

*P. A. Martyushov – graduate student,
martushovpa@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6541-0375>*

*A. S. Popov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
popovas@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3060-9461>*

Статья поступила в редакцию 15.09.2024; принята к публикации 19.10.2024.

The article was submitted 15.09.2024; accepted for publication 19.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 38–46.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 38–46.

Научная статья

УДК 712.4

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.004

ОЦЕНКА ДЕКОРАТИВНОСТИ ОСЕННИХ ПЕЙЗАЖЕЙ НАСАЖДЕНИЙ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО ПАРКА-ВЫСТАВКИ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

Людмила Ивановна Аткина¹, Екатерина Анатольевна Деревянкина²

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

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

² derevyankinaea@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0009-0001-0806-8320>

Аннотация. Дендропарк-выставка – один из старейших парков г. Екатеринбурга. Он выполнен в пейзажной стилистике, основным элементом являются аллеи для тихих прогулок. Задача дендропарка-выставки – не только коллекционирование редких видов деревьев и кустарников, но и демонстрация их декоративных качеств в условиях Среднего Урала. В течение ясных сентябрьских дней 2023 г. были проведены обследования для определения цветовых характеристик деревьев в осенний период на основных маршрутах. Установлено, что на пешеходных прогулочных маршрутах выделяются пять участков, которые различаются по внешнему облику благодаря различной окраске деревьев, произрастающих вдоль дорожек. Всего описано 23 вида деревьев и 11 видов кустарников, которые формируют осенние аспекты в этой части парка. На трех участках из пяти произрастают *Picea pungens* ENGELM, *Betula pendula* ROTH и *Thuja occidentalis* L. Пешеходные дорожки оформлены посадками, различающимися по количеству видов: от двух на маршруте 1 до 21 на маршруте 4. Осенняя окраска формируется лиственными породами и варьирует от светло-желтого до темно-красного оттенков, но преобладает желтый, в который окрашиваются листья большинства пород. Необходимо при составлении пейзажных групп добавить деревья и кустарники, имеющие красную осеннюю окраску листьев. Это увеличит разнообразие цветовых аспектов в осенний период.

Ключевые слова: дендропарк, осенний парк, композиция, маршрут, колорит деревьев

Для цитирования: Аткина Л. И., Деревянкина Е. А. Оценка декоративности осенних пейзажей насаждений дендрологического парка-выставки г. Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 38–46.

Original article

ASSESSMENT OF THE DECORATIVE EFFECT OF AUTUMN LANDSCAPES OF THE PLANTINGS OF THE ARBORETUM PARK-EXHIBITION OF YEKATERINBURG

Lyudmila I. Atkina¹, Ekaterina A. Derevyankina²

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

¹ atkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8578-936X>

² derevyankinaea@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0009-0001-0806-8320>

Abstract. The Arboretum exhibition is one of the oldest parks in Yekaterinburg. It is made in a landscape style, the main element is an alley for quiet walks. The task of the arboretum is not only to collect rare species of trees and shrubs, but also to demonstrate their decorative qualities in the conditions of the Middle Urals. During the clear September days of 2023, surveys were conducted to determine the color characteristics of trees in the autumn period on the main routes. It has been established that there are five sections on walking routes that differ in appearance due to the different colors of the trees growing along the paths. A total of 23 species of trees and 11 species of shrubs have been described, which form the autumn aspects in this part of the park. *Picea pungens* ENGELM, *Betula pendula* ROTH and *Thuja occidentalis* L grow on three of the five sites. The footpaths are decorated with plantings that differ in the number of types: from two on route 1 to 21 on route 4.

Keywords: Arboretum, autumn park, composition, route, color of trees

For citation: Atkina L. I., Derevyankina E. A. Assessment of the decorative effect of autumn landscapes of the plantings of the arboretum park-exhibition of Yekaterinburg // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 38–46.

Введение

Дендропарк-выставка, расположенный на улице Первомайской, занимает площадь около девяти гектаров, на которой произрастает более 300 видов древесной растительности. Парк выполнен в пейзажной стилистике, в нем чередуются газоны, аллеи и куртины древесных растений. Задача дендропарка-выставки – не только коллекционирование редких видов деревьев и кустарников, но и демонстрация их декоративных качеств в условиях Среднего Урала. Парк имеет протяженные маршруты для прогулок и рассчитан в первую очередь на эстетическое восприятие при движении, а не с фиксированных позиций. При прохождении по аллее окружение воспринимается на уровне глаз в сравнительно ограниченном пространстве, деревья находятся на близком расстоянии от идущего и видны различные детали, особенно сезонное изменение окраски коры, побегов и листьев (Маркевич и др., 1993). Поэтому актуальным

является обеспечение декоративности посадок вдоль маршрутов в любое время года. Одно из самых важных цветовых проявлений природы на Среднем Урале – осеннее изменение цвета листьев. В летний период практически все деревья парка имеют листву зеленого цвета, различаясь по оттенкам, в то время как осенняя окраска листьев деревьев формирует новые акценты в композициях (Nix, 2021). Как правило, она держится на Среднем Урале 50–60 дней, с начала сентября до первой декады ноября в зависимости от погодных условий, и формирует шестую фазу изменения колорита парка (Аткина и др., 2013). Дендропарк-выставка отличается от других парков города тем, что основное внимание уделяется формированию декоративных пейзажей, а не системе функциональных площадок, поэтому изучение сезонных особенностей колорита деревьев, а соответственно, их декоративности – актуальная задача.

Цель, объекты и методика исследований

Цель работы – характеристика декоративности деревьев в осенний период на основных маршрутах дендрологического парка-выставки г. Екатеринбурга.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1) оценить декоративные качества (по окраске листьев и санитарному состоянию) деревьев и кустарников, произрастающих вдоль наиболее посещаемых пешеходных маршрутов;

2) на основе полученных результатов разработать рекомендации по повышению декоративности прогулочного маршрута парка.

Объект исследования – дендрологический парк-выставка по улице Первомайской, 87 г. Екатеринбурга (рис. 1).

Дендрологический парк-выставка в г. Екатеринбурге имеет два отделения: на ул. 8 Марта и на ул. Первомайской. Последний был создан еще в 1932 г., когда здесь была основана научно-исследовательская станция озеленения. Основные посадки были проведены в 1935–1936 гг. под руководством С. Л. Стельмаховича (1940). Протяженность пешеходных маршрутов составляет более

3 км. Видовой состав парка изучен достаточно хорошо (Власенко и др., 2010). В отличие от отделения по ул. 8 Марта дендропарк по ул. Первомайской посещается гораздо активнее для тихого отдыха, так как является более привлекательным для всех возрастных категорий, в том числе для жителей окружающих домов, студентов учебных заведений, расположенных рядом (Рекреационная характеристика..., 2017).

В западной части парка акцентами являются водоемы, и посетители чаще всего размещаются на скамейках вокруг и созерцают водные пейзажи. В восточной части парка преобладают маршруты для пешеходных прогулок (см. рис. 1), поэтому они и были выбраны для исследований. Протяженность изученных маршрутов составляет: 1 – 133 м; 2 – 184 м; 3 – 130 м; 4 – 129 м; 5 – 329 м.

В течение ясных сентябрьских дней 2023 г. вдоль всех маршрутов проводились обследование состояния и фотофиксация деревьев и кустарников. Для определения колористической характеристики использован цветовой круг В. Освальда и И. Иттена (Аткина, Жукова, 2017). Санитарное состояние устанавливалось с использованием положений, изложенных в Правилах (1999). С учетом того, что красота деревьев воспринимается только

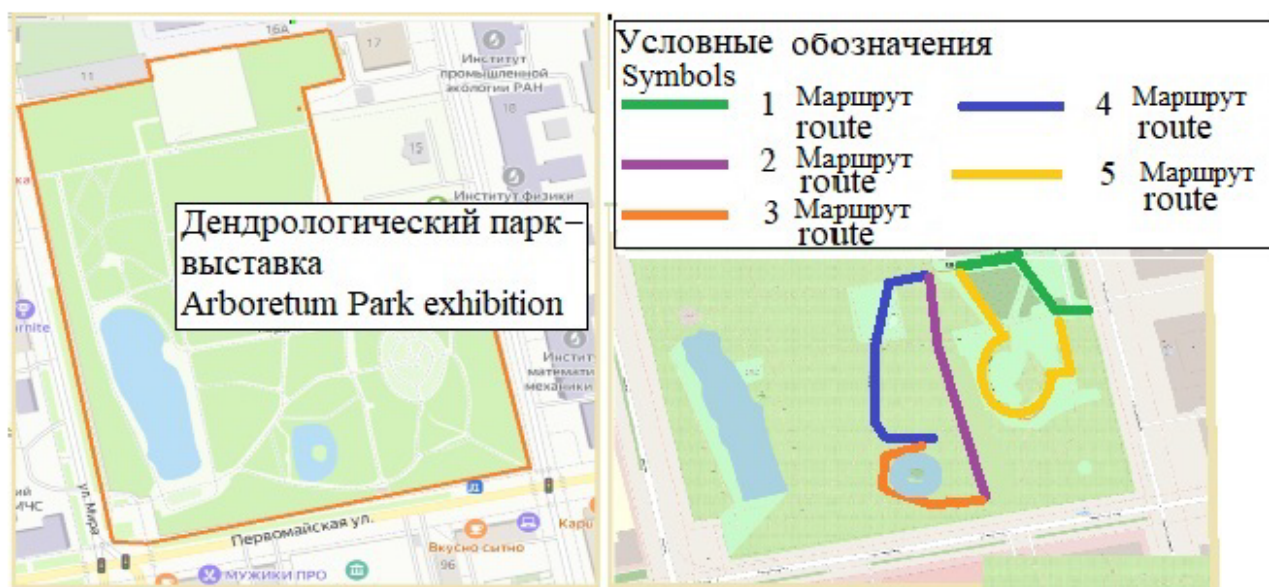


Рис. 1. Расположение дендрологического парка-выставки и схема изученных маршрутов
Fig. 1. The location of the Arboretum Exhibition Park and the scheme of the studied routes

тогда, когда растение находится в хорошем состоянии, т.е. когда оно правильно высажено, за ним проводится уход и оно адаптировалось к условиям произрастания, предложенная шкала декоративности основана на категориях жизненного состояния растений. Принята 3-балльная шкала декоративности: 1 – дерево высокой декоративности; 2 – дерево средней декоративности; 3 – дерево низкой декоративности. Методически она совпадает со шкалой категорий состояний, разработанной Академией ЖКХ им. К. Д. Памфилова (Правила..., 1999).

1 класс – крона густая, нормального развития, симметричная, облиствена 100 %. Форма кроны выражена четко: конусовидная, шаровидная. Окраска хвои, листья яркая. Измельченной листвы и сухих сучьев и ветвей нет. Ствол не имеет искривлений, наклона, расчленения и каких-либо повреждений.

2 класс – крона изрежена на 20–50 %, размер кроны меньше нормы на 30 %. Форма кроны нарушена либо асимметрична, а окраска листвы местами светло-зеленая. Листья измельчены на вершине и на концах ветвей. Наличие 10–20 % сухих тонких сучьев на вершине, в средней и нижней части кроны, единичные скелетные сухие ветки. Ствол может быть наклонен (угол наклона более 20 %), расчленен на несколько стволов, искривлен. Растение без дупла. Ствол со значительным количеством повреждений, но без процесса гниения или со слабой гнилью.

3 класс – крона изрежена на 70 % и более, размер менее нормы на 70–90 %. Форма кроны выражена слабо, она высоко поднята, асимметрична. Окраска листвы бледная, листья измельчены в верхней и средней части, много сухих сучьев и ветвей, ствол отклонен от нормы, искривлен, расчленен, с повреждениями, с дуплами, сухобочинами, морозобоинами и другими повреждениями.

Результаты исследований

В результате изучения установлено, что вдоль пешеходных маршрутов произрастает 24 вида деревьев: ива, сорт Памяти Миндовского (*S. x 'Pamiati Mindovskogo' V. Schaburov et I. Beljaeva BGA Yekaterinburg*), ель колючая (*Picea pungens* Engelm), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.),

клен сахарный (*Acer saccharum* Marshall), орех маньчжурский (*Juglans mandshurica* Maxim), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), черемуха Шуберта (*Prunus virginiana* Shubert), береза повислая (*Betula pendula* Roth), пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb), вяз приземистый (*Ulmus pumela* L.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), клен приречный (*Acer ginnala* (Maxim.) Wesm.), каштан конский (*Aesculus Hippocasanum* L.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), ель европейская (*Picea abies* (L.) H. Karst), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch. Exledeb), клен американский (*Acer negundo* L.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench), сосна горная (*Pinus mugo* Turra), ива ломкая ф. шаровидная (*Salix fragolis* L.). Произрастает 13 видов кустарников: лещина обыкновенная (*Corylus avellana* (L.) H. Karst), калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim), боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea* Pall), снежноягодник белый (*Symphoricarpos albus* (L.) S. F. Blake), кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schltdl), магония падуболистная (*Mahania aquifolium* (Pursh) Nutt.), роза иглистая (*Rosa acicularis* Lindl), барбарис Тунберга (*Berberis thunbergii* D.C.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop), спирея сортовая (*Spiraea hybrida* L.), кипарисовик горохоплодный (*Chamaecyparis pisifera* (Stebold and Zucc.) Endl). Сравнивая данные видового состава посадок вдоль разных маршрутов, можно утверждать, что наиболее насыщены второй и четвертый маршруты, проходящие практически в центральной части дендрария-выставки, включающие соответственно 15 и 20 видов (таблица).

На основе описаний насаждений вдоль маршрутов установлено, что практически повсеместно, на трех маршрутах, встречаются: *Picea pungens* Engelm, *Betula pendula* Roth и *Thuja occidentalis* L. *Acer negundo* L., *Acer saccharum* Marshall, *Pinus mugo* Turra и *Ulmus laevis* Pall. на двух маршрутах. Максимальное количество видов встречается на втором маршруте – 16.

Ассортимент декоративных видов на маршрутах (+ наличие вида на маршруте; – отсутствие)
Assortment of decorative views on routes (+ presence of a view on the route; – absence)

№ п/п	Вид View	Номера маршрутов Route numbers					Средний балл декоративности The average score of decorativeness
		1	2	3	4	5	
Деревья / Trees							
1	Ель колючая (голубая) <i>Picea pungens</i> Engelm	+	+	–	+	–	2
2	Туя западная <i>Thuja occidentalis</i> L.	+	+	–	–	+	2
3	Плакучая ива Памяти Миндовского <i>Salix. x 'Pamiati Mindovskogo'</i> V. Schaburov et I. Beljaeva BGA	–	–	–	+	–	2
4	Ива шаровидная <i>Salix fragolis</i> L.	–	–	–	+	–	2
5	Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	–	+	–	–	–	2
6	Клен сахарный <i>Acer saccharum</i> Marshall	–	+	–	+	–	2
7	Орех маньчжурский <i>Juglans mandshurica</i> Maxim	–	–	–	–	+	2
8	Клен остролистный <i>Acer platanoides</i> L.	–	–	–	+	–	2
9	Черемуха Шуберга <i>Prunus virginiana</i> Shubert	–	–	+	–	–	2
10	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	–	+	+	+	–	1
11	Пихта сибирская <i>Abies sibirica</i> Ledeb	–	+	–	–	–	1
12	Вяз приземистый <i>Ulmus pumela</i> L.	–	+	–	–	–	2
13	Дуб обыкновенный <i>Quercus robur</i> L.	–	–	–	+	–	1
14	Вяз гладкий <i>Ulmus laevis</i> Pall	–	–	+	+	–	1
15	Клен приречный <i>Acer ginnala</i> (Maxim.) Wesm.	–	–	–	+	–	1
16	Конский каштан <i>Aesculus Hippocasanum</i> L.	–	+	–	–	–	2
17	Туя западная <i>Thuja occidentalis</i> L.	–	–	–	–	+	2
18	Рябина <i>Sorbus aucuparia</i> L.	–	–	–	+	–	2
19	Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> (L.) H.	–	+	–	–	–	2
20	Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	–	+	–	+	–	2
21	Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.	–	–	+	+	–	2
22	Ольха серая <i>Alnus incana</i> (L.) Moench	–	–	+	–	–	2

Окончание таблицы
The end of table

№ п/п	Вид View	Номера маршрутов Route numbers					Средний балл декоративности The average score of decorativeness
		1	2	3	4	5	
23	Дуб монгольский <i>Quercus mongolica</i> Fisch Exledeb	–	+	–	+	–	2
24	Сосна горная <i>Pinus mugo</i> Turra	–	+	–	+	–	1
Кустарники / Shrubs							
25	Лещина обыкновенная <i>Corylus avellana</i> (L.) H. Karst	–	–	–	+	–	1
26	Пузереплодник <i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim	–	+	–	–	–	1
27	Боярышник кроваво-красный <i>Crataegus sanguinea</i> Pall	–	–	–	+	+	2
28	Кипарисовик горохоплодный <i>Chamaecyparis pisifera</i> Endl	–	–	–	+	+	1
29	Кизильник остролистный <i>Cotoneaster lucidus</i> Schldtl	–	+	–	–	–	1
30	Магония падуболистная <i>Mahonia aquifolium</i> Nutt.	–	+	–	–	–	2
31	Снежноягодник приречный <i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S. F. Blake	–	–	–	+	+	1
32	Барбарис Тунберга <i>Berberis thunbergii</i> D. C.	–	–	–	+	–	2
33	Бересклет бородавчатый <i>Euonymus verrucosa</i> Scop	–	–	–	+	–	1
34	Спирея гибридная <i>Spiraea hybrida</i> L.	–	+	–	+	–	1
35	Кипарисовик горохоплодный <i>Chamaecyparis pisifera</i> Endl	–	–	–	+	–	1
36	Калина обыкновенная <i>Viburnum opulus</i> L.	–	–	–	–	+	1
37	Шиповник иглистый <i>Rosa acicularis</i> Lindl	–	–	–	–	+	2

Кустарниками оформлен преимущественно четвертый маршрут – восемь видов (см. таблицу), затем идут второй и пятый – по 3–4 вида и полностью отсутствуют на первом и третьем маршрутах. Недостаток разнообразия видов кустарников негативно сказывается на эстетическом восприятии прогулочных маршрутов, так как они наиболее декоративны по сезонной окраске, кроме изменения цвета листьев на привлекательность влияют ягоды и плоды: белые у снежно-ягодника, красные у шиповника и боярышника.

При определении жизненного состояния насаждений установлено, что все насаждения можно отнести к 1 и 2 классам декоративности. Кустарники более декоративны. Это связано с более тщательным уходом за кустарниками и за деревьями (см. таблицу). Для определения осенней цветовой палитры были составлены спектры окраски листьев (рис. 2) на основе материалов фотофиксации, проведенной в сентябре 2023 г., в ясный солнечный день. Фон рисунка взят также из фотоматериалов – цвета неба в день проведения исследований.



Рис. 2. Цветовые сочетания основных видов деревьев, произрастающих на маршрутах
 Fig. 2. Color combinations of the main types of trees growing on the routes

Известно, что яркость осенней окраски листьев древесных пород и продолжительность сохранения ее в значительной мере зависят от условий осенней погоды, возраста и видовых особенностей (Древесные растения..., 1975). Поэтому наши выводы применимы для условий, совпадающих с погодными показателями сентября 2023 г. в г. Екатеринбурге, которые характеризовались ясной погодой и температурными показателями +17°C днем и +10°C ночью.

По основному цвету можно выделить следующие группы. Ярко-зеленые: *Pinus mugo* TURRA; блекло-зеленые: *Thuja occidentalis* L., *Chamaecyparis pisifera* (Stebold and ZUCC.) Endl; серебристо-зеленые: *Picea pungens* Engelm (ф. голубая) и *S. x 'Pamiati Mindovskogo'* V. Schaburov et I. Beljaeva BGA; желтые: *Betula pendula* Roth, *Tilia cordata* Mill., *Symphoricarpos albus* (L.) S. F. Blake; желто-коричневые: *Quercus robur* L., *Aesculus Hippocasanum* L., *Ulmus pumela* L., *Ulmus laevis* Pall.; коричневый цвет придают засыхающие края листьев; желтые с красными вкрапле-

ниями: *Sorbus aucuparia* L., *Rosa acicularis* Lindl; светло-красные: все клены; темно-красные: *Euonymus verrucosa* Scop и *Prunus virginiana* Shubert. Как и следовало ожидать, наиболее яркая осенняя окраска наблюдается у лиственных – диапазон от желтой до темно-красной. Чем шире ассортимент, там выше цветовое разнообразие, что еще раз подтверждает выводы других авторов о том, что однопородные насаждения в целом менее декоративны, чем смешанные (Залывская, Бабич 2020).

Выводы

Маршруты, используемые в качестве прогулочных, размещаются в восточной и центральной части дендропарка. На основе исследования основных направлений (около 1 км) можно сделать следующие выводы.

1. Все изученные растения находятся в хорошем состоянии, имеют высокие баллы санитарного состояния, что связано с качественным уходом за ними.

2. На пешеходных прогулочных маршрутах визуально выделяются пять участков, которые различаются по внешнему облику благодаря различной окраске деревьев, произрастающих вдоль дорожек. Всего описано 24 вида деревьев и 13 видов кустарников, которые формируют осенние аспекты в этой части парка. На трех участках из пяти произрастают ель колючая (голубая), береза повислая и туя западная. Пешеходные дорожки оформлены посадками, различающимися по количеству видов: от двух на маршруте 1 до 21 на

маршруте 4. Осенняя окраска формируется только лиственными породами и варьирует от светло-желтого до темно-красного оттенков, преобладает желтый, в который окрашиваются листья большинства пород.

3. При дальнейшей реконструкции парка необходимо при составлении пейзажных групп добавить деревья и кустарники, имеющие красную осеннюю окраску листьев. Это увеличит разнообразие цветовых аспектов и привлекательность пешеходных маршрутов.

Список источников

- Аткина Л. И., Жукова М. В. Эстетика ландшафта : учеб. пособие / УГЛТУ. Екатеринбург, 2017, 76 с.
- Аткина Л. И., Луганская С. Н., Волкова Т. А. Сезонная изменчивость колорита парковых пейзажей на примере насаждения дендропарка в г. Екатеринбург // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (27). С. 117–118.
- Рекреационная характеристика дендрологических парков города Екатеринбурга / С. В. Вишнякова, Я. С. Коваль, Н. А. Пихтовникова, Ю. М. Шипарева // Дневник науки. 2017. № 12 (12). URL: https://dnevniknauki.ru/images/publications/2017/12/art/Vishnyakova_Koval_Pikhtovnikova_Shipareva.pdf (дата обращения: 15.12.2023).
- Власенко В. Э., Дорофеева Л. М., Яковлева С. В. Дендропарк-выставка как рефугиум живой природы города Екатеринбурга // Аграрный вестник Урала. 2010. № 1 (67). С. 66–69.
- Древесные растения Главного ботанического сада АН СССР / Академия наук СССР, Главный ботанический сад ; [отв. ред. акад. Н. В. Цицин]. М. : Наука, 1975. 547 с.
- Залывская О. С., Бабич Н. А. Оценка декоративности насаждений // Известия вузов. Лесной журнал. 2020. № 6. С. 98–110.
- Маркевич И. А., Шужмов А. А., Маркевич И. А. Методика эстетической оценки элементарных ландшафтов при движении по маршрутам // Известия вузов. Лесной журнал. 1993. № 1. С. 17–22.
- Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации : утв. приказом Гос. комитета Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу от 15.12.1999 № 153. URL: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 24.02.2024).
- Стельмахович М. Л. Путеводитель по коллекционному участку декоративной растительности Уральской опытной станции зеленого строительства Академии коммунального хозяйства. Ч. 1. Дендрологическая / Урал. опыт. станция зеленого стр-ва АКХ при СНК РСФСР. Свердловск, 1940. 94 с.
- Nix S. A Complete Fall Color and Autumn Leaf Viewing Guide. ThoughtCo, Oct. 3, 2021. URL: <https://thoughtco.com/complete-fall-color-leaf-viewing-guide-1341607> (accessed 15.12.2023).

References

- Atkina L. I., Luganskaya S. N., Volkova T. A. Seasonal variability of the color of park landscapes on the example of arboretum planting in Yekaterinburg // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2013. № 3 (27). P. 117–118. (In Russ.)
- Atkina L. I., Zhukova M. V. Aesthetics of landscape : A textbook / UGLTU. Yekaterinburg, 2017. 76 p.
- Markevich I. A., Shuzhmov A. A., Markevich I. A. Method of aesthetic assessment of elementary landscapes when moving along routes // Izvestiya vuzov. Forest magazine. 1993. № 1. P. 17–22. (In Russ.)

- Nix S.* A Complete Fall Color and Autumn Leaf Viewing Guide. ThoughtCo, Oct. 3, 2021. URL: <https://thoughtco.com/complete-fall-color-leaf-viewing-guide-1341607> (accessed 15.12.2023).
- Recreational characteristics of arboretum parks of the city of Yekaterinburg / *S. V. Vishnyakova, Ya. S. Koval, N. A. Pihtovnikova, Yu. M. Shipareva* // The diary of Science. 2017. № 12 (12). URL: https://dnevniknauki.ru/images/publications/2017/12art/Vishnyakova_Koval_Pikhtovnikova_Shipareva.pdf (accessed 15.12.2023). (In Russ.)
- Rules for the creation, protection and maintenance of green spaces in cities of the Russian Federation : approved by the order of the State Committee of the Russian Federation for Construction and Housing and Communal Complex dated 15.12.1999 № 153. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901750921> (accessed 24.02.2024). (In Russ.)
- Stelmakhovich M. L.* Guide to the collection site of decorative vegetation of the Ural experimental station of green construction of the Academy of Public Utilities. Part 1. Dendrological / Ural. experience. The green building station of the Academy of Agriculture at the SNK of the RSFSR. Sverdlovsk, 1940. 94 p.
- Vlasenko V. E., Dorofeeva L. M., Yakovleva S. V.* Arboretum-exhibition as a refuge of wildlife of the city of Yekaterinburg // Agrarian Bulletin of the Urals. 2010. № 1 (67). P. 66–69. (In Russ.)
- Woody plants of the Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences / USSR Academy of Sciences, Main Botanical Garden ; [ed. academician N. V. Tsitsin]. Moscow : Nauka, 1975. 547 p.
- Zalivskaya O. S., Babich N. A.* Assessment of decorative plantings // News of universities. Forest magazine. 2020. № 6. P. 98–110.

Информация об авторах

Л. И. Аткина – профессор, доктор сельскохозяйственных наук;
Е. А. Деревянкина – аспирант.

Information about the authors

L. I. Atkina – Professor, Doctor of Agricultural Sciences;
E. A. Derevyankina – graduate student.

Статья поступила в редакцию 08.04.2024; принята к публикации 19.10.2024.
The article was submitted 08.04.2024; accepted for publication 19.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91) С. 47–54.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 47–54.

Научная статья

УДК 712.41:712.42

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.005

СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ БОЛЬНИЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

Михаил Викторович Лопатин¹, Татьяна Борисовна Сродных²

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

¹ michaelopatin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-9579-1952>

² tata.srodnykh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4297-0147>

Аннотация. В статье рассмотрены территории пяти больничных комплексов г. Екатеринбурга, расположенных в разных районах, с целью дать характеристики их ландшафтной организации, определить состояние насаждений и морфометрические параметры деревьев, а также соответствие баланса территории рекомендуемым нормам. Исследования проводились в период с 2022 по 2024 гг. В основу исследований положен метод инвентаризации озелененных территорий, определялись такие показатели, как средняя высота и диаметр деревьев, санитарное состояние, по ГИС-материалам устанавливался баланс территории. Проводилась визуальная оценка организации ландшафтов больничных комплексов. Баланс территорий всех исследуемых больничных комплексов соответствует рекомендациям. На четырех из пяти комплексов произрастает естественный лесной массив, санитарное состояние насаждений оценивается как удовлетворительное и хорошее. Самые высокие биометрические показатели у сосны обыкновенной и березы повислой на территории онкологического центра. Его застройка самая молодая, территория хорошо благоустроена, полнота насаждений невысокая, растения хорошо развиваются; за территорией и насаждениями ведется уход, антропогенная нагрузка невысокая. Территории с естественным лесным массивом на других объектах требуют проведения санитарных рубок, необходима разработка оптимальных вариантов дорожно-тропиночной сети для снижения антропогенной нагрузки. Основная дальнейшая цель – сохранение и устойчивое развитие лесных массивов на территориях больничных комплексов.

Ключевые слова: исследования насаждений, больничные комплексы, характеристики территорий, таксационные показатели, лесной массив

Для цитирования: Лопатин М. В., Сродных Т. Б. Состояние насаждений больничных комплексов города Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 47–54.

Original article

LANDSCAPE ORGANIZATION OF HOSPITAL COMPLEXES IN THE CITY OF YEKATERINBURG

Mikhail V. Lopatin¹, Tatiana B. Srodnykh²

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

¹ michaelopatin@gmail.com <https://orcid.org/0009-0009-9579-1952>

² tata.srodnykh@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-4297-0147>

Abstract. The article examines the areas of five hospital complexes in the city of Yekaterinburg, located in different districts, in order to provide characteristics of their landscape organization, determine whether the area balance meets standards, and establish the composition and inventory indices of the plantings. The research was conducted from 2022 to 2024. The research is based on the method of inventorying green areas, determining such indicators as average height, diameter, sanitary condition, and using GIS materials to determine the area balance. A visual assessment of the landscape organization of the hospital complexes was also conducted. The balance of the areas of all the studied hospital complexes meets the recommendations. Four out of five complexes have natural forest stands with satisfactory and good sanitary conditions; the best biometric indicators are found in Scots pine and hanging birch on the territory of the oncology center. Its construction is the newest, the area is well maintained, the density of plantings is low, the plants are developing well; the area and plantings are cared for, and the anthropogenic load is low. The areas with natural forest stands at other sites require sanitary cuttings, the development of a road and trail network is necessary to reduce anthropogenic load. The main further goal is the preservation and sustainable development of forest stands on the territories of the hospital complexes.

Keywords: studies of plantings, hospital complexes, characteristics of territories, tax indicators, forest area

For citation: Lopatin M. V., Srodnykh T. B. Landscape organization of hospital complexes in the city of Yekaterinburg // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 47–54.

Введение

Задача зеленых зон больничных комплексов – создавать комфортную среду для отдыха и реабилитации больных пациентов, но в современных условиях крупных городов даже насаждения объектов ограниченного пользования играют важную роль в усилении зеленого каркаса города, особенно если на территории произрастают естественные лесные массивы. В Екатеринбурге таких больничных комплексов достаточно много. Это связано с тем, что Екатеринбург – один из немногих крупнейших городов, расположенных в таежной зоне, имеет зеленое кольцо лесопарков по всему периметру города, которое было сформировано еще в 60-х годах прошлого века. С тех пор город, расширяясь, наступает на естественные лесные массивы

и на территориях некоторых жилых комплексов, больниц, предприятий остаются группы сосен, куртины, а иногда и целые массивы естественных насаждений, чаще всего сосновых. Следует отметить, что в последние десятилетия вопросам сохранения, восстановления и реконструкции лесных насаждений в городских агломерациях уделяется особое внимание (Тагирова, 2024).

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Цель исследования – дать характеристику зеленым насаждениям и ландшафтной организации больничных комплексов Екатеринбурга на примере пяти комплексов, расположенных в разных районах города.

Задачи: определить соответствие баланса территории изучаемых комплексов существующим нормам; дать характеристику ландшафтной организации территорий больничных комплексов; установить состав, биометрические показатели и состояние насаждений на территории больничных комплексов.

Методы исследования. Видовой состав насаждений определялся по справочным изданиям (Горчаковский, 1994; Мамаев, 2000). Баланс территории оценивался исходя из рекомендаций СанПиН 2.1.3.2630–10. При проведении исследований использованы общеизвестные методические указания (Методика инвентаризации..., 1997; Регламент..., 2007; Постановление Правительства..., 2020). При исследовании определяли такие показатели, как вид деревьев и кустарников, высота деревьев (с помощью оптического высотомера ЭТ-1м с точ-

ностью 0,5 м) и диаметр ствола деревьев (замерялся на высоте 1,3 м). Расчет баланса территории проводился с помощью доступных ГИС-материалов. Таксационные данные обрабатывались методами описательной статистики (Математические методы, 2017).

Объектами исследования были выбраны пять больничных комплексов, имеющих различную площадь от 1,8 до 17,3 га. Схема расположения больничных комплексов в системе города представлена на рисунке.

Все объекты, кроме онкологического диспансера, были созданы в XX в., онкологический диспансер начал работать в начале XXI в.

В табл. 1 представлены территориальные данные по исследуемым объектам, далее в тексте статьи объекты будут обозначаться номером в соответствии с нумерацией табл. 1.

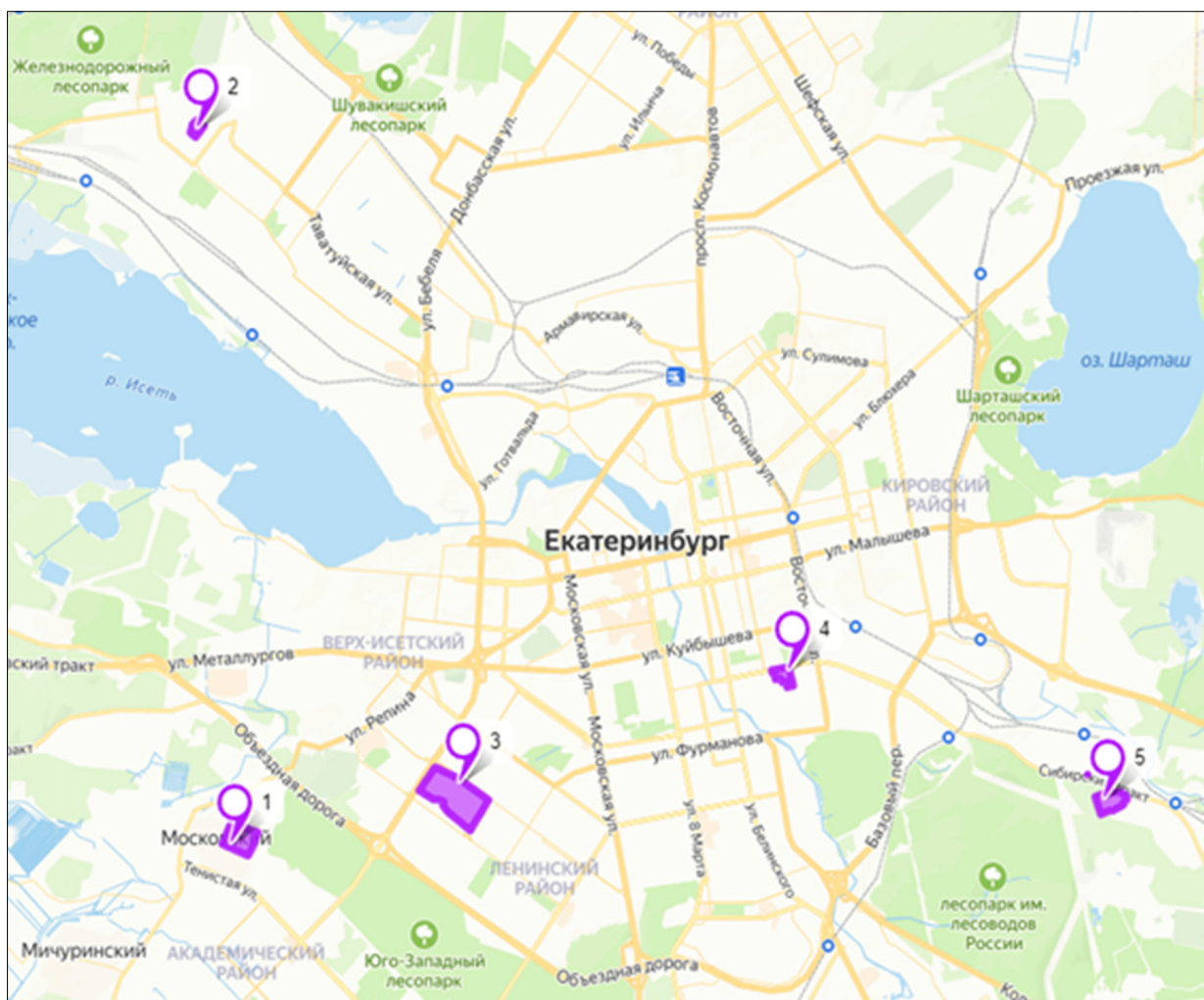


Схема расположения больничных комплексов в системе города
The layout of hospital complexes in the city system

Таблица 1
Table 1Координатные данные больничных комплексов
Coordinate data of hospital complexes

№ п/п № p/p	Объект Object	Адрес/административный район/ кадастровый номер Address/administrative area/ cadastral number
1	Свердловский областной онкологический диспансер Sverdlovsk Regional Oncological Dispensary	Ул. Соболева, 29/Чкаловский район/ 29/Soboleva str./Chkalovsky district/ 66:41:0306055:4
2	Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Свердловской области противотуберкулезный диспансер, фтизиатрическое отделение № 5 State Budgetary Healthcare Institution of the Sverdlovsk Region Tuberculosis Dispensary, Phthisiatric Department № 5	Ул. Камская, 37/Железнодорожный/ 37/Kamskaya Street/Zheleznodorozhny district/ 66:41:0203042:1
3	Городская клиническая больница № 40/Свердловская областная клиническая больница № 1/Медгородок City Clinical Hospital № 40/Sverdlovsk Regional Clinical Hospital № 1/medical city	Ул. Волгоградская, 189/Верх-Исетский/ 189/Volgogradskaya str./Verkh-Issetkiy district/ 66:41:0304033:41 и 66:41:0304033:1757
4	Центральная городская клиническая больница № 1 Central City Clinical Hospital № 1	Ул. Декабристов, 15Б/Октябрьский/ 15B/Dekabristov St./Oktyabrsky district/ 66:41:0601042:6
5	Свердловская областная клиническая психиатрическая больница Sverdlovsk Regional Clinical Psychiatric Hospital	Сибирский тракт, 8 км/Октябрьский/ Siberian highway, 8 km/Oktyabrsky district/ 66:41:0608017:29

Все объекты изучения представлены: двумя диспансерами (онкологическим и противотуберкулезным) – объекты № 1 и № 2; объект № 3 – это медгородок, где совмещены территории двух больниц (ГКБ № 40 и ОКБ № 1); объект № 4 – ЦГКБ № 1 и объект № 5 – областная клиническая психиатрическая больница. Мы посчитали возможным объединить данные объекты в нашем исследовании и дать им обобщенное название – больничные комплексы (БК).

Результаты и их обсуждение

Для выяснения доли площадей под зелеными насаждениями предварительно определялся баланс территории БК и рассчитывалась доля площадей под озеленением. В табл. 2 представлены площади БК, доля площадей под озеленением и преобладающие древесные виды.

Согласно требованиям СанПиН 2.1.32630–10 (2010), рекомендуемый баланс территории БК должен быть следующим: застройка – 10–15 %, озелененная территория – 50–65 %, дороги и площадки – 17–20 %, хозяйственная зона – 10–15 %. В целом баланс всех БК соответствует рекомен-

дациям. Из табл. 2 видно, что площади под зелеными насаждениями всех БК тоже соответствуют нормам, за исключением городской больницы № 4, где площадь под озеленением ниже нормы на 5 %, а озелененные территории БК под № 2 и 5 даже превышают норматив на 17 и 19 % соответственно.

Также из табл. 2 видно, что на объектах № 1, 2, 3 и 5 в насаждениях представлены естественные лесные массивы: на № 1, 3 и 5 – с преобладанием сосны обыкновенной, на № 1 и 5 – с примесью березы повислой, на № 2 – чистое березовое насаждение. Объект № 4 – центральная городская больница № 1 – имеет и площадь под озеленением несколько меньшую рекомендуемой и посадки отличаются наличием интродуцентов: клен ясенелистный, тополь бальзамический, яблоня ягодная.

Основные биометрические показатели и оценки санитарного состояния, полученные при проведении подеревной инвентаризации насаждений, были статистически обработаны, они представлены в табл. 3. Данные по объекту № 3 взяты из материалов статьи (Аткина, Агафонова, 2023).

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что наибольшие параметры по высоте и диаметру

Таблица 2
Table 2Основные характеристики территорий обследованных БК города Екатеринбурга
The main characteristics of the surveyed hospitals in the city Yekaterinburg

№ п/п № p/p	Общая площадь, га Total area, ha	Площадь под зелеными насаждениями (га/ %) The area under the green spaces (ha/ %)	Состав насаждений и преобладающие древесные виды The composition of the plantings and the predominant woody species
1.	9,8	6,27/64	9С1Б Сосна обыкновенная, береза повислая <i>Pinus sylvestris</i> L., <i>Betula pendula</i> Roth.
2.	1,8	1,47/82	10Б Береза повислая, яблоня ягодная <i>Betula pendula</i> Roth., <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.
3.	17,3	10,89/63	10С Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.
4.	3,9	1,75/45	Клен ясенелистный, яблоня ягодная, тополь бальзамический <i>Acer negundo</i> L., <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh., <i>Populus balsamifera</i> L.
5.	17,1	14,36/84	7СЗБ Сосна обыкновенная, береза повислая <i>Pinus sylvestris</i> L., <i>Betula pendula</i> Roth.

имеют деревья естественных насаждений: сосна обыкновенная – показатель по высоте колеблется от $17,06 \pm 0,88$ до $19,61 \pm 1,52$ м, а диаметры – от $21,26 \pm 1,28$ до $27,67 \pm 1,86$ см. Высокие параметры отмечаются и у березы повислой в естественных насаждениях – высота от $16,90 \pm 0,70$ до $19,27 \pm 1,16$ м, а диаметр – от $24,15 \pm 0,86$ до $28,73 \pm 0,91$ см.

Следует отметить высокие значения ошибки среднего при определении средних биометрических показателей. В этих случаях наблюдается коэффициент вариации выше 50 %. Это связано с тем, что на 1, 3 и 5 объектах естественные сосновые насаждения неоднородны по возрасту, и поэтому наблюдается большая разбегка по параметрам.

Санитарное состояние сосновых насаждений ослабленное на 3 и 5 объектах, оно колеблется от 2,5 до 2,6 балла. На объекте № 1, который недавно создан, состояние сосны практически хорошее – 1,9 балла. Различие по санитарному состоянию сосны на объекте № 3 (медгородок) и на объекте № 1 (онкологический диспансер) составляет 0,6 балла, оно статистически достоверно ($t_{факт} > t_{0,05}$). Таким образом, сосновые насаждения, находящиеся дли-

тельное время в эксплуатации как зоны рекреации, имеют достоверно худшее санитарное состояние.

Состояние березы в естественных насаждениях на объектах № 1, 2 и 5 значительно лучше, чем сосны. Балл санитарного состояния составляет соответственно 1,6; 1,7 и 1,9. Худшее состояние березы на объекте № 5 связано с высокой полнотой насаждения, оно нуждается в санитарных рубках и прореживании.

На объекте № 4 преобладают посадки наиболее распространенных в озеленении города интродуцентов: тополя бальзамического, клена ясенелистного и яблони ягодной (Сродных, Денекко, 2004). Самые высокие биометрические показатели имеет тополь бальзамический: высота – $21,38 \pm 0,84$ м, диаметр – $37,21 \pm 0,90$ см и удовлетворительное санитарное состояние. Но это крупные деревья первой величины, и они требуют на объектах с ограниченной площадью проведения обрезки формирования. Клен имеет средние размеры и самое хорошее санитарное состояние – $1,6 \pm 0,24$ балла. Это объясняется тем, что на объекте присутствует много поросли клена, которую переводят с помощью обрезки

Таблица 3
Table 3Основные показатели по преобладающим видам деревьев БК
Average values for the predominant trees

№ объекта Object number	Преобладающие виды деревьев The predominant tree species	Средние показатели Average indicators		
		Диаметр ствола на высоте 1,3 м, см The diameter of the trunk at a height of 1,3 m, cm	Высота, м Height, m	Санитарное состояние, балл Sanitary condition, score
1	Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	27,67 ± 1,86	19,61 ± 1,52	1,9 ± 0,31
	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	28,73 ± 0,91	18,11 ± 0,32	1,6 ± 0,14
2	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	26,11 ± 0,79	19,27 ± 1,16	1,7 ± 0,40
	Яблоня ягодная <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh	14,06 ± 1,32	6,84 ± 0,41	2,6 ± 0,32
3	Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	26,98 ± 1,47	21,80 ± 0,69	2,5 ± 0,11
	Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.	14,26 ± 1,24	8,54 ± 1,41	1,6 ± 0,24
4	Яблоня ягодная <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh	16,73 ± 0,67	7,66 ± 0,62	2,3 ± 0,57
	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	37,21 ± 0,90	21,38 ± 0,84	1,8 ± 0,34
5	Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	21,26 ± 1,28	17,06 ± 0,88	2,6 ± 0,41
	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	24,15 ± 0,86	16,90 ± 0,70	1,9 ± 0,23

в деревья третьей величины, но около 30 % насаждений требуют уходных мероприятий – обрезок формирования и удаления поросли.

Площади под зелеными насаждениями в больших комплексах оборудованы в зоны отдыха либо сады и небольшие скверы с местами отдыха, но существует также значительная доля площадей неблагоустроенных, с отсутствием МАФ, без дорожных покрытий.

Рекреационные территории используются преимущественно для прогулок, мест отдыха практически нет. Лучшее благоустройство наблюдается в БК № 1 (онкологическом диспансере), это более новый и современный объект. В плане благоустройства в худшем состоянии находится объект № 2 (противотуберкулезный диспансер), созданный в 1922 г. первоначально как детский диспансер.

Ассортимент насаждений на территориях с естественными массивами (объекты № 1, 2, 3, 5)

довольно однообразен, но это компенсируется качеством состава – преобладают чистые сосновые насаждения VI–VIII классов возраста (объект № 3) или смешанные сосна с березой (объекты № 1 и 5, где примесь березы составляет 10 и 30 % соответственно), которые создают неповторимую лесную обстановку, благотворно действующую на здоровье и психику больных. Однако на 3 и 5 объектах сосна имеет ослабленное состояние – балл 2,6, и доля деревьев к удалению составляет 5 %.

БК с искусственными посадками – объект № 4 и частично объект № 2, обладающий высокой долей (46 %) искусственных насаждений, имеют ассортимент посадок довольно однообразный, представленный преимущественно березой повислой, яблоней ягодной, кленом ясенелистным и тополем бальзамическим. При этом яблоня на обоих объектах находится в ослабленном состоянии и 8 % растений требуют замены.

Выводы

1. Обеспеченность большинства БК площадями с зелеными насаждениями в основном достаточна, по рекомендациям СаНПиНа, лишь один из пяти объектов (городская больница № 1) имеет площадь под зелеными насаждениями на 5 % меньше минимальной площади рекомендаций.

2. На большинстве объектов преобладают чистые или смешанные естественные сосновые насаждения. Состояние сосны в них преобладает удовлетворительное, требуется проведение санитарных рубок с уборкой усыхающих деревьев до 5 %.

3. На этих объектах необходима разработка оптимальных вариантов дорожно-тропиночной сети для снижения антропогенной нагрузки на корневые системы сосновых деревьев, возможно, с привлечением специальных деревянных покрытий. Рекомендуется принять меры по охране существующего подроста сосны или произвести посадку саженцев методом подпологовых культур.

4. На территориях БК с искусственными посадками требуется расширить ассортимент декоративных деревьев и кустарников с включением фитонцидных растений и растений – ионизаторов воздуха.

5. Необходимо поднять на более высокий уровень благоустройство БК – установка МАФ, включая беседки, веранды, специальные дорожные покрытия.

6. В целом озелененные больничные комплексы как объекты ограниченного пользования системы озеленения, несмотря на некоторые недостатки, и в настоящее время играют важную роль в формировании комфортной среды города, выполняя рекреационные, санитарно-гигиенические и оздоровительные функции.

7. Основной целью дальнейшего развития территорий с лесными насаждениями должно стать сохранение и устойчивое развитие лесных массивов на территориях БК.

Список источников

- Аткина Л. И., Агафонова Г. В. Состояние соснового массива в границах Медицинского городка в г. Екатеринбурге // *Journal of Agriculture and Environment*. 2023. № 5 (33). URL: <https://jae.cifra.science/archive/5-33-2023-may/10.23649/JAE.2023.33.1> (дата обращения: 13.05.2024).
- Горчаковский П. Л. Определитель сосудистых растений Среднего Урала. М. : Наука, 1994. 525 с.
- Мамаев С. А. Определитель деревьев и кустарников Урала. Местные и интродуцированные виды. Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2000. 260 с.
- Математические методы в расчетах на ЭВМ : метод. указания к выполнению лаб. работ для студ. бакалавриата по направлению подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», 35.03.01 «Лесное дело», 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» всех форм обучения / сост. А. А. Вайс, А. А. Горошко ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2017. 42 с.
- Методика инвентаризации городских зеленых насаждений. М., 1997. URL: <https://docs.cntd.ru/document/471809197> (дата обращения: 05.05.2024).
- Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 года № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах». Приложение 1. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (дата обращения: 05.05.2024).
- Регламент на работы по инвентаризации и паспортизации объектов озелененных территорий 1-й категории города Москвы. М. : ГУП «Мосзеленхоз»; ФГУП «Институт организационных технологий в жилищно-коммунальном хозяйстве», 2007. 54 с .
- СанПиН 2.1.3.2630-10 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность, 18.05.2010 (ред. от 10.06.2016). С. 3–5. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902217205> (дата обращения: 05.05.2024).
- Сродных Т. Б., Денеко В. Н. Ассортимент древесно-кустарниковых видов в озеленении г. Екатеринбурга // *Леса Урала и хозяйство в них* : сб. науч. тр. / М-во образования и науки РФ, Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2004. Вып. 25. С. 151–159.

Тагирова О. В. Относительное жизненное состояние насаждений березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях Уфимского промышленного центра: изменения за период 2010–2022 гг. // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 83–92.

References

- Atkina L. I., Agafonova G. V. The state of the pine massif within the boundaries of the Medical campus in Yekaterinburg // Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 5 (33). URL: <https://jae.cifra.science/archive/5-33-2023-may/10.23649/JAE.2023.33.1> (accessed 13.05.2024). (In Russ.)
- Decree of the Government of the Russian Federation dated December 9, 2020 № 2047 “On approval of the Rules of sanitary safety in forests”. Appendix 1. [Electronic resource] URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (accessed 05.05.2024). (In Russ.)
- Gorchakovskiy P. L. Determinant of vascular plants of the Middle Urals Moscow : Nauka, 1994. 525 p. (In Russ.)
- Матаев С. А. Детерминант деревьев и кустарников Урала.Native and introduced species. Yekaterinburg : Publishing House of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2000. 260 p.
- Mathematical methods in computer calculations : method. instructions for performing the lab. works for undergraduate students in the field of training 20.03.02 “Environmental management and water use”, 35.03.01 “Forestry”, 35.03.10 “Landscape architecture” of all forms of education / comp. : A. A. Weiss, A. A. Goroshko ; SibGU named after M. F. Reshetnev. Krasnoyarsk, 2017. 42 p.
- Methodology of inventory of urban green spaces. Moscow, 1997. URL: <https://docs.cntd.ru/document/471809197> (accessed 05.05.2024). (In Russ.)
- Regulations for the work on inventory and certification of objects of green areas of the 1st category of the city of Moscow. Moscow : SUE “Moszelenkhov”; FSUE “Institute of Organizational Technologies in Housing and Communal Services”, 2007. 54 p.
- SanPiN 2.1.3.2630–10 Sanitary and epidemiological requirements for organizations engaged in medical activities, 18.05.2010, (ed. from 10.06.2016). P. 3–5. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902217205> (accessed 05.05.2024).
- Srodnykh T. B., Deneko V. N. Assortment of tree and shrub species in the landscaping of Yekaterinburg // Forests of the Urals and the economy in them : collection of scientific tr. / Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Ural State Forest Univ. Yekaterinburg, 2004. Issue 25. P. 151–159. (In Russ.)
- Тагирова О. В. The relative vital state of hanging birch (*Betula pendula* Roth) plantations in the conditions of the Ufa industrial center: changes over the period 2010–2022 // Forests of Russia and agriculture in them. 2024. № 1 (88). P. 83–92. (In Russ.)

Информация об авторах

М. В. Лопатин – магистр;

Т. Б. Сродных – доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

M. V. Lopatin – master’s degree;

T. B. Srodnykh – Professor of Agricultural Sciences, Associate Professor

Статья поступила в редакцию 30.05.2024; принята к публикации 15.09.2024.

The article was submitted 30.05.2024; accepted for publication 15.09.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 55–62.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 55–62.

Научная статья

УДК 712.2

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.006

СОСТАВ И СТРУКТУРА ОЗЕЛЕНЕНИЯ ХРАМОВОГО КОМПЛЕКСА ВО ИМЯ ЦЕЛИТЕЛЯ ПАНТЕЛЕИМОНА ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

Людмила Ивановна Аткина¹, Елена Витальевна Москаленко²

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

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

² moskalenkoev@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0009-0009-6485-1895>

Аннотация. Цель работы – оценка видового состава и санитарного состояния насаждений и цветочного оформления территории храмового комплекса во имя Целителя Пантелеимона г. Екатеринбурга. Для этого рассмотрен видовой состав и структура деревьев на территории храма, а также кустарников и травянистых растений, формирующих входную зону храмового комплекса. На территории храма проведена подеревная инвентаризация древесно-кустарниковых насаждений. Виды декоративных однолетних растений определялись по специализированным каталогам. Также дана характеристика окружающего лесного массива. Установлено, что видовой состав древесного яруса насаждений на прихрамовой территории представлен 12 видами, среди которых преобладают *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, *Populus balsamifera* L. и *Ulmus laevis* Pall. Насаждения находятся в удовлетворительном состоянии, произрастающие деревья обладают начальными признаками ослабления, крона разреженная, хвоя или листва светло-зеленая, прирост уменьшен, но не более чем наполовину, наблюдаются отдельные признаки местного повреждения ствола и корневых лап, ветвей, наличие механических повреждений и небольших дупел, не угрожающих жизни дерева. Кроме существующего массива сосняка, изучены посадки растений интродуцентов: *Malus niedzwetzkyana* Diec ex Koehne; *Malus baccata* L. Borkh.; *Quercus robur* L.; *Picea pungens* Engle, *Blue Diamond*; *Tilia cordata* Mill. Из кустарников преобладают различные виды спирей: *Spiraea japonica* L., *Spiraea* × *vanhouttei* (Briot) Zabel, *Spiraea* × *cinerea* Zabel, *Rosa rugosa* Thunb, *Cotoneaster lucidus* Schltldl. Декоративные травянистые многолетники *Hosta sieboldiana* (Hook.), *Paeonia officinalis* L., *Anemone nemorosa* L., *Bergenia crassifolia* L., Fritsc, *Aquilegia vulgaris* L. формируют декоративный пояс вокруг храмовых построек. В целом территория храмового комплекса носит облик благоустроенного лесного парка благодаря большой доле естественных насаждений.

Ключевые слова: храмовый комплекс, прихрамовая территория, древесные и кустарниковые растения, сосновый массив, декоративные посадки

Для цитирования: Аткина Л. И., Москаленко Е. В. Состав и структура озеленения храмового комплекса во имя Целителя Пантелеимона города Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 55–62.

Original article

THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE LANDSCAPING OF THE TEMPLE COMPLEX IN THE NAME OF THE HEALER PANTELEIMON OF YEKATERINBURG

Ludmila I. Atkina¹, Elena V. Moskalenko²

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

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

² moskalenkoev@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0009-0009-6485-1895>

Abstract. The purpose of the work is to assess the species composition and sanitary condition of plantings and flower decoration of the territory of the temple complex in the name of the Healer Panteleimon of the city of Yekaterinburg. For this, the species composition and structure of woody, shrubby and herbaceous plants that form the entrance zone of the temple complex are considered. On the territory of the temple, a tree-by-tree inventory of tree and shrub plantings was carried out. Types of ornamental annual plants were determined according to specialized catalogs. The characteristics of the surrounding forest area are also given. It was found that the species composition of the tree tier of plantings on the temple territory is represented by 12 species, among which *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, *Populus balsamifera* L. and *Ulmus laevis* Pall predominate. The plantings are in satisfactory condition, the growing trees have initial signs of weakening, the crown is sparse, the needles or foliage are light green, the growth is reduced, but not more than half, there are individual signs of local damage to the trunk and root paws, branches, the presence of mechanical damage and small hollows that do not threaten the life of the tree. In addition to the existing pine forest, plantings of introduced plants were studied: *Malus niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne; *Malus baccata* (L.) Borkh.; *Quercus robur* L., *Picea pungens* ENGELM. Blue Diamond; *Tilia cordata* Mill. The shrubs are dominated by various species of *Spiraea* *Spiraea japonica* L., *Spiraea* × *vanhoutei* (Briot) Zabel, *Spiraea* × *cinerea* Zabel, wrinkled rose *Rosa rugosa* Thunb, brilliant dogwood *Cotoneaster lucidus* Schlttdl. Ornamental herbaceous perennials *Hosta sieboldiana* (Hook.), *Paeonia officinalis* L., *Anemone nemorosa* L., *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch, *Aquilegia vulgaris* L. form a decorative belt around temple buildings. In general, the territory of the temple complex has the appearance of a well-maintained forest park, thanks to a large proportion of natural plantings.

Keywords: temple complex, temple area, tree and shrub plants, pine forest, decorative plantings

For citation: Atkina L. I., Moskalenko E. V. Composition and structure of landscaping of the temple complex in the name of the Healer Panteleimon in the city of Yekaterinburg // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 56–63.

Введение

Более 50 храмовых комплексов расположены практически во всех частях г. Екатеринбурга. Возрождение православной культуры и традиций непосредственно связано с их благоустройством. Благоустроенная территория вокруг храма как бы отделяет его от внешнего мира, формируя особый островок духовной жизни (Украинцева, 2021; Ланкина, Ланкин, 2013; Быкова и др., 2016), который

привлекает множество посетителей. Ранее авторами была проведена классификация храмовых комплексов исходя из их размеров (Аткина, 2019). Но, как и все современные религиозные объекты, храмовые комплексы Екатеринбурга можно разделить на три категории. Первая – объекты, которые внедрены в окружающую городскую застройку, нет ни ограждения, ни визуальных границ, а окружающее храм оформление сливается с городским

пейзажем. Вторая крупная категория – храмовые комплексы, территориям которых свойственны черты исторического парка, и третья – храмы, расположенные в окружении лесных массивов. Последняя категория очень неоднородна по уровню благоустройства территории, что связано со сложностью создания и содержания объектов на окраинных городских территориях в зоне городских лесов. Нет четкости и в понимании принадлежности прихрамовых территорий к той или иной группе озеленения исходя из режима пользования.

Объект изучения, Храм во имя Целителя Пантелеимона, расположен по адресу: Екатеринбург, ул. Лучевая, строение 35, и основан в 1993 г. Первоначально, в 90-х годах, он существовал как часть больничного комплекса в помещении бывшего второго женского отделения. Но с 2002 г. началось строительство храма на прилегающей к больнице территории – крупного однокупольного здания с шатровой колокольней и примыкающих к храму помещений различного назначения (трапезной, библиотеки, церковной лавки). Храм соединен с частной образовательной гимназией имени Святейшего Патриарха Алексия Второго, поэтому на территории всегда много детей школьного возраста. Общая площадь прихрамовой территории – 1,2 га. Окружающие храм насаждения относятся к категории городских лесов и когда-то были частью крупного лесного массива лесного парка им. Первых лесоводов России (рис. 1).

Цель, объекты и методика исследований

Цель исследований – на основе характеристики насаждений и степени благоустройства территории определить категорию храмового комплекса во имя Целителя Пантелеимона как объекта городского озеленения и типа паркового пространства.

По картографическим материалам и натурному обследованию определен баланс площадей различных элементов благоустройства территории: озеленения, дорожно-тропиночной сети, застройки. Описаны декоративные травянистые растения, используемые для оформления. При уточнении видовой принадлежности растений использованы соответствующие определители (Мамаев, Кожевников, 2006; Шиканян, 2022). Санитарное состояние деревьев установлено по критериям «Правил санитарной безопасности в лесах».

Результаты и их обсуждение

Наибольшую долю от общей территории храма занимает площадь под застройкой и мощением – 58 %, из них под дорогами и площадками различного назначения – почти 38 % а, соответственно, озелененная площадь – 42 %. Баланс территории совпадает с рекомендуемыми инструкциями: СП 391.1325800.2017 «Храмы православные. Правила проектирования», СП 258.1311500.2016 «Объекты религиозного назначения. Требования пожарной безопасности».

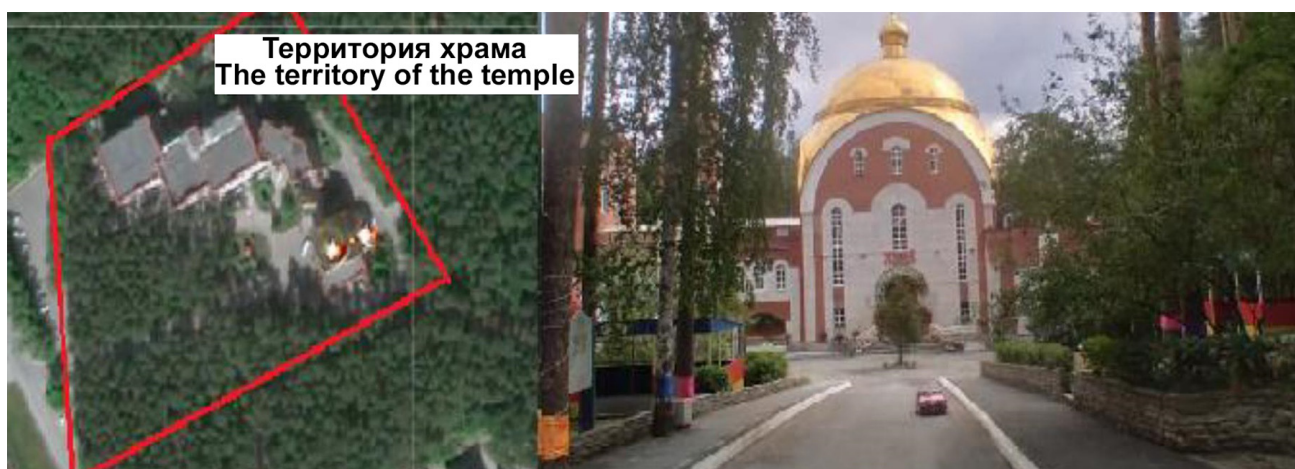


Рис. 1. Размещение храма в лесном массиве (красная линия – границы храмового комплекса) и основной вид храма во имя Целителя Пантелеимона
Fig. 1. Placement of the temple in a forest area (the red line is the boundaries of the temple complex) and the main view of the temple in the name of the Healer Panteleimon

Площадь под мощением значительна и говорит о благоустройстве территории комплекса как объекта рекреации. Все площадки укомплектованы садовой мебелью и соответствующим оборудованием.

Озелененная территория практически полностью (85 % площади) занята древесными насаждениями – 355 экз. Преобладают сохранившиеся фрагменты природных сосняков. На участках, примыкающих к входной зоне и окружающей храм площадке, произрастают также декоративные рас-

тения, деревья и кустарники. В табл. 1 представлен видовой состав и санитарное состояние деревьев. Всего установлено 12 видов деревьев.

Среди деревьев естественного происхождения преобладают сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L. (75 %) и береза повислая *Betula pendula* Roth. (11 %), среди высаженных при благоустройстве территории – тополь бальзамический *Populus balsamifera* L. (7 %), что характерно для парков г. Екатеринбурга (рис. 2).

Таблица 1
Table 1

Видовой состав деревьев на прихрамовой территории
Species composition of trees in the temple area

№	Вид растения / Plant type	I	II	E	B
1	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	253	2	+	
3	Береза повислая (<i>Betula pendula</i> Roth)	36	3	+	
4	Тополь бальзамический (<i>Populus balsamifera</i> L.)	23	3		+
5	Вяз гладкий (<i>Ulmus laevis</i> Pall.)	18	2		+
6	Ель сибирская (<i>Picea obovata</i> Ledeb.)	10	2	+	
7	Клен ясенелистный (<i>Acer negundo</i> L.)	3	2		+
8	Яблоня Недзвецкого (<i>Malus niedzwetzkyana</i> Dieck ex Koehne)	4	2		+
9	Яблоня ягодная (<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.)	4	2		+
10	Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.)	1	3		+
11	Ель колючая (форма голубая) (<i>Picea pungens</i> ENGELM. <i>Blue Diamond</i>)	2	2		+
12	Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	1	2		+
	Всего / средний балл санитарного состояния Total / average score of sanitary condition	355	2,1		

Примечание. I – количество, экз.; II – средний балл санитарного состояния; E – деревья естественных насаждений, B – деревья, высаженные при благоустройстве.

Note. I – number, specimens; II – average score of sanitary condition; E – trees of natural plantings, B – trees planted during landscaping

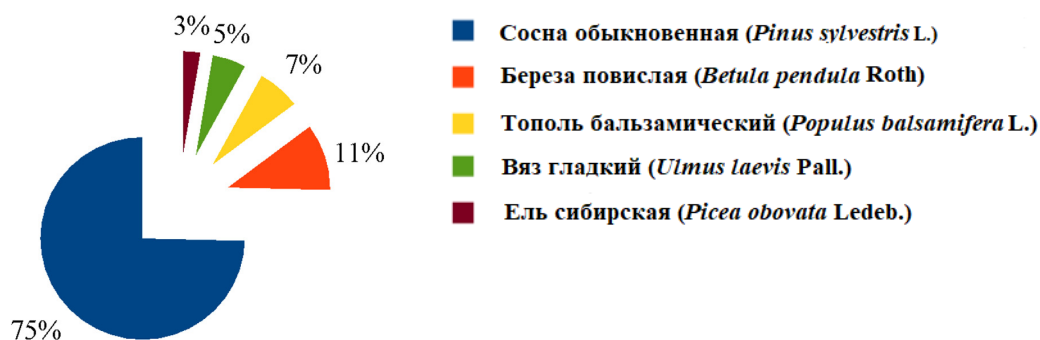


Рис. 2. Баланс преобладающих видов древостоя на прихрамовой территории
Fig. 2. Balance of predominant tree species in the temple area

Кустарников на территории почти в три раза меньше, чем деревьев (табл. 2). Это связано с особенностями планировочного решения, обусловленного размещением храма в лесном массиве. Все кустарники были высажены при создании объекта.

На основании значений средних баллов санитарного состояния можно сделать вывод, что насаждение находится в хорошем состоянии, тем не менее многие деревья обладают начальными признаками ослабления: крона разреженная, хвоя или листва светло-зеленая, прирост уменьшен, отмечено наличие механических повреждений и не-

больших дупел. Деревья, оставшиеся на территории от исходного сосняка, показывают большую устойчивость, чем вновь высаженные (Перспективные формы..., 2021).

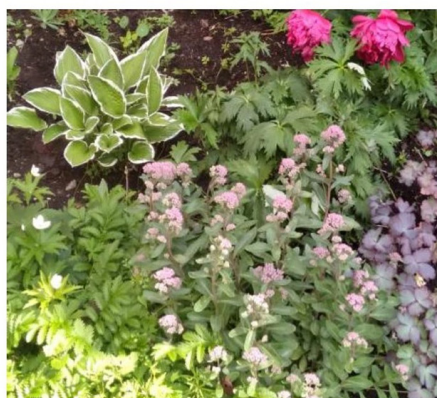
Из кустарников преобладают различные виды спирей *Spiraea japonica* L., *Spiraea* × *vanhouttei* (Briot) Zabel, *Spiraea* × *cinerea* Zabel (46 %), роза морщинистая *Rosa rugosa* Thunb (16 %), кизильник блестящий *Cotoneaster lucidus* Schldtl (10 %). Спиреи, как правило, размещаются в композициях с многолетними травянистыми декоративными растениями вдоль стен храма (рис. 3), образуя

Таблица 2

Table 2

Видовой состав кустарников на прихрамовой территории храма во имя Целителя Пантелеимона
Species composition of shrubs on the temple grounds of the temple in the name of the Healer Panteleimon

№	Вид растения / Plant type	I	II
1	Спиреи (японская, Вангутта, серая) (<i>Spiraea japonica</i> L., <i>Spiraea</i> × <i>vanhouttei</i> (Briot) Zabel, <i>Spiraea</i> × <i>cinerea</i> Zabel)	46	2
2	Роза морщинистая (<i>Rosa rugosa</i> Thunb)	16	2
3	Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	10	2
4	Барбарис Тунберга (<i>Spiraea</i> × <i>cinerea</i> Zabel)	8	2
5	Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	6	2
6	Кизильник блестящий (<i>Cotoneaster lucidus</i> Schldtl.)	13	2
	Всего / средний балл санитарного состояния Total / average score of sanitary condition	99	2



а



б



в

Рис. 3. Декоративные композиции вдоль стен храма из хосты *Hosta* Tratt., спиреи *Spiraea* L., пионов *Paeonia* L., водосбора *Aquilegia* L., ветреницы *Anemone* L. (а, б) и оформление входной арки ампельной формой пеларгонии зональной *Pelargonium zonale* L. (в)

Fig. 3. Decorative compositions along the walls of the temple from hosta *Hosta* Tratt., spirea *Spiraea* L., peonies *Paeonia* L., columbine *Aquilegia* L., anemone *Anemone* L. (a, б). And the design of the entrance arch with the ampelous form of zonal pelargonium *Pelargonium zonale* L. (в)

декоративную ленту, окаймляющую здание. Всего на территории установлено произрастание 15 видов цветущих и декоративно-лиственных травянистых растений, из них только 5 видов многолетние: *Hosta sieboldiana* (Hook.), *Paeonia officinalis* L., *Anemone nemorosa* L., *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch, *Aquilegia vulgaris* L. Все растения в хорошем состоянии, цветут, облик соответствует тому, который заявлен в сортовых каталогах. Из однолетних преобладают *Tagetes erecta* L. и *Petunia x hybrida* Hort. ex Vilm., что совпадает с тенденцией цветочного оформления городских объектов. Очень нарядно с учетом канонов храмовой флористики (Москаленко, 2022) украшена входная группа храма, которая является переходом к внутреннему флористическому убранству. Верхняя часть арки – гирлянда с использованием как искусственных, так и живых цветов, а боковые вертикальные композиции представлены живыми растениями: пеларгонией зональной ампельной формы *Pelargonium zonale* L. с цветками розового и красного цветов (см. рис. 3).

Выводы

В результате исследования планировочной структуры и состояния озеленения прихрамовой территории можно утверждать, что элементы благоустройства сосредоточены вблизи застроек, а основой озеленения территории храма является сосновый бор, в котором преобладает сосна обыкновенная.

Показатели баланса территории отвечают требованиям как нормативной документации по формированию религиозных учреждений, так и нормам парковых объектов. В настоящее время объекты ограниченного пользования определены следующим перечнем: насаждения на жилых территориях (за исключением садов микрорайонов), насажде-

ния на территориях детских и учебных заведений, спортивных и культурно-просветительных учреждений, общественных и учреждений здравоохранения, при клубах, Дворцах культуры, при научно-исследовательских учреждениях, на территориях санитарно-безвредных предприятий промышленности. На основе проведенных исследований можно утверждать, что по своим функциям прихрамовая территория должна быть отнесена также к объектам ограниченного пользования санитарно-гигиенического и эстетического назначения (Романова, 2016; Нилова, Блох, 2022), расширив тем самым существующий перечень.

За 30 лет существования храма прилегающий сосновый массив сохранился в хорошем состоянии. В настоящее время по своим характеристикам этот объект может быть отнесен к категории благоустроенных лесных парков, т. е. расположенный в черте города лесной массив естественного или частично искусственного происхождения, служащий для кратковременного отдыха.

При благоустройстве прихрамовой территории был перенесен стандартный опыт работы с городскими парками, в то время как прихрамовая территория должна способствовать настрою людей на молитвенное состояние и созерцательность. Основная задача работы с развитием благоустройства и озеленения прилегающей территории состоит в дальнейшем осмыслении пейзажа как части храма. Как писал Н.М. Тарабукин (цит. по Ю.А. Асоян, 2017): «Пейзаж призван выполнять великую миссию – восстановление отпавшей природы и возвращение ее к Богу. Или говоря иначе: простой декоративности композиций недостаточно, пейзаж должен быть символическим, в том смысле, что символ является религиозным осмыслением реального».

Список источников

- Асоян Ю.А. Теория художественных пространств Николая Тарабукина: 1920-е гг. Новое искусство и культура XX в. // Вестник РГГУ. 2017. № 9. С. 82–97.
- Аткина Л.И. Баланс территорий храмовых комплексов Екатеринбурга // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики : матер. XII Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2019. С. 267–269.

- Быкова Ю. С., Тюкленкова Е. П., Чурсин А. И. Развитие и благоустройство прихрамовых территорий с учетом сложившихся православных традиций в Пензенской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10. С. 273–277.
- Ланкина Е. Е., Ланкин В. Г. Православная духовная традиция сегодня: грани воссоздания // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2013. № 4 (12). С. 212–221.
- Мамаев С. А., Кожевников А. П. Деревья и кустарники Среднего Урала. Екатеринбург : УрО РАН, 2006. 272 с.
- Москаленко Е. В. Основные приемы цветочного оформления храмов // Ландшафтная архитектура: традиции и современность : матер. Всерос. науч-практ. конф. Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2022. С. 121–126.
- Нилова О. В., Блох В. Г. Анализ озеленения прихрамовой территории церкви святого Георгия в г. Давид-Городке // Universum : технические науки: электрон. науч. журн. 2022. № 1 (94). URL : <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12941> (дата обращения: 23.08.2023).
- Перспективные формы хвойных древесных растений для озеленения г. Екатеринбурга / М. В. Коростелева, Я. А. Крекова, С. В. Залесов, А. С. Оплемаев // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. С. 124–130. № 1–2 (103). DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.1.047
- Романова А. Б. Проблемы в озеленении территории храма Рождества Христова в г. Красноярске // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2016. Т. XIX. № XIX (ч. 1). С. 92–96.
- Свод правил СП 258.1311500.2016. Объекты религиозного назначения. Требования пожарной безопасности : утв. приказом Министерства чрезвычайных ситуаций РФ от 23.11.2016 г. № 615/пр. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_LAW_212120 (дата обращения: 23.08.2023).
- Свод правил СП 391.1325800.2017. Храмы православные. Правила проектирования. URL: https://www.consultant.ru/eaw/podborki/sp_hramy/ (дата обращения: 23.08.2023).
- Украинцева А. В. Современная православная церковная архитектура России : проблемы научных исследований // Урбанистика. 2021. № 2. С. 44–58. DOI: 10.7256/2310-8673.2021.2.31821
- Шиканян Т. Д. Большая иллюстрированная энциклопедия ландшафтного дизайна. М. : АСТ, 2022. 224 с.

References

- Asoyan Yu. A. The theory of artistic spaces by Nikolai Tarabukin: the 1920s. New art and culture of the XX century // Bulletin of the Russian State State University Publishing House of the Russian Gum. Unita, 2017. № 9. P. 82–97. (In Russ.)
- Atkina L. I. The balance of the territories of the temple complexes of Yekaterinburg // Forest science in the implementation of the concept of the Ural engineering school: socio-economic and environmental problems of the forest sector of the economy : mater. XII International Scientific and Technical conf. Yekaterinburg, 2019. P. 267–269. (In Russ.)
- Bykova Y. S., Tyuklenkova E. P., Chursin A. I. Development and improvement of temple territories taking into account the established Orthodox traditions in the Penza region // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. № 10. P. 273–277. (In Russ.)
- Lankina E. E., Lankin V. G. The Orthodox spiritual tradition today: the facets of reconstruction // Bulletin of Tomsk State University of Cultural Studies and Art History. 2013. № 4 (12). P. 212–221. (In Russ.)
- Mamaev S. A., Kozhevnikov A. P. Trees and shrubs of the Middle Urals. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2006. 272 p.
- Moskalenko E. V. Basic techniques of floral decoration of temples // Landscape architecture: traditions and modernity : materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Yekaterinburg : Publishing House of the Ural State Forestry Institute. Unita, 2022. P. 121–126. (In Russ.)

- Nilova O. V., Bloch V. G.* Analysis of landscaping of the temple territory of the Church of St. George in David-Gorodok // *Universum : technical sciences: electron. scientific journal.* 2022. № 1 (94). URL : <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12941> (accessed 23.08.2023).
- Promising forms of coniferous woody plants for landscaping in Yekaterinburg / *M. V. Korosteleva, Ya. A. Krekova, S. V. Zalesova, A. S. Opletaev* // *International Scientific Research Journal.* 2021. From 124–130. № 1–2 (103). DOI:10.23670/IRJ.2021.103.1.047
- Romanova A. B.* Problems in landscaping the territory of the Church of the Nativity in Krasnoyarsk // *Fruit growing, seed production, introduction of woody plants.* 2016. Vol. XIX. № XIX (part 1). P. 92–96. (In Russ.)
- Shikanyan T. D.* The Great Illustrated Encyclopedia of landscape design. Moscow : AST Publishing House, 2022. 224 p.
- The code of rules of SP 258.1311500.2016. Objects of religious purpose. Fire safety requirements : Approved. By Order of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation dated 23.11.2016 № 615/ave. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_LAW_212120 (accessed 23.08.2023).
- The Code of rules of SP 391.1325800.2017. Orthodox churches. Design rules. Approved by. URL: https://www.consultant.ru/eaw/podborki/sp_hramy/ (accessed 23.08.2023).
- Ukrainitseva A. V.* Modern Orthodox Church architecture of Russia : problems of scientific research // *Urbanistics.* 2021. № 2. P. 44–58. DOI: 10.7256/2310-8673.2021.2.31821 (In Russ.)

Информация об авторах

Л. И. Аткина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Е. В. Москаленко – аспирант, ассистент.

Information about the authors

L. I. Atkina – Doctor of Science (Agriculture), Professor;
E. V. Moskalenko – postgraduate student, Assistant at the Chair.

Статья поступила в редакцию 05.02.2024; принята к публикации 19.10.2024.
The article was submitted 05.02.2024; accepted for publication 19.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 63–70.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 63–70.

Научная статья

УДК 712.42

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.007

СРОКИ ЦВЕТЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ МНОГОЛЕТНИКОВ В ПАРКЕ ЖИЛОГО РАЙОНА СОЛНЕЧНЫЙ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

Юлия Евгеньевна Демченко¹, Галина Виленовна Агафонова²

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

¹ demchenkoyulie@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6642-3967>

² agafonovagv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4211-2572>

Аннотация. Цветники являются неотъемлемой частью озелененных территорий, выполняют акцентную роль в композиции. В последнее время при подборе ассортимента большое внимание уделяется декоративным многолетникам, из них составляют композиции свободных форм постоянного цветения. В Екатеринбурге есть несколько реализованных проектов с цветниками данного типа. Для дальнейшего развития исследуемого направления в озеленении необходимо определить успешность этих проектных решений в части обеспечения живописности проектируемых элементов цветочного оформления. В статье представлена оценка декоративности объединенных в единый массив цветников на территории парка, разбитого в жилом районе Солнечный в Екатеринбурге. Выявлено 17 видов декоративных многолетников, среди которых красивоцветущих 6 видов, декоративно-лиственных – 5, злаков – 4, душистых трав – 2 вида. Максимальная декоративность объекта наблюдается в июне-июле, бурно нарастая во время цветения большей части растений. Ранне- и позднецветущие многолетники представлены в меньшей степени, из-за чего живописность в этот период выражена слабо. Недостаточно видов с обильным, колоритным, но краткосрочным цветением. Их наличие наполняет объект множеством акцентов, в полной мере демонстрируя всю красоту и привлекательность цветочного оформления парка. Полностью отсутствуют почвопокровные растения, которые не только служат фоном, но и обеспечивают декоративный вид объекта при отсутствии цветения средних и высокорослых растений, дополнительно закрывая открытые участки поверхности цветника. Выводы, представленные в настоящей статье, во многом согласуются с данными исследований значительного количества авторов, которые изучали состояние цветочного оформления в различных городах Российской Федерации.

Ключевые слова: декоративные многолетники, цветники, цветение, жилой район Солнечный

Для цитирования: Демченко Ю. Е., Агафонова Г. В. Сроки цветения декоративных многолетников в парке жилого района Солнечный г. Екатеринбург // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 63–70.

Original article

THE TIMING OF FLOWERING OF ORNAMENTAL PERENNIALS IN THE PARK OF THE SOLNECHNY RESIDENTIAL AREA OF YEKATERINBURG

Yulia E. Demchenko¹, Galina V. Agafonova²

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

¹ demchenkoyulie@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6642-3967>

² agafonovagv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4211-2572>

Abstract. Flower beds are an integral part of green areas, perform an accent role in the composition. Recently, when selecting the assortment, much attention has been paid to decorative perennials, which make up compositions of free forms of permanent flowering. In Yekaterinburg there are several implemented projects with flower beds of this type. For further development of the studied direction in landscape design, it is necessary to determine the success of these design solutions in terms of ensuring the picturesqueness of the designed elements of floral decoration. The article presents an assessment of the decorative nature of flower beds united in a single array on the territory of the park located in the residential area Sunny in Yekaterinburg. 17 species of ornamental perennials have been identified, including 6 species of beautiful-flowering, 5 decorative leafy species, 4 cereals and 2 types of aromatic herbs. The maximum decorative effect of the object is observed in June-July, rapidly increasing during the flowering of most plants. Early flowering and late-flowering perennials are represented to a lesser extent, which is why the picturesqueness during this period is poorly expressed. There are not enough species with abundant, colorful, but short-term flowering. Their presence fills the object with a variety of accents, fully demonstrating the beauty and attractiveness of the floral design of the park. There are completely no ground cover plants, which not only serve as a background, but also provide a decorative appearance of the object in the absence of flowering medium- and tall plants, additionally covering open areas of the flower garden surface. The conclusions presented in this article are largely consistent with the research data of a significant number of authors who studied the state of floral decoration in various cities of the Russian Federation.

Keywords: decorative perennials, flower beds, blossom, residential area Solnechny

For citation: Demchenko Yu. E., Agafonova G. V. The timing of flowering of ornamental perennials in the park of the Solnechny residential area of Yekaterinburg // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 63–70.

Введение

В последнее время г. Екатеринбург активно растет и развивается: создаются новые жилые районы, парки, больничные комплексы, образовательные учреждения. В проектировании появляются новые подходы, касающиеся структуры районов, планировки объектов, ассортимента озеленения и др. Подходы к созданию цветочного оформления также меняются.

В современной России большой популярностью пользуются цветники из декоративных многолетников. Из них формируют различные по площади и конфигурации пейзажные компози-

ции непрерывного цветения. Они стали универсальными: их располагают и на солнечных участках, и в тени; в парках и на перекрестках улиц; придают им смысл, формируя определенный образ и темы (цветник душистых трав и др.).

На сегодняшний день в Екатеринбурге есть несколько реализованных проектов с цветниками данного типа. Например, цветочное оформление парка жилого района Солнечный. Объект был сдан в 2017 г., и в настоящее время можно сделать выводы об успешности этих проектных решений в части обеспечения декоративности. Главным критерием оценки в этом случае являются сроки

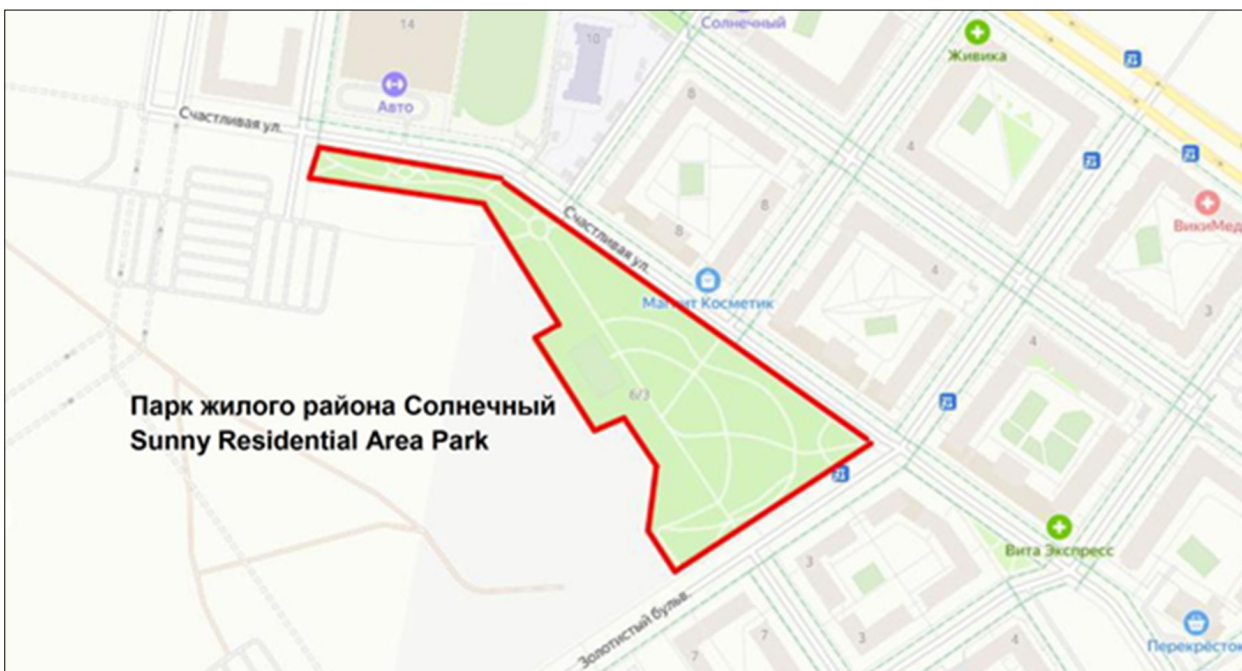
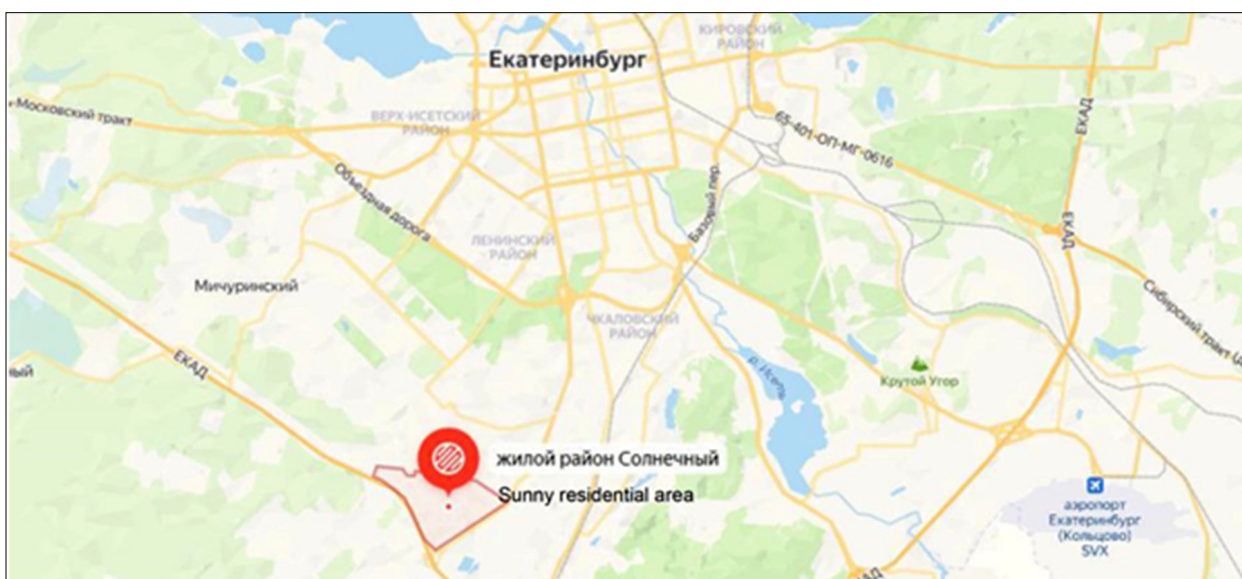
и продолжительность цветения используемых растений. Полученный результат позволит улучшить ассортимент при создании и реконструкции соответствующих композиций в городской среде.

Объект и методика исследования

Объектом исследования являются цветники парка жилого района Солнечный в Екатеринбурге. Территория расположена на юге города, в Чкаловском районе, в границах продолжения улицы

2-я Новосибирская и Екатеринбургской кольцевой автодороги (ЕКАД) (рисунок).

В 2015 г. был сдан первый дом, и в настоящее время строительство не завершено. В 2023 г. район одержал победу в федеральном конкурсе «Топ ЖК» и получил премию за лучшую спортивную инфраструктуру (Победа..., 2023). Район имеет развитую сеть пешеходных и вело-маршрутов, закрытые от машин дворы оснащены современными спортивными площадками, а в парке расположен стадион, который зимой используется в качестве катка.



Расположение объекта в границах города и улиц
The location of the object within the boundaries of the city and streets

Парк открылся в две очереди: в 2017 и 2021 гг. В 2019 г. получил диплом Российской национальной премии по ландшафтной архитектуре в номинации «Лучший реализованный объект комплексного благоустройства жилой среды».

На данный момент площадь парка составляет 30 га. Он находится в границах улиц Счастливая и Золотистый бульвар. С юга и запада свободное пространство, там планируется многоэтажная застройка. В парке есть несколько детских площадок, спортивный стадион, площадка для выгула собак, маршруты для тихого отдыха.

В озеленении представлено большое количество древесно-кустарниковых видов, в том числе множество интродуцентов. Значительное внимание уделено цветочному оформлению, оно занимает около 880 м². Цветники интегрированы в систему насаждений: массивы многолетников располагаются по соседству с кустарниковыми группами, под деревьями вместо отсыпки или газона, а также вокруг скамеек и площадок.

Исследования проводились с использованием Методики фенологических наблюдений в ботанических садах СССР (1975). Вид растения устанавливался с помощью открытого атласа растений Плантаариум (2023).

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного исследования в парке было изучено несколько цветников свободной конфигурации общей площадью 880 м². Всего было установлено 17 видов декоративных многолетников. Широко представлены декоративные формы злаков: вейник наземный (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), вейник остроцветковый (*Calamagrostis × acutiflora* (Schrad.) Rchb.), луговик дернистый (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.); душистые травы: котовник Фассена (*Nepeta × faassenii Bergmans ex Stearn*), шалфей дубравный (*Salvia nemorosa* L.); а также красивоцветущие: вероникаструм виргинский (*Veronicastrum virginicum* (L.) Farw.), дербенник иволистный (*Lythrum salicaria* L.), ирис бородачатый (*Iris variegata* L.), ирис сибирский (*Iris sibirica* L.), лилейник гибридный (*Hemerocallis × hybrida Hort. ex Bergmans*), очиток видный (*Hylotelephium*

spectabile (Boreau) H. Ohba); и декоративно-лиственные многолетники: бадан сердцелистный (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch), кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth), ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), бузульник Пржевальского (*Ligularia przewalskii* (Maxim.) Diels), хоста белоокаймленная (*Hosta albomarginata* (Hook.) Ohwi).

Куртины каждого вида встречались по несколько раз в составе того или иного цветника. Из-за их одинакового облика и равномерного размещения было решено рассматривать все цветники как единое целое.

Все высшие растения зацвели и поддерживали живописность объекта на протяжении всего вегетационного периода. Весенняя декоративность обеспечивалась благодаря раннецветущим видам, таким как бадан сердцелистный (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch) и ландыш майский (*Convallaria majalis* L.). Период максимальной декоративности по причине одномоментного цветения разных групп декоративных многолетников был зафиксирован с середины июня по середину июля. В это время зацвело множество красивоцветущих видов, ароматных трав и злаков (таблица).

С начала августа акцентами становятся злаковые травы: они переходят в стадию формирования семян и их колоски возвышаются над другими растениями, вследствие чего они более заметны в цветнике, чем продолжающие цвести котовник Фассена (*Nepeta × faassenii Bergmans ex Stearn*) и шалфей дубравный (*Salvia nemorosa* L.). В это же время зацветает очиток видный (*Hylotelephium spectabile* (Boreau) H. Ohba), дополняя цветник новыми красками и усиливая его декоративность. В таком виде цветник остается до конца сентября, когда повторно зацветает бадан сердцелистный (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch) (см. таблицу).

При использовании указанного ассортимента непрерывное цветение объекта наблюдается не в полной мере. Во-первых, можно отметить малое количество раннецветущих видов, большую часть которых составляют мелколуковичные растения (представители родов крокус (*Crocus*), мускари (*Muscari*), белоцветник (*Leucojum*), галантус (*Galanthus*)). По этой причине декоративность в весенний период выражена слабо.

График фенологического состояния генеративных побегов декоративных многолетников
Graph of the phenological state of generative shoots of ornamental perennials

Условные обозначения:

– нет генеративного развития
there is no generative development

Ц² – окончание цветения
the end of flowering

Б – бутонизация
budding

Пл¹ – завязывание плодов и семян
formation of fruits and seeds

Ц¹ – начало цветения
beginning of flowering

Пл² – зрелые плоды и семена
mature fruits and seeds

Вид Name	Май May			Июнь June			Июль July			Август August			Сентябрь September		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Бадан сердцелистный <i>Bergenia crassifolia</i> (L.) Fritsch	Б	Ц ¹	Ц ²	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹
Бузульник Пржевальского <i>Ligularia przewalskii</i> (Maxim.) Diels	–	–	–	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	–	–	–	–	–
Вейник наземный <i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	–	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	Пл ¹	Пл ¹	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²
Вейник остроцветковый <i>Calamagrostis × acutiflora</i> (Schrad.) Rchb.)	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ²	Пл ¹	Пл ¹	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²
Вероникаструм виргинский <i>Veronicastrum virginicum</i> (L.) Farw.	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	Ц ²	–	–	–	–	–
Дербенник иволистный <i>Lythrum salicaria</i> L.	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	Ц ²	Ц ²
Ирис бородатый <i>Iris variegata</i> L.	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	–	–	–	–	–	–	–	–
Ирис сибирский <i>Iris sibirica</i> L.	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Котовник Фассена <i>Nepeta × faassenii</i> Bergmans ex Stearn	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	Ц ²	Ц ²	Ц ²	Ц ²
Кочедыжник женский <i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ландыш майский <i>Convallaria majalis</i> L.	Б	Ц ¹	Ц ²	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Лилейник гибридный <i>Heimerocallis × hybrid</i> Hort. ex Bergmans	–	–	–	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	Ц ²	–	–	–
Луговик дернистый <i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P. Beauv.	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	Пл ¹	Пл ¹	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²
Мятлик луговой <i>Poa pratensis</i> L.	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	Ц ²	Пл ¹	Пл ¹	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²	Пл ²
Очиток видный <i>Hylotelephium spectabile</i> (Boreau) H. Ohba	–	–	–	–	–	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²
Хоста белоокаймленная <i>Hosta albamarginata</i> (Hook.) Ohwi	–	–	–	–	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ²	–	–	–	–	–
Шалфей дубравный <i>Salvia nemorosa</i> L.	–	–	–	Б	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ¹	Ц ²	Ц ²	Ц ²	Ц ²

Во-вторых, мало раскрыто сортовое разнообразие высокодекоративных видов, имеющих короткий срок цветения: используется только два вида рода ирис (*Iris*), один вид рода лилейник (*Heimerocallis*), отсутствуют представители рода пион (*Paеonia*). Из-за этого цветник не имеет достаточного количества акцентных периодов декоративности.

В-третьих, зафиксирована нехватка декоративно-лиственных растений, способных обеспечить привлекательность при отсутствии цветения. Не были обнаружены пестролистные формы растений, нет почвопокровных видов, которые также выполняли бы роль фона в цветнике, закрывая открытые участки грунта.

В-четвертых, отмечается большое количество максимально декоративных растений в середине и конце лета в ущерб цветущим в остальные сроки. Из-за этого объект кажется неравномерно декоративным.

Все эти аспекты не являются критическими в вопросе непрерывного цветения, а скорее, влияют на его качество и полноту. В данном случае не хватает сортового и видового разнообразия, способного обеспечить большую декоративность объекта.

Исследования декоративных многолетников в городской среде активно проводятся. Цветникам отводят большую роль – эстетическую, психологическую, лечебную. Любопытно, что в своей оценке результатов многие авторы пришли к схожим с нашими выводами. Например, в сравнении с исследованием, описанным в этой статье, в своей оценке цветников Ижевска А. В. Федоров, Н. В. Кузьмина и О. А. Ардашева обнаружили большее количество многолетников – 41 вид (Федоров и др., 2018). Однако также отметили недостаток использования раннецветущих растений: были обнаружены только две культуры – тюльпан (*Tulipa*) и фиалка (*Viola*).

Кузьмина Н. М. анализировала состав цветников в городах Удмуртии (Кузьмина, 2021). Большую площадь всех цветников занимали однолетники, однако видовое разнообразие при меньшей площади наблюдалось именно у многолетников (максимум 55 видов на одном объекте в Ижевске). Самой часто встречающейся группой оказались почвопокровные растения – 12 видов, а красивоцветущих только 7. В парке жилого района Солнечный были получены абсолютно противоположные данные.

Л. Н. Миронова и др. рассматривали ассортимент декоративных многолетников в городах Башкирии (Ассортимент..., 2009). Большую часть составляли летнецветущие растения (63 %), а меньше всего весеннецветущих (8 %) и летне-осеннецветущих (7 %). Ассортимент разнообразен (60 видов декоративных многолетников). Во всех городах одинаково часто встречались представители рода астра (*Aster*), лилейник (*Heimerocallis*), ирис (*Iris*), пион (*Paеonia*) и золотарник (*Solidago*). Этот результат применим к исследованию, приведенному в статье, здесь также наблюдался недостаток использования весеннецветущих видов, но видовое разнообразие значительно выше.

В 2010 г. Г. П. Федосеева, Т. С. Благодаткова, Т. Ф. Окунешникова проводили комплексную оценку новых озелененных территорий Екатеринбурга (Федосеева и др., 2011). Ими были проанализированы древесные и травянистые насаждения по многим критериям. В массовом озеленении города были широко представлены виды родов пион (*Paеonia*), нарцисс (*Narcissus*), ирис (*Iris*), лилейник (*Heimerocallis*), флокс (*Phlox*), астильба (*Astilbe*), хоста (*Hosta*), бузульник (*Ligularia*). Исследователи также подчеркнули недостаток видового разнообразия и привели расширенный список рекомендованных видов для дальнейшего использования.

В своей работе Т. В. Аристова рассматривает успешность внедрения цветников свободной формы из многолетников в озеленении Екатеринбурга (Аристова, 2021). И подмечает, что при современном строительстве фасады зданий окрашивают в яркие цвета, из-за чего дома в одном квартале могут визуально не сочетаться друг с другом. В таком конфликте как раз важно сгладить контраст оттенков и фактур естественными контурами цветников из декоративных многолетников. Это заключение соответствует описанному в статье объекту исследования, где цветники также располагаются хаотично в планировке, но при этом равномерно по площади.

Н. А. Обоскалова в своей работе изучила несколько экземпляров исполнительной документации по озеленению Екатеринбурга на наличие декоративных многолетников и структурировала данные (Обоскалова, Агафонова, 2023). По результатам наиболее распространенными видами

для массового озеленения являются котовник Фассена (*Nepeta faassenii*), лилейник гибридный (*Hemerocallis hybrida*), шалфей дубравный (*Salvia nemorosa*), дербенник иволистный (*Lythrum salicaria*). Данные выводы частично применимы и к цветникам в парке жилого района Солнечный, где также использовались представители родов котовник (*Nepeta*) и лилейник (*Hemerocallis*).

Е. С. Засименко и М. В. Кочергина анализировали цветочное оформление детских садов города Россошь (Засименко, Кочергина, 2019). Большую площадь цветников занимали однолетники, многолетники представлены видами родов астильба (*Astilbe*) и астра (*Aster*). Рекомендовали увеличить ассортимент, используя представителей родов бадан (*Bergenia*) и пион (*Paeonia*). Также исследователи подчеркнули, что на момент изучения в детских садах были цветники только регулярной планировки. Но чтобы дети имели возможность не только наблюдать, но и ухаживать за растениями, необходимо внедрять в благоустройство детских садов цветники свободной формы с разнообразным ассортиментом. Данная рекомендация соотносится с планировкой парка жилого района Солнечный, все больше популяризуется идея больших цветочных композиций.

Результаты исследований авторов изученной литературы в большей части совпадают с полученными данными о сроках цветения в жилом районе Солнечный. В городах России в цветочном оформлении одинаково не хватает раннецветущих растений. Иногда этот недостаток минимизирует-

ся за счет использования декоративно-лиственных почвопокровных растений. Для многих регионов выявлены неоднократно встречающиеся многолетники, чаще всего это представители рода лилейник (*Hemerocallis*), ирис (*Iris*) и астра (*Aster*). Также многими авторами была отмечена необходимость использования цветников из многолетников свободной формы в городской среде.

Выводы

В результате исследования сроков цветения цветников парка жилого района Солнечный можно сделать следующие выводы.

1. На территории выявлено 17 видов декоративных многолетников, имеющих разный срок цветения, где самые декоративные виды бадан сердцелистный (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch), лилейник гибридный (*Hemerocallis × hybrida* Hort. ex Bergmans), котовник Фассена (*Nepeta × faassenii* Bergmans ex Stearn), вейник остроцветковый (*Calamagrostis × acutiflora* (Schrad.) Rchb.) формируют весенние и позднелетние акценты.

2. Максимальная декоративность цветника приходится на период с середины июня по середину июля, когда формируются колоски у злаков и продолжают цвести красивоцветущие растения и душистые травы.

3. Непрерывное цветение присутствует, но выражено слабо из-за малого количества растений весеннего и осеннего цветения. Также наблюдается отсутствие группы почвопокровных растений, являющихся фоном для цветущих растений.

Список источников

- Аристова Т. В. Цветники новой волны Пита Удольфа в озеленении городских кварталов г. Екатеринбург // Агрофорсайт. 2021. С. 91–101.
- Ассортимент декоративных травянистых многолетников для оформления цветников в городах Башкирии / Л. Н. Миронова, А. А. Реут, Г. В. Шупаева, А. Ф. Шайбаков // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. С. 237–240.
- Засименко Е. С., Кочергина М. В. К проблеме цветочного оформления территорий детских садов г. Россошь Воронежской области // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск, 2019. С. 277–280.
- Кузьмина Н. М. Многолетние травянистые растения в озеленении городов Удмуртии // Труды по интродукции и акклиматизации растений. Ижевск, 2021. С. 461–466.
- Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / под ред. Л. И. Лапина. М., 1975. 27 с.
- Обоскалова Н. А., Агафонова Г. В. Ассортимент многолетних травянистых растений, используемый в озеленении г. Екатеринбург и его окрестностях // Инновационные научные исследования. 2023. С. 54–67.

- Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран : открытый онлайн-атлас и определитель растений. 2007–2023. URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 14.11.2023).
- Победа в федеральном конкурсе ТОП ЖК. Солнечный получил премию за лучшую спортивную инфраструктуру // 66. RU. URL: <https://66.ru/realty/news/releases/266555/> (дата обращения: 14.11.2023).
- Федоров А. В., Кузьмина Н. М., Ардашева О. А. Улучшение визуальной городской среды посредством декоративно-цветочного оформления // Астраханский вестник экологического образования. 2018. С. 155–163.
- Федосеева Г. П., Благодаткова Т. С., Оконешникова Т. Ф. Оптимизация системы озеленения города Екатеринбурга // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2011. С. 94–108.

References

- Aristova T. V. The flower beds of the new wave by Pieter Udolph in the landscaping of the city blocks of Yekaterinburg // Agroforsite. 2021. P. 91–101. (In Russ.)
- Assortment of decorative herbaceous perennials for flower beds decoration in Bashkiria cities / L. N. Mironova, A. A. Reut, G. V. Shipaeva, A. F. Shaibakov // Bulletin of the Orenburg State University. 2009. P. 237–240. (In Russ.)
- Fedorov A. V., Kuzmina N. M., Ardasheva O. A. Improvement of the visual urban environment by means of decorative and flower registration // Astrakhan Bulletin of Environmental Education. 2018. P. 155–163. (In Russ.)
- Fedoseeva G. P., Blagodatkova T. S., Okoneshnikova T. F. Optimization of landscaping in the city of Yekaterinburg // Proceedings of Irkutsk State University. Series: Biology. Ecology. 2011. P. 94–108. (In Russ.)
- Kuzmina N. M. Perennial herbal plants in landscaping of cities of Udmurtia // Works on the introduction and acclimatization of plants. 2021. P. 461–466. (In Russ.)
- Methods of phenological observations in botanical gardens the USSR / Edited by L. I. Lapin. Moscow, 1975. 27 p.
- Oboskalova N. A., Agafonova G. V. Permanent herbal plants range used in landscaping in Yekaterinburg and its surroundings // Innovative scientific research. 2023. P. 54–67. (In Russ.)
- Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries : open online galleries and plant identification guide. 2007–2023. URL: <https://www.plantarium.ru/lang/en.html> (accessed 14.11.2023).
- The victory in the federal competition of the TOP LCD. Solnechny received the award for the best sports infrastructure // 66. RU. URL: <https://66.ru/realty/news/releases/266555/> (accessed 14.11.2023).
- Zasyumenko E. S., Kochergina M. V. Flower designing of the territory of kindergards the city of Rossosh Voronezh region // Technologies and equipment for landscape construction : Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference. Krasnoyarsk, 2019. P. 277–280. (In Russ.)

Информация об авторах

Ю. Е. Демченко – магистр;

Г. В. Агафонова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

Y. E. Demchenko – Master's degree, Ural State Forest Engineering University;

G. V. Agafonova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 16.12.2023; принята к публикации 19.10.2024.

The article was submitted 16.12.2023; accepted for publication 19.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 71–79.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 71–79.

Научная статья

УДК 630.43:614.84

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.008

ВЛИЯНИЕ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОЖАРОВ В АГРОЛЕСОЛАНДШАФТАХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Николай Владимирович Примаков

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

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

Аннотация. Анализ развития пожароопасной ситуации в лесных экосистемах свидетельствует о том, что чаще всего основным фактором пожаров является деятельность человека. Целью работы является изучение влияния полезащитных насаждений на скорость распространения пожаров в агролесоландшафтах Краснодарского края. Исследования проводились на территории Динского и Кореновского районов. Объектами исследований являлись полезащитные лесные полосы, работы проводились в период 2020–2023 гг. по общепринятым методикам. В процессе исследований установлена протяженность ветровой тени, полезащитных лесных полос из робинии лжеакация и ясеня зеленого, средние значения которой составляют 7,4 Н для Кореновского района и 8,8 Н для Динского района. Скорость распространения пожара для Динского района составила 8,0 м/мин, для Кореновского – 7 м/мин. Определены основные характеристики лесной подстилки в насаждениях, наибольшие показатели которой отмечаются в лесных полосах из робинии лжеакация. Так, для Кореновского района запас подстилки составил 24,58 т/га. При обследовании ясеневых и робиниевых лесных полос установлено, что в последних зафиксировано наибольшее количество деревьев, затронутых низовыми пожарами. Показатель чистоты минерализованных противопожарных полос в Динском районе не соответствовал норме. Службам, контролирующим пожароопасную ситуацию в регионе, рекомендуется использовать полученные данные с целью разработки системы противопожарных мероприятий.

Ключевые слова: агролесоландшафт, пожар, скорость распространения огня, лесная полоса, ветровая тень, лесная подстилка

Для цитирования: Примаков Н. В. Влияние полезащитных лесных полос на распространение пожаров в агролесоландшафтах Краснодарского края // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 71–79.

Original article

THE INFLUENCE OF PROTECTIVE FOREST STRIPS ON THE DISTRIBUTION FIRES IN AGROFOREST LANDSCAPES OF THE KRASNODAR TERRITORY

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. An analysis of the development of a fire-hazardous situation in forest ecosystems indicates that human activity is most often the main factor in fires. The aim of the work is to study the effect of protective plantations on the rate of spread of fires in agroforestry landscapes of the Krasnodar Territory. The research was carried out on the territory of the Dinsky and Korenovsky districts. The objects of research were protective forest strips, the work was carried out in the period 2020–2023, according to generally accepted methods. In the course of the research, the length of the wind shadow, protective forest strips of robinia pseudoacacia and green ash was established, the average values of which are 7,4 N for the Korenovsky district and 8,8 N for the Dinsky district. The fire spread rate for the Dinsky district was 8,0 m/min, for Korenovsky 7 m/min. The main characteristics of forest litter in plantations have been determined, higher indicators of which are noted in forest strips from the robinia of false vegetation, so for the Korenovsky district the litter stock amounted to 24,58 t/ha. During the survey of ash and robinium forest strips, it was found that in the latter a large number of trees affected by grass-roots fires were recorded. The purity index of mineralized fire protection strips in the Dinsky district did not correspond to the norm. It is recommended that the services controlling the fire-hazardous situation in the region use the data obtained in order to develop a system of fire-fighting measures.

Keywords: agroforest landscape, fire, fire propagation speed, forest strip, wind shadow, forest floor

For citation: Primakov N. V. Influence of forest shelter belts on the condition of agrolandscapes // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 71–79.

Введение

Анализ развития пожароопасной ситуации в лесных экосистемах в России и мире свидетельствует о различных причинах ее возникновения (Латифова, Примаков, 2022; Кузнецов, Секерин, 2024). По данным Н. В. Барановского (2021), основной фактор пожаров – деятельность человека.

Площадь полезащитных насаждений в России составляет более 1 млн га (Стратегия развития..., 2008). Большая часть этих насаждений не подвергалась лесохозяйственным мероприятиям на протяжении последних 40 лет, что привело к накоплению значительного объема подпологовой мортмассы (сухостоя, валежника и опада), оказывающей влияние на эффективность мелиорации лесных полос. Это также сказывается на пожарной обстановке в агролесоландшафтах. Количество ландшафтных

пожаров стабильно увеличивается в течение последних 10 лет, особенно в Краснодарском крае, где лесомелиоративный фонд составляет 150,1 тыс. га (Примаков, 2021).

Цель, методика и объекты исследования

Целью работы является изучение влияния полезащитных насаждений на скорость распространения пожаров в агролесоландшафтах Краснодарского края.

Определялись некоторые характеристики полезащитных лесных насаждений (диаметр, высота, бонитет и др.) в соответствии с ОСТ 56-69–83. Выделялись категории санитарного состояния лесных полос. Мощность лесной подстилки определялась по методу Молчанова, запас – взвешиванием

лесной подстилки, собранной с 1 м^2 , повторность пятикратная.

При изучении ветрорегулирующей эффективности и влияния на ландшафтные пожары полезащитных насаждений протяженность ветровой тени – расстояние от лесного насаждения с наветренной и заветренной сторон, в пределах которого наблюдается снижение скорости ветра, – полезащитных насаждений определили по апробированной опубликованной методике (Дубенок и др., 2017). По данной методике можно рассчитать скорость распространения пожара. Скорость ветрового потока определяли при помощи ручного чашечного анемометра МС-13. Вычисление скорости ветра делали по переводному графику.

По данным исследований (Тюрин, 2021), влияние полезащитных лесных полос на распространения пожаров заключается в первую очередь в перераспределении ветрового потока. В наших исследованиях измерение скорости ветра осуществлялось перед полезащитной лесной поло-

сой, в самом защитном насаждении и, как показано на рис. 1, на определенном расстоянии от лесной полосы.

Полученные результаты анализировали в относительных показателях V_i/V_k (V_k – скорость ветра в контроле, м/с; V_i – скорость ветра в i -й точке наблюдения, м/с). Протяженность ветровой тени устанавливали графическим способом через определение среднего значения. Для определения скорости распространения фронта низового ландшафтного пожара использовали формулу

$$V_{пл} = 3,24K - 3,04,$$

где $V_{пл}$ – скорость распространения фронта низового ландшафтного пожара, м/мин;

K – класс экологического состояния лесополос.

Исследования проводились в 2020–2023 гг. Объектами исследований являлись агролесоландшафты Краснодарского края, расположенные в Динском и Кореновском районах, представленные на рис. 2.

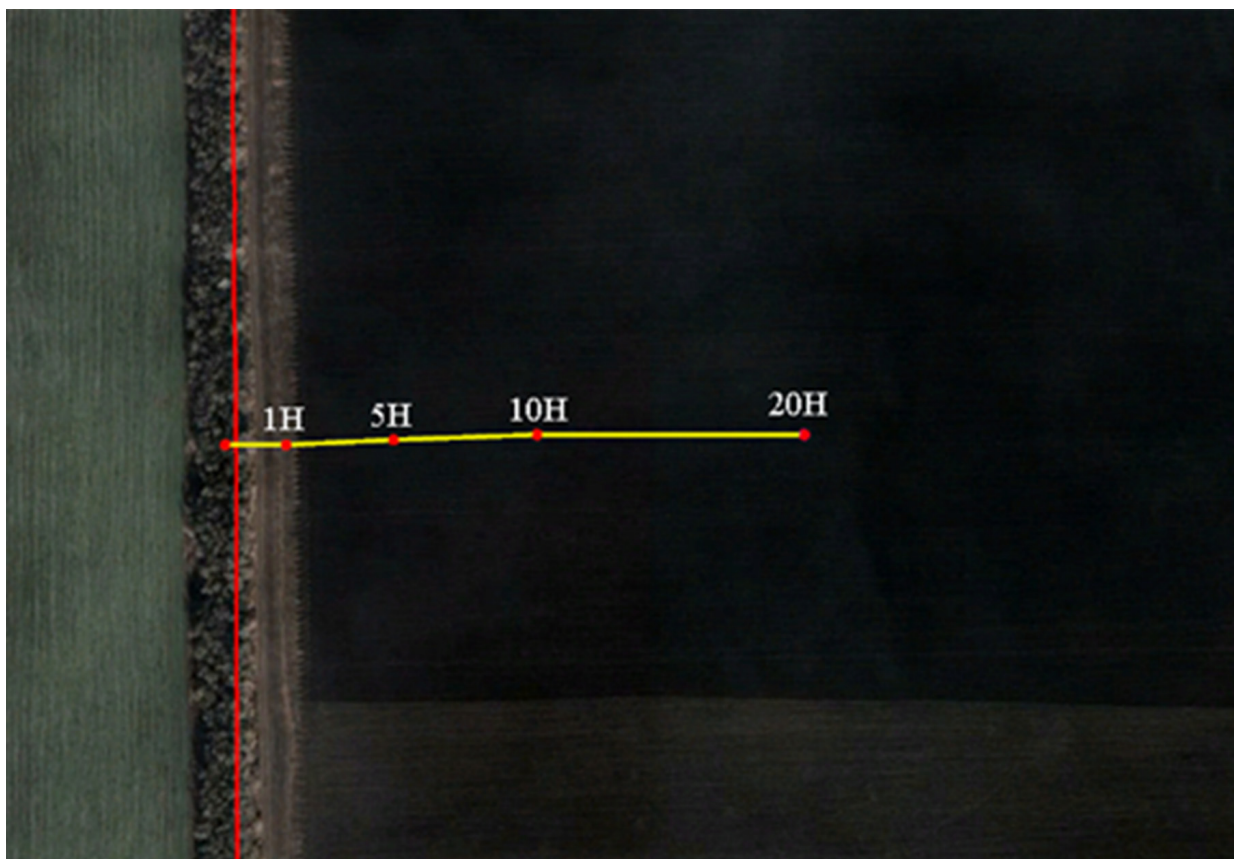


Рис. 1. Места измерения скорости ветра на полях агроландшафтов
Fig. 1. Places where wind speed is measured in the fields of agricultural landscapes



Рис. 2. Расположение объектов исследований на территории Краснодарского края
 Fig. 2. Location of research facilities in the Krasnodar Territory

Из рис. 2 следует, что нами были выбраны для исследований 10 основных защитных лесных полос.

Результаты и их обсуждение

На распространение пожаров в агролесоландшафтах оказывают влияние характеристики лесных полос. Некоторые характеристики защитных лесомелиоративных комплексов на исследуемых объектах представлены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что в составе насаждений лесных полос главными древесными породами являются робиния лжеакация и ясень зеленый. Средняя длина лесных полос в Динском районе составила 1201 м с варьированием от 970 до 1370 м; ширина – 30,4 м (от 24 до 45 м), площадь – 36 753 м² (от 25 220 до 54 675 м²), расстояние в ряду – 1,5 м, расстояние в междурядье – 3,2 м (от 3 до 3,5 м). Количество рядов деревьев варьировалось от 6 до 13.

В Кореновском районе средняя длина лесной полосы была 1296 м (от 620 до 1480 м), ширина – 34,2 м (от 21 до 41 м), площадь – 46 528 м² (от 13 020 до 60 680 м²), расстояние в ряду – 1,9 м

(от 1,5 до 2 м), расстояние в междурядье – 2,9 м (от 2,5 до 3 м). Количество рядов деревьев варьировалось от 6 до 12.

Полученные результаты измерения скорости ветра в дальнейших расчетах позволили определить показатель существенной ветровой тени для Динского и Кореновского районов Краснодарского края. Протяженность существенной ветровой тени по среднему значению в Динском и Кореновском районах представлена на рис. 3.

По рисунку было установлено, что защитные лесомелиоративные комплексы формируют ветровую тень, протяженность которой составляет 7,4 Н в Динском районе и 8,8 Н в Кореновском районе соответственно. Имея данные о классах экологического состояния лесополос, используя формулу, можно посчитать скорость распространения пожара. Получается, что в Динском районе средний класс состояния лесополос составляет 3,4, а это значит, что скорость распространения пожара составляет 8 м/мин. В Кореновском районе в среднем класс экологического состояния 3,3, скорость распространения пожара составляет 7 м/мин.

Таблица 1
Table 1

Некоторые характеристики полевых защитных лесомелиоративных комплексов на исследуемых объектах
Some characteristics of protective forest reclamation complexes at the studied sites

№ п/п лесной полосы/ координаты № n/a forest strip/ coordinates	Длина, м Length, m	Ширина, м Width, m	Площадь, м ² Area, m ²	Главная древесная порода The main tree species	Расстояние в ряду, м Distance in a row, m	Расстояние в междурядье, м Row spacing, m
Динской район / Dinskoy district						
1/45° 8'50.07"C, 39°20'17.23"B	1230	25	30750	Ясень зеленый Ash is gr	1,5	3,5
2/45° 9'28.20"C, 39°20'17.14"B	970	26	25220	Ясень зеленый Ash is gr	1,5	3
3/45° 9'34.83"C, 39°21'1.52"B	1220	24	29280	Робиния лжеакация, гледичия трехколючковая Robinia pseudoacacia, gledichia tricolor	1,5	3,5
4/45° 9'29.62"C, 39°21'25.69"B	1370	32	43840	Робиния лжеакация Robinia pseudoacacia	1,5	3
5/45° 8'51.24"C, 39°21'47.97"B	1215	45	54675	Робиния лжеакация, ясень зеленый Robinia pseudoacacia, Ash is gr	1,5	3
Средние значения Average values	1201	30,4	36753	–	1,5	3,2
Кореновский район / Korenovsky district						
6/45°25'9.30"C, 39°17'22.31"B	1480	41	60680	Ясень зеленый Ash is gr	1,5	2,5
7/45°25'9.68"C, 39°16'49.97"B	1480	31	45880	Робиния лжеакация Robinia pseudoacacia	2	3
8/45°24'33.53"C, 39°16'50.79"B	620	21	13020	Робиния лжеакация Robinia pseudoacacia	2	3
9/45°25'9.67"C, 39°15'47.93"B	470	38	55860	Робиния лжеакация Robinia pseudoacacia	2	3
10/45°25'8.86"C, 39°15'15.46"B	1430	40	57200	Робиния лжеакация Robinia pseudoacacia	2	3
Среднее значение The average value	1296	34,2	46528	–	1,9	2,9

Лесная подстилка в полевых защитных лесных полосах в пожароопасный период создает дополнительные угрозы для распространения огня в агролесоландшафтах (Примаков, Максименко, 2024; Примаков, 2008). Нами при проведении исследований осуществлялся учет основных характеристик лесной подстилки, их значения представлены в табл. 2.

Из таблицы следует, что в Кореновском районе были зафиксированы наибольшие показатели

запаса лесной подстилки – 13,26 т/га – по сравнению с Динским районом, где рассматриваемый показатель составил 9,63 т/га. По породному составу наибольшее накопление лесной подстилки отмечено в полевой защитной лесной полосе № 8 с главной древесной породой робиния лжеакация запасом 24,58 т/га. С запасом лесной подстилки связан такой важный показатель, как мощность (Листовой опад..., 2022), который был также более высокий и для данного варианта составил 13,0 см.

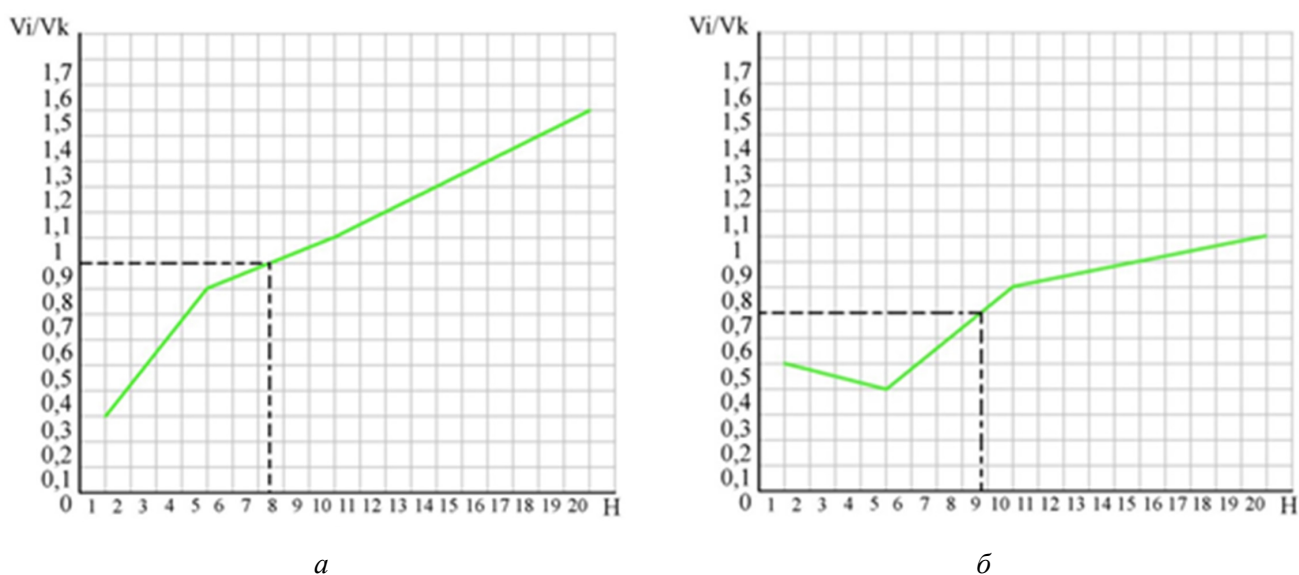


Рис. 3. Протяженность существенной ветровой тени по среднему значению в районах:

a – Динском; *б* – Кореновском

Fig. 3. The length of a significant wind shadow by average value in the districts:

a – Dinsky; *б* – Korenovsky

Таблица 2

Table 2

Характеристика лесной подстилки на объектах исследований

Characteristics of forest litter at research sites

№ п/п № n/a	Мощность, см Power, cm	Вес во влажном состоянии, кг Wet weight, kg	Вес в сухом состоянии, кг Dry weight, kg	Запас, т/га Stock, t/ha
Динской район / Dinskoy district				
1	10,0	1,762	1,693	16,93
2	11,3	0,865	0,679	6,79
3	9,0	0,739	0,694	6,94
4	8,7	0,623	0,610	6,10
5	10,1	1,213	1,139	11,39
Среднее значение The average value	9,82	1,040	0,963	9,63
Кореновский район / Korenovsky district				
6	9,5	0,697	0,612	6,12
7	8,5	0,536	0,521	5,21
8	13,0	2,537	2,458	24,58
9	12,0	1,254	1,213	12,13
10	11,5	1,888	1,826	18,26
Среднее значение The average value	10,9	1,382	1,326	13,26

При обследовании ясеневых и робиниевых лесных полос установлено, что в последних зафиксировано наибольшее количество деревьев, затронутых низовыми пожарами, что было видно по характерным ожогам в низу ствола.

Важной составляющей в комплексной противопожарной системе в агролесоландшафтах является наличие противопожарного устройства лесов вокруг них, в том числе и минерализованных полос и их состояние (Охрана населенных пунктов..., 2022). Нами на вариантах исследований было изучено состояние и чистота полезащитных лесных полос, данные которых представлены в табл. 3.

Из таблицы следует, что ширина минерализованной противопожарной полосы для всех вариантов исследований, согласно ГОСТ Р 57972–2017, находится в соответствующих пределах. Чистота минерализованных полос для всех вариантов Динского района (1–5 лесная полоса) не соответствует требованиям. Для Кореновского района одна лесная полоса № 7 не соответствовала требованиям, показатель чистоты минерализованной полосы для которой составил 85 %.

Таблица 3
Table 3

Характеристика минерализованных полос по периметру
полезащитных лесных полос
Characteristics of mineralized bands along the perimeter
of protective forest bands

№ п/п № n/a	Ширина минерализованной лесной полосы, м The width of the mineralized forest strip, m	Чистота, % Purity, %
Динской район / Dinskoy district		
1	4	50
2	4	70
3	5	80
4	4	70
5	5	70
Среднее значение The average value	4,4	68
Кореновский район / Korenovsky district		
6	5	90
7	5	85
8	4	90
9	5	90
10	4	95
Среднее значение The average value	4,6	90

Выводы

Таким образом, нами установлена протяженность ветровой тени полезащитных лесных полос из робинии лжеакация и ясеня зеленого, средние значения которой составляют 7,4 Н для Кореновского района и 8,8 Н для Динского района.

Скорость распространения пожара для Динского района составила 8,0 м/мин, для Кореновского – 7 м/мин. Определены основные характеристики лесной подстилки в насаждениях, более высокие показатели которой отмечаются в лесных полосах

из робинии лжеакации. Так, для Кореновского района запас подстилки составил 24,58 т/га. При обследовании ясеневых и робиниевых лесных полос установлено, что в последних зафиксировано наибольшее количество деревьев, затронутых низовыми пожарами. Показатель чистоты минера-

лизованных противопожарных полос в Динском районе не соответствовал норме. Службам, контролирующим пожароопасную ситуацию в регионе, рекомендуется использовать полученные данные с целью разработки системы противопожарных мероприятий.

Список источников

- Барановский Н. В.* Прогнозирование лесной пожарной опасности в условиях антропогенной нагрузки / Нац. исслед. Томск. политехн. ун-т. Новосибирск : СО РАН, 2021. 302 с.
- 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.
- Кузнецов Л. Е., Секерин И. М.* Анализ лесных пожаров 2008-2023 гг. на территории Тюменской области // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 129–141. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.013
- Латифова А. С., Примаков Н. В.* Восстановление лесных экосистем, нарушенных пожарами // Экологические проблемы использования горных лесов, Майкоп, 18–19 ноября 2022 года / отв. ред. М. Ю. Беликов. Т. 1. Майкоп : Куб. гос. ун-т, 2022. С. 275–278.
- Листоной опад в полезащитных лесных полосах Луганщины / *О. В. Грибачева, Д. В. Сотников, Н. А. Черская* [и др.] // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2022. № 1 (66). С. 68–75. DOI: 10.34655/bgsha.2022.66.1.009
- Охрана населенных пунктов, подверженных угрозе лесных пожаров, органами государственного пожарного надзора ФПС МЧС России / *А. А. Кректунов, Я. Н. Васьков, А. М. Ерицов, И. М. Секерин* // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 2 (81). С. 11–18. DOI: 10.51318/FRET.2022.83.31.002
- Примаков Н. В.* Биоэнергетическая эффективность агроландшафтов Ростовской области // Лесное хозяйство. 2008. С. 33–35.
- Примаков Н. В.* Изменчивость лесоводственных характеристик полезащитных лесных насаждений Краснодарского края // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 1. С. 60–68. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-60-68
- Примаков Н. В., Максименко А. А.* Методы управления пожароопасной ситуацией в лесных экосистемах // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 196. С. 92–100. DOI: 10.21515/1990-4665-196-010
- Стратегия развития защитного лесоразведения в РФ на период до 2020 г. / *К. Н. Кулик, А. Л. Иванов, И. П. Свинцов* [и др.]. Волгоград : ВНИАЛМИ, 2008. 34 с.
- Тюрин С. В.* Ветрорегулирующая эффективность и влияние на ландшафтные пожары лесных полос степной зоны : дис. ... канд. с.-х. наук / Тюрин Сергей Владимирович. Волгоград, 2021. 167 с.

References

- Baranovsky N. V.* Forecasting of forest fire danger in conditions of anthropogenic load ; National Research Tomsk Polytechnic University. Novosibirsk: SB RAS, 2021. 302 p.
- Dubenok N. N., Tanyukevich V. V., Tyurin S. V.* The state and reclamation efficiency of protective forest plantations of the Krasnodar Territory // Russian agricultural science. 2017. № 1. P. 36–38. (In Russ.)
- Kuznetsov L. E., Sekerin I. M.* Analysis of forest fires in 2008-2023 on the territory of the Tyumen region // Forests of Russia and agriculture in them. 2024. № 1 (88). P. 129–141. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.013 (In Russ.)

- Latifova A. S., Primakov N. V.* Restoration of forest ecosystems disturbed by fires // Environmental problems of the use of mountain forests, Maykop, November 18–19, 2022 / The responsible editor is M. Y. Belikov. Volume 1. Maikop : Kuban State University, 2022. P. 275–278. (In Russ.)
- Leaf litter in the protective forest belts of the Luhansk region / *O. V. Gribacheva, D. V. Sotnikov, N. A. Cherskaya* [et al.] // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. 2022. № 1 (66). P. 68–75. DOI: 10.34655/bgsha.2022.66.1.009 (In Russ.)
- Primakov N. V.* Bioenergetic efficiency of agricultural landscapes of the Rostov region. Forestry. 2008. № 3. P. 33–35. (In Russ.)
- Primakov N. V., Maksimenko A. A.* Methods of fire hazard management in forest ecosystems // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2024. № 196. P. 92–100. DOI: 10.21515/1990-4665-196-010 (In Russ.)
- Primakov N. V.* Variability of forestry characteristics of protective forest plantations of the Krasnodar Territory // Izv. vuzov. Forest Journal. 2021. № 1. P. 60–68. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-60-68 (In Russ.)
- Protection of settlements exposed to the threat of forest fires by the state fire supervision bodies of the FPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia / *A. A. Krektunov, Ya. N. Vaskov, A. M. Yeritsov, I. M. Sekerin* // Forests of Russia and economy in them. 2022. № 2 (81). P. 11–18. DOI: 10.51318/FRET.2022.83.31.002 (In Russ.)
- Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation for the period up to 2020 / *K. N. Kulik, A. L. Ivanov, I. P. Svintsov* [et al.]. Volgograd : VNIALMI 2008, 34 p.
- Tyurin S. V.* Wind-regulating efficiency and influence on landscape fires of forest strips of the steppe zone : dis. ... of Candidate of Agricultural Sciences / Tyurin Sergey Vladimirovich. Volgograd, 2021. 167 p.

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 05.06.2024; принята к публикации 15.09.2024.

The article was submitted 05.06.2024; accepted for publication 15.09.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 80–93.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 80–93.

Научная статья

УДК 581.1:630.177.722

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.009

РАЗМНОЖЕНИЕ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBUS NIGRUM* L.) ЗЕЛЕНЬМИ ЧЕРЕНКАМИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Алексей Сергеевич Клинов¹, Анастасия Николаевна Марковская²,
Сергей Вениаминович Залесов³

^{1–3} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ alexklinov2002@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-8229-4126>

² markovskayaan@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5966-7825>

³ Zalesovsv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Аннотация. На основании исследования 10 сортов смородины черной (*Ribes nigrum* L.) проанализирована укореняемость зеленых черенков при обработке их 5 %-ным раствором индолил-3-масляной кислоты (ИМК) и при предварительном замачивании черенков в воде. В эксперименте были использованы: Пилот, Селеченская, Багира, Загадка, Бурая дальневосточная, Сладкоплодная, Лунная, Детскосельская, Славянка и Душистая. Установлено, что укореняемость при обработке ИМК варьировалась от 35,5 до 100 %. При этом худшей укореняемостью характеризовались черенки сорта Детскосельская, а лучшей – Душистая. При предварительном замачивании зеленых черенков сортов смородины черной в воде укореняемость варьируется от 53,0 до 100 %. При этом худшей укореняемостью характеризовался сорт Славянка, а лучшей – сорт Душистая. Из 10 исследуемых сортов смородины черной по показателям укореняемости, длины и толщины побегов, а также количеству корней и протяженности корневой системы в год посадки при обработке зеленых черенков ИМК лучшими оказались сорта Селеченская и Душистая, а при предварительном замачивании их в воде – сорта Душистая и Багира.

Ключевые слова: смородина черная, зеленые черенки, укореняемость, перспективность, сорта

Для цитирования: Клинов А. С., Марковская А. Н., Залесов С. В. Размножение смородины черной (*Ribes nigrum* L.) зелеными черенками в условиях Среднего Урала // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 80–93.

Original article

PROPAGATION OF BLACKCURRANT (*RIBUS NIGRUM* L.) GREEN CUTTINGS IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URAL

Alexey S. Klinov¹, Anastasia N. Markovskaya², Sergei V. Zalesov³

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

¹ alexklinov2002@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-8229-4126>

² markovskayaan@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5966-7825>

³ Zalesovsv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Abstract. Based on a study of 10 ten varietive of black ribus currant (*Ribes nigrum* L.), the rooting ability of green cuttings when treated with a five percent solution of indol-3-butyric acid and when soaking cuttings in water was analyzed. In the experiments, there were used the following sorts: Pilot, Selechenskaya, Bagira, Zagadka, Brown far east, Sladkoplodnaya, Lunar and Fragrent. It was found that rooting rates during by treatment varied from 35,5 to 100 %. At the same time, cuttings of Detskoselskaya variety was characterized by the worst rooting ability and the best one was fragrant. When presoaked in water green cuttings of black currant varieties rooting. Varies from 53,0 to 100 %. At the sama time the Slavyanka variety was characterized by the worst rooting ability and the best variety was fragrant. Out of ten studied varietice of black currant in terms of rooting indicators length and thickness of shoots, as well as the number of roots and the length of the root system in the year of planting when treated by indol-3-butyric acid the best varities were Selenchiskaya and fragrant and when they were pre-soaked in water fragrant and Bagira varieties.

Keywords: black currant, green cuttings, survival, prospects, varieties

For citation: Klinov A. S., Markovskaya A. N., Zalesov S. V. Propagation of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) green cuttings in the conditions of the Middle Ural // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 80–93.

Введение

Задача обеспечения населения качественными продуктами питания во многом может быть решена заготовкой и использованием дикоросов (Коростелев и др., 2010; Усков, 2015; Годовалов и др., 2018). Биологические ресурсы ягод и грибов на территории лесного фонда Российской Федерации огромны. Однако большинство ягодников удалено от населенных пунктов и труднодоступно, поэтому осваиваемые ресурсы составляют лишь очень незначительную долю от биологических объемов (Петров, 2016; Залесов и Панин, 2017; Панин и Залесов, 2016, 2017, 2020).

Потребность в витаминизированной продукции вызывает необходимость выращивания ягодных кустарничков и кустарников на плодово-ягодных плантациях с размножением растений в условиях *in vitro* (Кожевников и Залесов, 2018;

Выращивание лесных ягодных растений..., 2019; Особенности..., 2022; Использование..., 2023). Особый интерес представляют ягодные кустарники. Последние могут выращиваться на специализированных плодово-ягодных плантациях, приусадебных участках, а также в рекреационных насаждениях, создавая основу для собирательного туризма. Не следует также забывать, что ягодные кустарники являются местом гнездования многих птиц, а также создают кормовую базу для птиц и мелких млекопитающих.

В то же время при выращивании ягодных кустарников очень важно подбирать виды и сорта, максимально соответствующие конкретным лесорастительным условиям и позволяющие получать стабильные урожаи.

Среди ягодных кустарников, произрастающих на Среднем Урале, особое место занимает

смородина черная (*Ribes nigrum* L.), характеризующаяся высокой урожайностью и устойчивостью к болезням. Факторами, сдерживающими широкое внедрение данного вида в производство, являются недостаток посадочного материала и объективных данных об укореняемости отдельных сортов, а также их урожайности и устойчивости к болезням. Указанное определило направление наших исследований.

Как известно, смородина черная является хорошо укореняемым видом и использование различных стимуляторов роста и корнеобразователей не является обязательным для успешного укоренения (Осипов, 1978).

Однако, по литературным данным, укореняемость черенков может сильно варьировать (18,2–100 %) в зависимости от методики, выбранных стимуляторов и сроков проведения опыта (Поликарпова, 1965; Соловьева, 2008; Родюкова, 2014; Гурьева, 2015; Родюкова, Жидехина, 2017; Чирипов, Васильева, 2023).

Смородина черная играет важную роль в фармацевтике страны, относится к мягким раститель-

ным препаратам, может использоваться продолжительное время, а также имеет низкий процент встречаемости побочных эффектов. Богатый состав биологически активных веществ в данной культуре определяет ее востребованность (Изучение флавоноидов..., 2024).

Цель работы – определение укореняемости зеленых черенков сортов смородины черной из коллекции Уральского сада лечебных культур им. проф. Л. И. Вигорова на Среднем Урале.

Объекты

и методика исследований

Объектом исследований служили 10 сортов смородины черной: Пилот, Селеченская, Багира, Загадка, Бурая дальневосточная, Сладкоплодная, Лунная, Детскосельская, Славянка, Душистая.

У каждого из сортов отбирались зеленые черенки для укоренения в тепличном грунте. При этом для стимулирования укоренения в партии каждого сорта базальная часть половины заготовленных черенков путем замачивания в течение трех часов обрабатывалась 5 %-ным раствором индолил-3-масляной кислоты (ИМК), а вторая половина черенков выдерживалась базальной частью в воде на протяжении также трех часов.

Заготовку однолетних побегов текущего года для зеленого черенкования производили в утренние часы или днем в прохладную погоду.

С маточных растений смородины черной 21 июня 2023 г. срезали острым секатором приросты текущего года и сразу помещали их в воду для предотвращения потери влаги. Побеги разрезали на черенки длиной не менее 2 см, захватывая 2–3 междоузлия. Все листья, за исключением листа из верхней почки, удалялись, а верхний лист сокращался на 2/3 листовой пластинки для уменьшения транспирации.

После обработки части черенков 5 %-ным раствором индолил-3-масляной кислоты (ИМК) 21 июня 2023 г. черенки были посажены в теплицу по схеме 5×10 см с оставлением на поверхности части черенка с уменьшенным листом (рисунок).

Помимо зеленых черенков, обработанных в растворе ИМК, для каждого сорта были посажены зеленые черенки, просто замоченные в воде.



Посадка черенков смородины черной в теплицу
Planting black currant cuttings in a greenhouse

Результаты и обсуждение

Выполненные исследования показали, что укореняемость зеленых черенков варьируется от 35,5 до 100 % (табл. 1).

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что при замачивании зеленых черенков в воде укореняемость разных сортов варьируется от 53 до 100 %. Применение ИМК на укореняемость зеленых черенков влияет по-разному. Так, в частности, укореняемость зеленых черенков при использовании ИМК повысилась у сортов Пилот, Селеченская, Загадка, Бурая дальневосточная, Лунная, Славянка. На укореняемость зеленых черенков сортов Багира, Сладкоплодная, Детскосельская применение раствора ИМК оказало отрицательное влияние, а укореняемость зеленых черенков смородины черной сорта Душистая оказалось 100 % в обоих исследуемых вариантах.

При выращивании смородины черной важно иметь объективные данные о величине основного побега в год укоренения. Исследования показали

существенность различий средних значений длины побегов в год укоренения у изучаемых сортов (табл. 2).

Согласно материалам табл. 2, при использовании ИМК прирост укоренившихся зеленых черенков, точнее, среднее значение длины побега в год укоренения, составил от 0,3 до 1,7 см. При замачивании зеленых черенков в воде средние значения длины побегов варьируются от 0,4 до 3,2 см. При этом минимальные значения длины побегов во всех вариантах опыта составляют 0 см, а максимальные – от 0,9 до 13,0 см. Максимальной средней длиной побегов в год укоренения характеризуются сорт Селеченская при использовании ИМК и сорт Багира при замачивании черенков в воде. Максимальное значение в первом варианте характерно для сорта Сладкоплодная, а во втором – Детскосельская и Славянка.

Помимо длины побегов на укоренившихся зеленых черенках, важное значение имеет диаметр у их основания, определяющий устойчивость побегов.

Таблица 1
Table 1

Укореняемость черенков сортов смородины черной при методе зеленого черенкования
Rooting of cuttings of black currant varieties using the green cuttings method

Наименование сорта Name of the variety	Укореняемость черенков при пропитке, % Rooting of cuttings during impregnation, %	
	ИМК* BCI	Вода Water
Пилот (Pilot)	75,0	61,7
Селеченская (Selechenskaya)	87,9	61,8
Багира (Bagheera)	56,3	70,8
Загадка (Riddle)	78,9	77,5
Бурая дальневосточная (Brown Far Eastern)	87,9	70,6
Сладкоплодная (Sweet fruit)	52,0	70,4
Лунная (Lunar)	87,5	81,8
Детскосельская (Detskoselskaya)	35,5	90,3
Славянка (Slavyanka)	70,0	53,0
Душистая (Fragrant)	100,0	100,0
Средний показатель по всем сортам (The average for all grades)	73,1	73,8

* 5 % раствор индолил-3-масляной кислоты.
5 % solution of indolyl-3-butyric acid.

Таблица 2

Table 2

Средние показатели длины побегов различных сортов смородины черной в год укоренения
The average length of shoots of various varieties of black currant in the year of rooting

Наименование сорта Name of the variety	Значение показателя с отклонением, см The value of the indicator with a deviation, cm	Асимметричность Asymmetry	Средняя квадратическая ошибка The average square error	Максимальное значение, см Maximum value, cm	Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
Обработка зеленых черенков ИМК Processing of green cuttings of BCI					
Пилот Pilot	0,7±0,11	0,12	0,34	1,2	8,6
Селеченская Selechenskaya	1,7±0,76	1,76	2,00	8,4	21,7
Багира Bagheera	1,1±0,45	1,44	1,33	4,4	20,6
Загадка Riddle	0,7±0,34	5,55	1,45	10,7	23,7
Бурая дальневосточная Brown Far Eastern	0,8±0,44	1,99	1,15	4,5	27,4
Сладкоплодная Sweet fruit	0,3±0,19	0,66	0,31	0,9	25,6
Лунная Lunar	1,4±0,77	1,29	1,68	6,0	27,2
Детскосельская Detskoselskaya	0,6±0,37	-0,05	0,56	1,4	26,4
Славянка Slavyanka	0,5±0,30	2,12	0,88	3,5	28,4
Душистая Fragrant	1,0±1,00	1,14	1,08	3,0	41,4
Замачивание зеленых черенков в воде Soaking green cuttings in water					
Пилот Pilot	0,6±0,14	1,66	0,38	1,9	12,7
Селеченская Selechenskaya	1,0±0,42	0,52	0,92	2,7	20,6
Багира Bagheera	3,2±1,11	1,21	3,74	13,0	17,3
Загадка Riddle	0,5±0,23	3,98	0,98	6,0	24,0
Бурая дальневосточная Brown Far Eastern	1,6±0,95	2,18	2,24	8,9	28,9
Сладкоплодная Sweet fruit	0,5±0,44	3,65	0,92	4,1	42,3
Лунная Lunar	0,7±0,67	2,92	1,34	5,5	42,4
Детскосельская Detskoselskaya	0,4±0,44	4,34	1,14	5,9	48,4
Славянка Slavyanka	0,4±0,21	2,05	0,62	2,6	23,2
Душистая Fragrant	2,0±3,70	2,60	4,00	11,0	77,3

Исследованиями установлено, что сорта смородины черной значительно различаются по этому показателю (табл. 3).

Как следует из материалов табл. 3, при обработке зеленых черенков ИМК формирующиеся побеги в год укоренения имеют средний диаметр у основания от 1,1 до 2,3 мм при максимальном диаметре у сорта Загадка.

Замачивание зеленых черенков в воде не снижает диаметра побегов, формирующихся в год укоренения, и средние диаметры у разных сортов смородины черной варьируются от 1,1 до 2,6 мм.

Успешность укоренения черенков во многом зависит от количества формирующихся корней в год укоренения (табл. 4).

Таблица 3
Table 3

Средние показатели диаметра побегов у основания в год укоренения различных сортов смородины черной

The average diameter of the shoots at the base in the year of rooting of various varieties of black currant

Наименование сорта Name of the variety	Значение показателя с ошибкой, мм The value of the indicator with an error, mm	Средняя квадратическая ошибка The average square error	Асимметричность Asymmetry	Максимальное значение, мм Maximum value, mm	Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
Обработка зеленых черенков ИМК Processing of green cuttings of BCI					
Пилот Pilot	2,4±0,23	0,69	-2,36	3,0	4,8
Селеченская Selechenskaya	1,9±0,40	1,06	-1,06	3,0	10,3
Багира Bagheera	1,9±0,44	1,30	-0,65	3,5	11,7
Загадка Riddle	2,3±0,30	1,29	-1,00	4,5	6,8
Буряя дальневосточная Brown Far Eastern	1,6±0,53	1,39	-0,17	3,5	16,4
Сладкоплодная Sweet fruit	1,7±0,76	1,25	-0,66	3,0	20,1
Лунная Lunar	1,8±0,67	1,48	-0,42	3,5	17,8
Детскосельская Detskoselskaya	1,5±0,85	1,26	-0,18	3,5	25,4
Славянка Slavyanka	1,1±0,46	1,33	0,53	4,0	20,5
Душистая Fragrant	2,0±1,28	1,38	-1,12	3,0	26,2
Замачивание зеленых черенков в воде Soaking green cuttings in water					
Пилот Pilot	2,2±0,37	0,82	-2,09	3,0	6,9
Селеченская Selechenskaya	1,5±0,46	1,01	-0,54	3,0	15,2
Багира Bagheera	2,6±0,39	1,31	-1,20	4,0	7,4
Загадка Riddle	1,5±0,38	1,57	0,25	5,0	12,7

Окончание табл. 3
The end of table 3

Наименование сорта Name of the variety	Значение показателя с ошибкой, мм The value of the indicator with an error, mm	Средняя квадратическая ошибка The average square error	Асимметричность Asymmetry	Максимальное значение, мм Maximum value, mm	Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
Бурая дальневосточная Brown Far Eastern	2,3±0,58	1,37	-1,01	4,0	12,4
Сладкоплодная Sweet fruit	2,2±0,76	1,57	-0,57	4,0	16,7
Лунная Lunar	1,3±0,75	1,51	0,40	3,5	27,8
Детскосельская Detskосelskaya	1,1±0,53	1,37	0,62	3,5	24,6
Славянка Slavyanka	1,3±0,40	1,16	-0,18	3,0	14,5
Душистая Fragrant	2,3±1,58	1,70	-0,62	4,0	28,2

Таблица 4
Table 4

Среднее количество корней, формирующихся в год укоренения зеленых черенков различных сортов смородины черной
The average number of roots formed in the year of rooting of green cuttings of various varieties of black currant

Наименование сорта Name of the variety	Значение показателя с ошибкой, шт. The value of the indicator with an error, pcs.	Средняя квадратическая ошибка The average square error	Асимметричность Asymmetry	Значение, шт. Value, pcs.		Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
				мини-мальное minimum	макси-мальное maximum	
Обработка зеленых черенков ИМК Processing of green cuttings of BCI						
Пилот Pilot	4,0±0,60	1,77	1,00	1	9	8,1
Селеченская Selechenskaya	5,0±0,76	2,01	0,36	1	9	7,3
Багира Bagheera	3,0±0,33	0,97	-0,34	1	5	5,4
Загадка Riddle	4,0±0,31	1,32	0,23	1	8	3,5
Бурая дальневосточная Brown Far Eastern	4,0±0,50	1,31	0,79	2	8	5,7
Сладкоплодная Sweet fruit	3,0±0,83	1,31	0,69	1	6	12,3
Лунная Lunar	5,0±0,87	1,92	0,00	1	9	8,8
Детскосельская Detskосelskaya	4,0±1,72	2,56	0,84	1	9	18,5

Окончание табл. 4
The end of table 4

Наименование сорта Name of the variety	Значение показателя с ошибкой, шт. The value of the indicator with an error, pcs.	Средняя квадратическая ошибка The average square error	Асимметричность Asymmetry	Значение, шт. Value, pcs.		Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
				минимальное minimum	максимальное maximum	
Славянка Slavyanka	3,0±0,48	1,38	0,66	1	6	8,6
Душистая Fragrant	4,0±0,88	0,95	0,86	3	6	8,4
Замачивание зеленых черенков в воде Soaking green cuttings in water						
Пилот Pilot	3,0±0,41	1,07	0,01	1	5	6,3
Селеченская Selechenskaya	4,0±0,34	0,75	0,13	2	5	4,6
Багира Bagheera	5,0±0,51	1,73	-0,57	1	8	5,2
Загадка Riddle	4,0±0,32	1,35	0,41	1	8	3,8
Бурая дальневосточная Brown Far Eastern	5,0±0,95	2,26	0,41	1	10	8,6
Сладкоплодная Sweet fruit	4,0±0,74	1,54	0,72	2	8	7,9
Лунная Lunar	6,0±1,50	3,01	0,59	2	13	11,5
Детскосельская Detskoselskaya	5,0±0,45	1,17	0,37	3	8	4,5
Славянка Slavyanka	3,0±0,50	1,43	0,58	1	7	7,3
Душистая Fragrant	5,0±1,46	1,57	0,04	4	7	11,6

Средние значения количества корней, формирующихся на зеленых черенках в год укоренения при использовании ИМК и обыкновенной воды, различаются несущественно и варьируются у разных сортов от 3 до 6 шт.

Помимо количества корней, важно иметь объективные данные о протяженности корневых систем в год укоренения зеленых черенков (табл. 5).

Согласно материалам табл. 5, средние значения длины корней у черенков разных сортов в год укоренения у большинства сортов после замачивания в воде больше, чем после обработки черенков ИМК. Исключение составляют сорта Пилот, Селеченская и Славянка.

Учитывая, что лучшие значения анализируемых показателей у различных сортов существенно

различаются, нами выполнено распределение сортов смородины черной по рангам. При этом первый ранг оценивается баллом 1, а худший десятый ранг – баллом 10 (табл. 6).

Материалы табл. 6 свидетельствуют, что по 5 показателям успешности укореняемости различных сортов смородины черной зелеными черенками с использованием ИМК лучшими сортами являются Селеченская и Душистая.

При замачивании зеленых черенков водой лучшими по показателям рейтинга оказались сорта Душистая и Багира. Другими словами, при использовании зеленых черенков для размножения смородины черной наиболее перспективен сорт Душистая.

Таблица 5

Table 5

Средние значения показателей длины самого длинного корня в год укоренения зеленых черенков разных сортов смородины черной

The average values of the length of the longest root in the year of rooting of green cuttings of different varieties of black currant

Наименование сорта Name of the variety	Значение показателя с ошибкой, шт. The value of the indicator with an error, pcs.	Средняя квадратическая ошибка The average square error	Асимметричность Asymmetry	Значение, шт. Value, pcs.		Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
				минимальное minimum	максимальное maximum	
Обработка зеленых черенков ИМК Processing of green cuttings of BCI						
Пилот Pilot	10,6±1,65	4,88	0,51	2,9	24,3	7,7
Селеченская Selechenskaya	16,5±2,84	7,47	0,06	1,3	32,0	8,4
Багира Bagheera	11,2±1,93	5,69	0,62	0	28,5	8,4
Загадка Riddle	13,4±1,44	6,04	0,44	1,5	31,1	5,4
Бурая дальневосточная Brown Far Eastern	15,8±2,19	5,75	0,44	7,2	27,1	6,8
Сладкоплодная Sweet fruit	12,6±6,29	9,89	0,76	0,5	32,9	22,7
Лунная Lunar	15,0±3,46	7,59	0,31	1,7	30,4	11,0
Детскосельская Detskoselskaya	10,1±4,35	6,47	0,98	2,2	24,5	19,6
Славянка Slavyanka	9,7±2,00	5,72	0,36	0,5	23,0	10,2
Душистая Fragrant	15,6±5,41	5,85	-0,05	6,4	24,4	14,2
Замачивание зеленых черенков в воде Soaking green cuttings in water						
Пилот Pilot	8,8±1,59	1,07	0,01	1,0	5,0	8,9
Селеченская Selechenskaya	10,0±2,03	4,46	0,24	0,5	20,2	9,8
Багира Bagheera	15,5±1,75	5,88	-0,03	1,9	27,8	5,6
Загадка Riddle	14,4±1,35	5,63	-0,01	2,2	30,5	4,7
Бурая дальневосточная Brown Far Eastern	19,1±3,32	7,86	0,59	7,5	39,7	8,4
Сладкоплодная Sweet fruit	16,2±2,77	5,75	1,02	7,3	31,5	8,1
Лунная Lunar	16,1±2,23	4,48	0,19	9,1	23,8	6,6
Детскосельская Detskoselskaya	13,0±1,37	3,53	-0,37	6,6	20,3	5,1

Окончание табл. 5
The end of table 5

Наименование сорта Name of the variety	Значение показателя с ошибкой, шт. The value of the indicator with an error, pcs.	Средняя квадратическая ошибка The average square error	Асимметричность Asymmetry	Значение, шт. Value, pcs.		Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
				минимальное minimum	максимальное maximum	
Славянка Slavyanka	8,4±1,40	4,02	1,00	0,6	21,2	8,2
Душистая Fragrant	17,9±4,26	4,61	-0,01	11,7	24,3	9,8

Таблица 6
Table 6

Распределение сортов смородины черной по ранговым баллам
Distribution of black currant varieties by rank points

Наименование сорта Name of the variety	Значение балла рейтинга The value of the rating score					Средний балл Average score
	Укореняемость Rootability	Длина побега Escape length	Диаметр основания побега Diameter of the base of the shoot	Количество корней Number of roots	Длина корневой системы The length of the root system	
Обработка зеленых черенков ИМК Processing of green cuttings of BCI						
Пилот Pilot	6	6	1	3	8	4,8
Селеченская Selechenskaya	2	1	4	1	1	1,8
Багира Bagheera	8	3	4	8	7	6,0
Загадка Riddle	5	6	2	3	5	4,2
Буряя дальневосточная Brown Far Eastern	2	5	8	3	2	4,0
Сладкоплодная Sweet fruit	9	10	7	8	6	8,0
Лунная Lunar	4	2	6	1	4	3,4
Детскосельская Detskoselskaya	10	8	9	3	9	7,8
Славянка Slavyanka	7	9	10	8	10	8,8
Душистая Fragrant	1	4	3	3	3	2,8
Замачивание зеленых черенков в воде Soaking green cuttings in water						
Пилот Pilot	9	6	4	9	9	7,4
Селеченская Selechenskaya	8	4	6	6	8	6,4

Окончание табл. 6
The end of table 6

Наименование сорта Name of the variety	Значение балла рейтинга The value of the rating score					Средний балл Average score
	Укореняемость Rootability	Длина побега Escape length	Диаметр основания побега Diameter of the base of the shoot	Количество корней Number of roots	Длина корневой системы The length of the root system	
Багира Bagheera	5	1	1	2	5	2,8
Загадка Riddle	4	7	6	6	6	5,8
Бурая дальневосточная Brown Far Eastern	6	3	2	2	1	2,8
Сладкоплодная Sweet fruit	7	7	4	6	3	5,4
Лунная Lunar	3	5	8	1	4	4,2
Детскосельская Detskoselskaya	2	9	10	2	7	6,0
Славянка Slavyanka	10	9	8	9	10	9,2
Душистая Fragrant	1	2	2	2	2	1,8

Выводы

1. Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) является одним из перспективных кустарниковых видов для создания плодово-ягодных плантаций и увеличения биологического разнообразия в рекреационных насаждениях.

2. Смородина черная характеризуется большим разнообразием сортов, что вызывает необходимость установления перспективности каждого сорта в конкретных условиях произрастания.

3. Одним из способов размножения смородины черной является зеленое черенкование.

4. Укореняемость зеленых черенков смородины черной при обработке 5 %-ным раствором индолил-3-масляной кислоты варьируется от 35,5 до 100 % в зависимости от сорта. Из 10 исследованных сортов лучшей укореняемостью характеризуется сорт Душистая (100 %), худшей – Детскосельская (35,5 %).

5. При замачивании зеленых черенков в воде укореняемость варьируется от 53,0 % у сорта Славянка до 100 % у сорта Душистая.

6. Оценка перспективности сортов смородины черной по показателям укореняемости, длины и толщины побегов, а также количества корней и протяженности корневой системы показала, что из 10 исследуемых сортов при обработке зеленых черенков ИМК лучшими оказались сорта Селечинская и Душистая, а при замачивании в воде – Душистая и Багира.

7. Учитывая высокие потенциальные возможности смородины черной в обеспечении населения витаминизированной продукцией, а также расширении биологического разнообразия насаждений, исследования перспективности различных сортов следует продолжить.

Список литературы

- Выращивание лесных ягодных растений в условиях *in vitro* : лабор. практикум / С. С. Макаров, Е. А. Калашникова, И. Б. Кузнецова [и др.]. Караваево : Костромская ГСХА, 2019. 48 с.
- Годовалов Г. А., Залесов С. В., Коростелев А. С. Недревесная продукция леса. М. : Юрайт, 2018. 351 с.
- Гурьева И. В., Родюкова О. С., Жидехина Т. В. Оценка пригодности сортов смородины черной к размножению зелеными черенками // Современное состояние питомниководства и инновационные основы его развития. Воронеж : Кварта, 2015. С. 225–228.
- Залесов С. В., Панин И. А. Ресурсы ягодных кустарничков в ельнике мшистом среднегорной лесорастительной провинции // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2017. Т. 21. № 1. С. 21–27.
- Изучение флавоноидов и антиоксидантной активности побегов и листьев смородины черной / О. В. Яборова, В. Д. Белоногова, И. В. Алексеева, С. А. Соснина // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 5 (143). DOI: 10.60797/IRJ.2024.143.105
- Использование современных стимулирующих препаратов при введении в культуру *in vitro* лесных ягодных растений рода *Vaccinium* / С. С. Макаров, Е. И. Куликова, И. Б. Кузнецова [и др.] // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2023. № 3 (72). С. 87–94.
- Кожевников А. П., Залесов С. В. Опыт создания коллекции плодовых и декоративных культур. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. 206 с.
- Коростелев А. С., Залесов С. В., Годовалов Г. А. Недревесная продукция леса. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 480 с.
- Оситов Ю. В. Размножение черной смородины однопочковыми одревесневшими черенками / МСХ СССР. М., 1978. 8 с.
- Особенности клонального микроразмножения голубики узколистной на этапах «введения в культуру *in vitro*» и «собственно микроразмножения» / С. С. Макаров, И. Б. Кузнецова, Е. И. Куликова [и др.] // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2022. № 2 (67). С. 170–179.
- Панин И. А., Залесов С. В. Урожайность кустарничков рода *Vaccinium* в условиях спелых и перестойных насаждений Северо-Уральского таежного района // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2020. № 4 (61). С. 138–144. DOI: 10/34655/bgsha.2020.61.4.021
- Панин И. А., Залесов С. В. Ресурсы плодовых растений подлеска в ельнике мшистом Среднеуральской среднегорной лесорастительной провинции // Лесохозяйственная информация : электрон. сетевой журнал. 2017. № 1. С. 69–77.
- Панин И. А., Залесов С. В. Ресурсы ягодных растений ельника нагорного типа леса на склонах северной и южной экспозиций горы Косьюинский Камень // Аграрный научный журнал. Естественные науки. 2016. № 8. С. 43–47.
- Петров В. Экономико-правовое регулирование заготовки дикоросов в России // ЛесПромИнформ. 2016. № 4 (118). С. 122–128.
- Поликарпова Ф. Я. Зеленое черенкование в условиях автоматически регулируемого туманообразования : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Поликарпова Ф. Я. Ленинград, 1965. 25 с.
- Родюкова О. С. Сортовые особенности размножения смородины черной в условиях искусственного тумана // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ. М. : ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии, 2014. Т. XXXVIII. Ч. 2. С. 64–68.
- Родюкова О. С., Жидехина Т. В. Применение микроудобрений для повышения эффективности размножения зеленых черенков смородины черной // Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве. Владикавказ : Горск. гос. аграрн. ун-т, 2017. С. 191–193.

- Соловьева А. Е.* Научные основы питомниководства ягодных культур. Новосибирск, 2008. 280 с.
- Усков В. С.* Рынок плодово-ягодной продукции территорий европейского севера России: состояние и перспективы развития. Вологда : ИСЭРТ РАН, 2015. 148 с.
- Чирипов А. В., Васильева Н. А.* Размножение смородины черной зелеными черенками в защищенном грунте // Современные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии. Благовещенск, 30–31 марта 2023 года. Благовещенск : Дальневост. гос. аграрн. ун-т, 2023. С. 452–458. DOI: 10.22450/9785964205609_452

References

- Chiripov A.V., Vasilyeva N. A.* Propagation of black currant by green cuttings in protected soil // Modern problems of soil management, agrochemistry and ecology. Blagoveshchensk, March 30–31, 2023. Blagoveshchensk : Far Eastern State Agrarian University, 2023. P. 452–458. DOI: 10.22450/9785964205609_452 (In Russ.)
- Cultivation of wild berry plants in vitro : laboratory workshop / *S. S. Makarov, E. A. Kalashnikova, I. B. Kuznetsova* [et al.]. Karavaevo : Kostroma State Agricultural Academy, 2019. 48 p.
- Features of clonal micropropagation of narrow-leaved blueberries at the stages of “introduction to culture in vitro” and “proper micropropagation” / *S. S. Makarov, I. B. Kuznetsova, E. I. Kulikova* [et al.] // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. 2022. № 2 (67). P. 170–179. (In Russ.)
- Godovalov G. A., Zalesov S. V., Korostelev A. S.* Non-timber forest production. Moscow : Yurayt Publishing House, 2018. 351 p.
- Guryeva I. V., Rodyukova O. S., Zhidekhina T. V.* Assessment of the suitability of black currant varieties for propagation by green cuttings // Modern state of nursery breeding and innovative foundations of its development. Voronezh : Kvant, 2015. P. 225–228. (In Russ.)
- Korostelev A. S., Zalesov S. V., Godovalov G. A.* Non-timber forest production. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2010. 480 p.
- Kozhevnikov A. P., Zalesov S. V.* The experience of creating a collection of fruit and ornamental crops, Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2018. 206 p.
- Osipov Yu. V.* Propagation of black currant by single-stemmed, brown cuttings / Ministry of Agriculture of the USSR. Moscow, 1978. 8 p.
- Panin I. A., Zalesov S. V.* Productivity of Vaccinium shrubs in the conditions of ripe and overgrown plantations of the North Ural taiga region // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. 2020. № 4 (61). P. 138–144. DOI: 10/34655/bgsha.2020.61.4.021 (In Russ.)
- Panin I. A., Zalesov S. V.* Resources of berry plants of the spruce forest of the mountain type on the slopes of the northern and southern expositions of the Kosvinsky Kamen mountain // Agrarian Scientific Journal. Natural sciences. 2016. № 8. P. 43–47. (In Russ.)
- Panin I. A., Zalesov S. V.* Resources of fruit plants of the understory in the mossy spruce forest of the Sredneural'skaya srednegornaya forestation province // Forestry information : electron. network log. 2017. № 1. P. 69–77. (In Russ.)
- Petrov V.* Economic and legal regulation of harvesting wild plants in Russia // Les PromInform. 2016. № 4 (118). P. 122–128. (In Russ.)
- Polikarpova F. Ya.* Green cuttings in conditions of automatically regulated fog formation : dis. ... Candidate of Agricultural Sciences / *Polikarpova F. Ya.* Leningrad, 1965. 25 p.
- Rodyukova O. S.* Varietal features of black currant reproduction in conditions of artificial fog // Fruit growing and berry growing in Russia : collection of scientific papers. Moscow : GNU VSTP of the Russian Agricultural Academy, 2014. Vol. XXXVIII. Part 2. P. 64–68. (In Russ.)

- Rodyukova O. S., Zhidekhina T. V.* The use of micronutrients to increase the efficiency of reproduction of green cuttings of black currant // Topical issues of the use of fertilizers in agriculture. Vladikavkaz : Gorsky State Agrarian University, 2017. P. 191–193. (In Russ.)
- Solovyova A. E.* Scientific foundations of berry culture nursery. Novosibirsk, 2008. 280 p.
- The study of flavonoids and antioxidant activity of shoots and leaves of black currant / *O. V. Yaborova, V. D. Belonogova, I. V. Alekseeva, S. A. Sosnina* // International Scientific Research Journal. 2024. № 5 (143). DOI: 10.60797/IRJ.2024.143.105 (In Russ.)
- The use of modern stimulant drugs when introducing in vitro forest berry plants of the genus *Vaccinum* into culture / *S. S. Makarov, E. I. Kulikova, I. B. Kuznetsova* [et al.] // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. 2023. № 3 (72). P. 87–94. (In Russ.)
- Uskov V. S.* The market of fruit and berry products in the territories of the European North of Russia : the state and prospects of development. Vologda : ISERT RAS, 2015. 148 p.
- Zalesov S. V., Panin I. A.* Resources of berry bushes in the mossy spruce forest of the mid-mountain forest province // Forestry Bulletin. 2017. Vol. 21. № 1. P. 21–27. (In Russ.)

Информация об авторах

- A. С. Клинов – магистр;*
A. Н. Марковская – аспирант;
С. В. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

- A. S. Klinov – Master's degree;*
A. N. Markovskaya – postgraduate student;
S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Статья поступила в редакцию 17.09.2024; принята к публикации 15.10.2024.
The article was submitted 17.09.2024; accepted for publication 15.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 94–105.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 94–105.

Научная статья

УДК 574.24

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.010

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТЬЕВ И ПОБЕГОВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Рамиль Раилович Галимов¹, Айтуган Айбулатович Уразбахтин²,
Руслан Вилисович Уразгильдин³

¹⁻³ Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

¹ ramil_galimov_98@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1472-1469>

² urazbaxtin1998@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-1779-7714>

³ urv@anrb.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2071-9306>

Аннотация. Представлены результаты исследования морфологических параметров листьев и побегов березы повислой при произрастании в условиях различных типов промышленного загрязнения Южно-Уральского региона: Стерлитамакского промышленного центра, Карабашского медеплавильного комбината, Учалинского горно-обогатительного комбината, Кумертауского бурогольного разреза, Уфимского промышленного центра. Анализ проводился по следующим параметрам: масса, длина, ширина, площадь листьев и масса, длина, диаметр побегов. Показано, что нефтехимическое загрязнение и полиметаллическое на медно-колчеданных отвалах горно-рудной промышленности подавляют ростовые процессы листьев (до 27 и до 7 % соответственно), вызывая стрессовые адаптивные реакции, что указывает на низкий адаптивный потенциал березы к данным типам загрязнения, а аэротехногенное полиметаллическое и полиметаллическое в сочетании с сернистым ангидридом, полиметаллическое на бурогольных отвалах способствуют активации роста практически всех морфологических параметров листьев (до 15, до 11 и до 33 % соответственно), вызывая толерантные адаптивные реакции, что указывает на высокий адаптивный потенциал березы к данным типам загрязнения. В отличие от листьев у побегов при нефтехимическом и аэротехногенном полиметаллическом и полиметаллическом в сочетании с сернистым ангидридом загрязнениях наблюдается уменьшение морфологических параметров (до 22, до 33 и до 67 % соответственно) и проявляется стрессовая адаптивная реакция, а в условиях медно-колчеданных и бурогольных отвалов изменения отсутствуют и проявляется нейтральная адаптивная реакция. Следовательно, при полиметаллическом аэротехногенном загрязнении наблюдаются противоположные адаптивные реакции между листьями и побегами березы, при нефтехимическом загрязнении – согласованные, а в условиях медно-колчеданных и бурогольных отвалов – несвязанные. Таким образом, показана относительная независимость адаптивных реакций морфологических параметров как в листьях и побегах, так между листьями и побегами. Качественная оценка адаптивных реакций позволяет рекомендовать воздержаться от использования березы для создания искусственных защитных насаждений при нефтехимическом

загрязнении и в условиях медно-колчеданных отвалов, а при аэротехногенном полиметаллическом загрязнении и в условиях буроугольных отвалов, наоборот, стоит рассматривать данную породу как перспективную.

Ключевые слова: береза повислая, листья, побеги, морфологические параметры, промышленное загрязнение, Южно-Уральский регион, адаптивные реакции, сравнительная характеристика

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00570-24-01 по теме № 123020700152-5 «Устойчивость лесообразующих древесных видов и эколого-биологические адаптации с учетом антропогенной трансформации ландшафтно-природных комплексов». В работе использована приборная база Центра коллективного пользования «Агидель».

Для цитирования: Галимов Р. Р., Уразбахтин А. А., Уразгильдин Р. В. Сравнительная характеристика морфологических параметров листьев и побегов березы повислой при различных типах загрязнения в условиях Южно-Уральского региона // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 94–105.

Original article

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF BIRCH LEAVES AND SHOOTS UNDER DIFFERENT TYPES OF POLLUTION IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH URALS REGION

Ramil R. Galimov¹, Aitugan A. Urazbakhtin², Ruslan V. Urazgildin³

¹⁻³ Ufa Institute of biology UFRC RAS, Ufa, Russia

¹ ramil_galimov_98@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1472-1469>

² urazbaxtin1998@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-1779-7714>

³ urv@anrb.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2071-9306>

Abstract. The results of the study of morphological parameters of leaves and shoots of birch when growing in conditions of various types of industrial pollution of the South Ural region (Sterlitamak industrial center, Karabash copper smelting plant, Uchaly mining and processing plant, Kumertau brown coal mine, Ufa industrial center) are presented. The analysis was carried out using following parameters: weight, length, width, area of leaves and weight, length, diameter of shoots. It has been shown that petrochemical pollution and polymetallic pollution on copper-pyrite dumps of the mining industry suppress the growth processes of leaves (up to 27 and up to 7 % respectively), causing stress adaptive reactions, which indicates a low adaptive potential of birch to these types of pollution. But aerotechnogenic polymetallic and polymetallic combined with sulfur dioxide pollutions, and polymetallic pollution on brown-coal dumps contribute to the activation of the growth of almost all morphological parameters of leaves (up to 15, up to 11 and up to 33 % respectively), causing tolerant adaptive reactions, which indicates a high adaptive potential of birch to these types of pollution. Unlike leaves, shoots in conditions of petrochemical and aerotechnogenic polymetallic and polymetallic combined with sulfur dioxide pollutions demonstrate a decrease in morphological parameters (up to 22, up to 33 and up to 67 % respectively) and a stress adaptive reaction is manifested, but in conditions of copper-pyrite and brown-coal dumps there are no changes in morphological parameters and a neutral adaptive reaction is manifested. Consequently, in polymetallic aerotechnogenic pollution the opposite adaptive reactions between leaves and shoots of birch are observed, in petrochemical pollution – coordinated, and in conditions of copper-pyrite and brown coal dumps – unrelated. Thus, the relative independence of adaptive reactions of morphological parameters in both leaves and shoots

and between leaves and shoots is shown. A qualitative assessment of adaptive reactions makes it possible to recommend refraining from using birch to create protective plantations in case of petrochemical pollution and in conditions of copper-pyrite dumps, and in the conditions of aerotechnogenic polymetallic pollution and brown-coal dumps, on the contrary, this species should be taken into account as perspective.

Keywords: birch, leaves, shoots, morphological parameters, industrial pollution, South Ural region, adaptive reactions, comparative characteristics

Funding: the work was carried out within the framework of State Assignment № 075-00570-24-01 on the topic № 123020700152-5 “Sustainability of forest-forming tree species and ecological and biological adaptation, taking into account the anthropogenic transformation of landscape and natural complexes”. The work used the instrument base of the Agidel Collective Use Center.

For citation: Galimov R. R., Urazbakhtin A. A., Urazgildin R. V. Comparative characteristics of morphological parameters of birch leaves and shoots under different types of pollution in the conditions of the South Ural region // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 94–105.

Введение

За двадцатое столетие произошел резкий скачок развития производственных мощностей, который обостряет вопросы загрязнения промышленными центрами лесных экосистем. Богатством Южно-Уральского региона является огромное количество полезных ископаемых, чем обусловлено столь массовое появление промышленных центров для их добычи и переработки. Каждое из этих предприятий имеет свои особенности производства и значительное количество загрязнителей в составе выбросов. Лес – это природный фильтр, который поглощает множество различных загрязнителей и восстанавливает качество воздуха. Специфические комплексы загрязнителей неоднородно влияют на растительные организмы, произрастающие в защитных насаждениях буферных зон предприятий. В научных трудах последних лет часто встречаются выводы как об отрицательном, так и положительном влиянии техногенеза на древесные растения, особенно на морфологию ассимиляционного аппарата, напрямую контактирующего с токсикантами. Подавляющее количество исследователей указывают на снижение ростовых процессов листьев и побегов березы в условиях различных типов загрязнения (Аралбаева и др., 2009; Беляева, 2018; Бунькова, Абраменко, 2020; Влияние выбросов..., 2016; Завьялов, 2009; Котенко и др., 2023; Лукина, 2011; Неверова, 2002; Саркисянц, 2019; Турмухаметова, 2005; Уразгильдин, 2021; Уразов и др., 2023; Tagirova, Kulagin, 2021; The bioindicative characteristics..., 2023 и др.).

Но крайне редко встречаются публикации, упоминающие о положительном влиянии техногенного загрязнения, причем удлинение побегов описывается чаще (Бухарина и др., 2007; Легощина и др., 2016), чем увеличение размеров листьев (The effects..., 2015). Качественная оценка выявленных адаптивных реакций и сравнительная характеристика влияния различных типов промышленного загрязнения на морфологические параметры древесных растений в публикациях отсутствуют.

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Цель работы – сравнительная оценка воздействия различных типов аэротехногенного загрязнения и отвалов горнорудной промышленности в условиях Южно-Уральского региона на морфологические параметры листьев и побегов березы повислой и качественная оценка выявленных адаптивных реакций. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- 1) подбор промышленных центров с различными типами загрязнения;
- 2) подбор пробных площадей, близких по таксационным характеристикам, в условиях загрязнения и контроля;
- 3) сбор и гербаризация материала, проведение измерений, статистическая обработка и анализ полученных данных.

Районы исследования – пять промышленных центров Южно-Уральского региона с разными

типами промышленного загрязнения (Государственный доклад..., 2023; Реферат..., 2022): Стерлитамакский промышленный центр (СПЦ), Sterlitamak industrial center (SIC) – полиметаллическое загрязнение; Карабашский медеплавильный комбинат (КМК), Karabash copper smelting plant (KCSP) – полиметаллическое загрязнение в сочетании с сернистым ангидридом; Учалинский горно-обогатительный комбинат (УГОК), Uchaly mining and processing plant (UMPP) – полиметаллическое загрязнение в условиях отвалов вскрыш-

ных пород медно-колчеданной горнорудной промышленности; Кумертауский бурогольный разрез (КБР), Kumertau brown coal mine (KBСM) – полиметаллическое загрязнение в условиях отвалов вскрышных пород бурогольного разреза; Уфимский промышленный центр (УПЦ), Ufa industrial center (UIC) – нефтехимическое загрязнение. В каждом районе исследований в соответствии с розой ветров были условно выделены зоны сильного загрязнения и контроль (рис. 1).

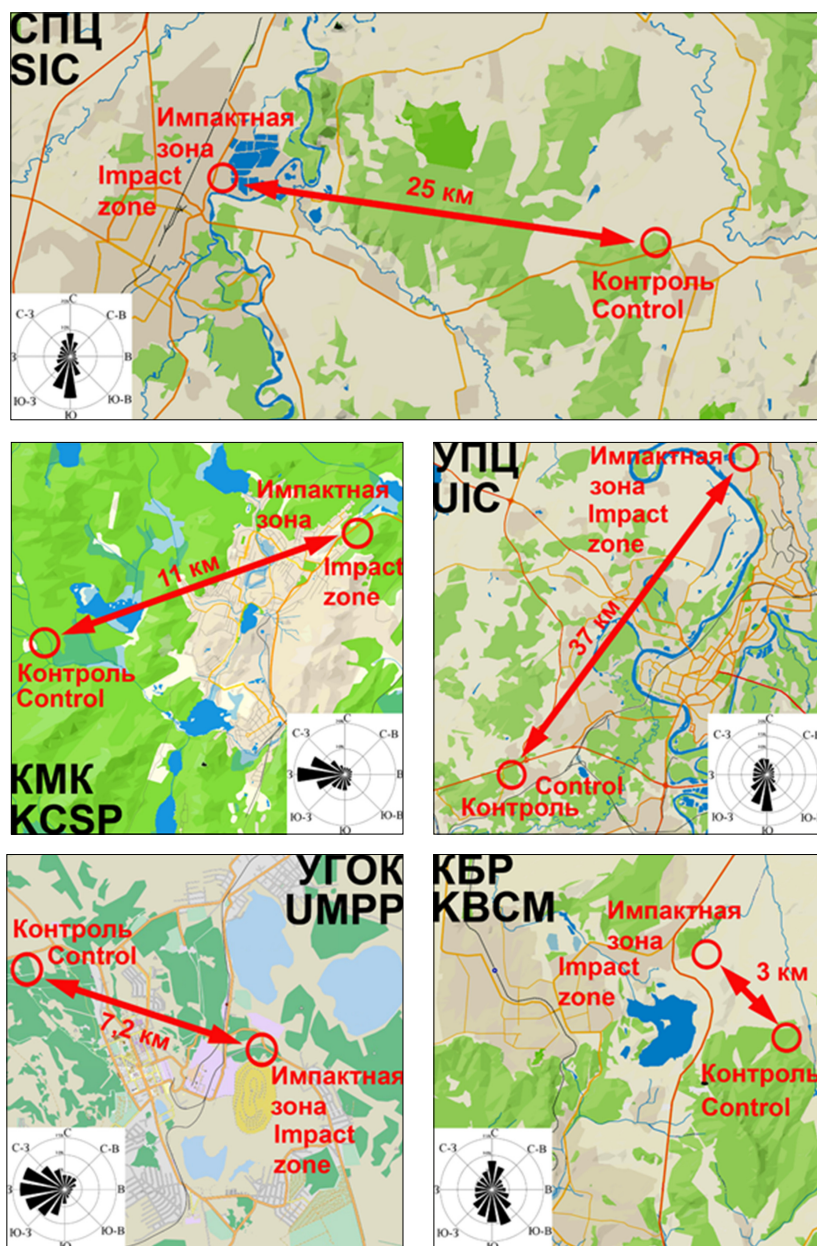


Рис. 1. Схема размещения пробных площадей в промышленных центрах и на контроле (использованы Yandex-карты) с годовой розой ветров (<https://ru.meteocast.in>)

Fig. 1. Scheme of test areas in industrial centers and in control (used Yandex cards) with annual Windrose (<https://ru.meteocast.in>)

Объект исследования – береза повислая (*Betula pendula* Roth) – является пионерным лесообразующим видом Предуралья, которая образует древостои во всех пяти промцентрах, характеризуется высокой энергией роста и неприхотлива к условиям произрастания (Тахтаджян, 1956; Флора..., 1934). Краткая таксационная характеристика древостоев представлена в табл. 1. Из таблицы видно, что существенные различия по таксационным показателям между загрязнением и контролем наблюдаются только на отвалах вскрышных пород УГОК и КБР. Это объясняется тем, что естественное зарастание отвалов началось в конце прошлого века после завершения отсыпки грунтов, по данной причине в условиях контроля отсутствуют древостои, близкие по возрасту. В СПЦ, КМК и УПЦ древостои подобраны корректно, однако следует отметить, что запас древостоя в условиях загрязнения во всех случаях снижается относительно такового на контроле практически на 100 м³/га.

Листья для морфологических исследований собирались с нижней части кроны южной экспозиции дерева во второй половине вегетационного периода после окончания формирования листьев с последующей гербаризацией (минимум 60 образцов). В лабораторных условиях у образцов измерялись следующие параметры: масса абсолютно сухих листьев (мг), длина листа (см), ширина листа (см), площадь листа (см²). Длину (см) и диаметр (мм) побегов текущего года генерации измеряли на сорванных побегах непосредственно в полевых условиях после очистки от листьев, повторность – минимум 20 побегов. Длину, ширину листьев и длину побегов определяли при помощи линейки с точностью до 0,01 мм, диаметр побегов измеряли при помощи штангенциркуля с точностью до 0,01 мм. Масса абсолютно сухих листьев и побегов определялась на высокоточных электронных весах Diamond с точностью до 0,001 г. Для вычисления площади листа березы была использована программа PetiolePro.

Таблица 1
Table 1

Краткая таксационная характеристика древостоев
Brief taxation characteristics of forest stands

Промышленный центр Industrial centre	Местоположение и состав древостоя Location and composition of the forest stand	A ср, лет A avg, yearss	D ср, см D avg, cm	H ср, м H avg, m	Полнота Density	Запас, м ³ /га Timber volume, m ³ /hectare
СПЦ SIC	Загрязнение, 9Б1ГЧ Pollution, 9B1BP	30	27	26	0,6	312,32
	Контроль, 9Б1Д+ОС Control, 9B1O+AS	26	27	26	0,6	408,56
КМК KCSP	Загрязнение, 10Б Pollution, 10B	70	23	24	0,6	377,22
	Контроль, 10Б Control, 10B	65	21	30	0,8	491,12
УГОК UMPP	Загрязнение, 5Б5С Pollution, 5B5P	30	12	14	0,6	327,30
	Контроль, 10Б Control, 10B	50	31	32	0,6	341,00
КБР KBCM	Загрязнение, 7С3Б Pollution, 7P3B	20	15	18	0,8	187,04
	Контроль, 10Б Control, 10B	40	33	30	0,7	627,48
УПЦ UIC	Загрязнение, 10Б Pollution, 10B	36	36	30	0,8	495,00
	Контроль, 5ЛП5Б+В+Д Control, 5L5B+E+O	40	28	27	0,6	582,04

При определении адаптивных реакций использована классификация и методика, предложенная Р.В. Уразгильдиным (2021). В дендрозоологии классическими (стрессовыми) адаптивными реакциями древесных растений на усиление степени промышленного загрязнения принято считать уменьшение морфологических параметров листьев и побегов (длины, ширины, площади, массы и др.), поэтому к стрессовым адаптивным реакциям относили все значительные и статистически достоверные изменения, направленные на усиление ксероморфности, противоположные изменения относили к толерантным адаптивным реакциям, а реакции, выраженные незначительно или статистически недостоверно, – к умеренно-стрессовым и умеренно-толерантным.

Результаты исследования и их обсуждение

Оценка морфологических параметров листьев и побегов березы в различных типах промышленного загрязнения Южно-Уральского региона выявила следующие закономерности (рис. 2).

Масса листьев увеличивается относительно таковой на контроле значительно и достоверно в условиях КМК и КБР, незначительно и недостоверно в СПЦ, но значительно и достоверно уменьшается в условиях УПЦ; в УГОК изменения отсутствуют.

Длина листьев увеличивается относительно таковой на контроле в условиях СПЦ значительно и достоверно, в КМК и КБР незначительно и недостоверно, но уменьшается значительно и достоверно в условиях УПЦ, в УГОК незначительно, но достоверно.

Ширина листьев в условиях СПЦ и КМК незначительно и недостоверно увеличивается относительно таковой на контроле, но уменьшается в условиях УПЦ значительно и достоверно; в УГОК и КБР изменения отсутствуют.

Площадь листьев увеличивается относительно таковой на контроле в условиях СПЦ значительно и достоверно, в КМК и КБР незначительно и недостоверно, но уменьшается в УПЦ значительно и достоверно, в УГОК незначительно и недостоверно.

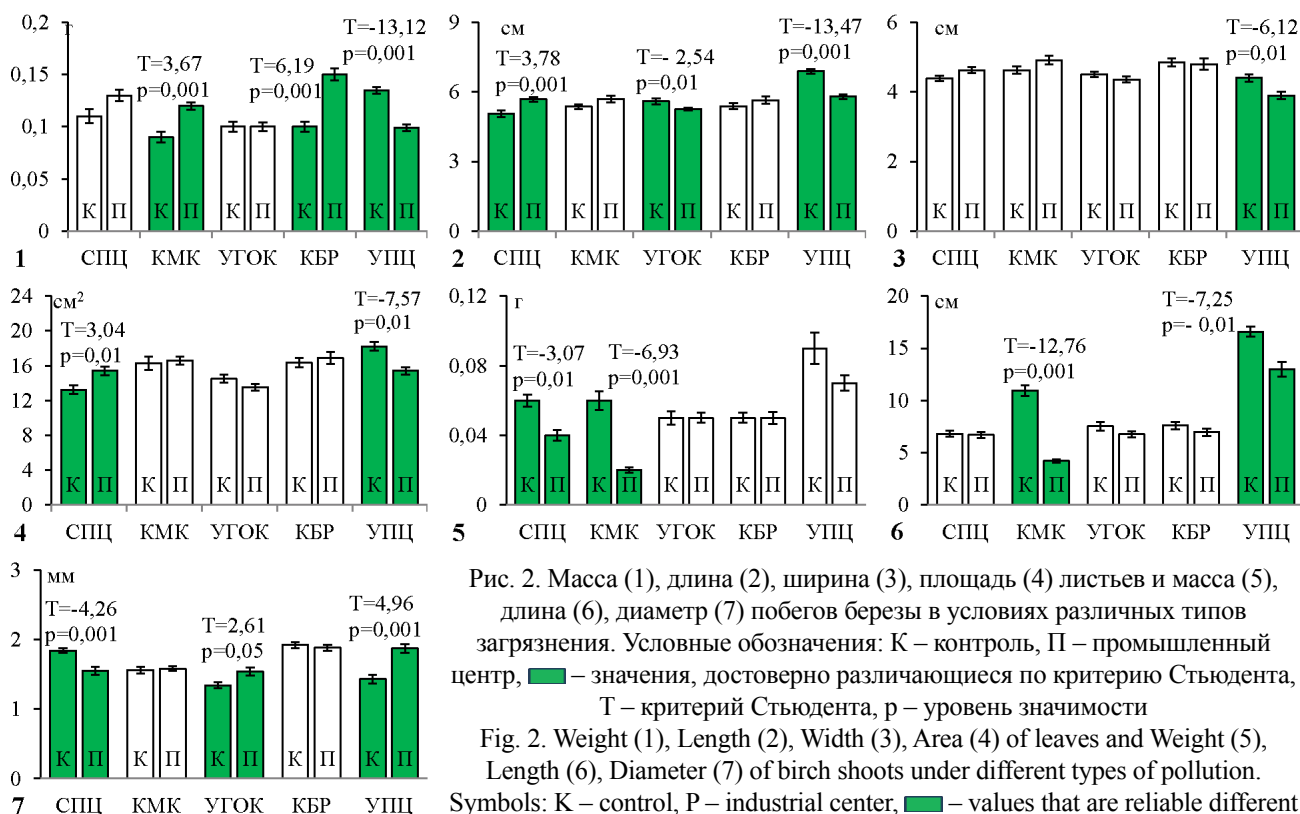


Рис. 2. Масса (1), длина (2), ширина (3), площадь (4) листьев и масса (5), длина (6), диаметр (7) побегов березы в условиях различных типов загрязнения. Условные обозначения: К – контроль, П – промышленный центр, ■ – значения, достоверно различающиеся по критерию Стьюдента, T – критерий Стьюдента, p – уровень значимости
 Fig. 2. Weight (1), Length (2), Width (3), Area (4) of leaves and Weight (5), Length (6), Diameter (7) of birch shoots under different types of pollution. Symbols: K – control, P – industrial center, ■ – values that are reliable different according to the Student’s test, T – Student’s test, p – level of significance

Масса побегов уменьшается относительно таковой на контроле в условиях СПЦ и КМК значительно и достоверно, в УПЦ значительно и недостоверно, в УГОК и КБР изменения отсутствуют.

Длина побегов уменьшается относительно таковой на контроле в условиях КМК и УПЦ значительно и достоверно, в УГОК и КБР незначительно и недостоверно, в СПЦ изменения отсутствуют.

Диаметр побегов относительно такового на контроле увеличивается в условиях УПЦ значительно и достоверно, в УГОК незначительно и достоверно, но уменьшается относительно контроля в условиях СПЦ значительно и достоверно; в КМК и КБР изменения отсутствуют.

Полученные результаты дают возможность классифицировать адаптивные реакции морфологических параметров листьев и побегов березы в условиях различных типов загрязнения Южно-Уральского региона (табл. 2):

– в условиях загрязнения СПЦ наблюдается значительное увеличение всех морфологических параметров листьев (в среднем на 11–15 %),

а у побегов – уменьшение диаметра и массы (на 16 и 33 % соответственно) при неизменной длине. Следовательно, адаптивная реакция на полиметаллическое загрязнение в отношении листьев толерантная, а в отношении побегов – стрессовая;

– в условиях загрязнения КМК наблюдается незначительное увеличение всех морфологических параметров листьев (в среднем на 6–11 %), а у побегов – значительное уменьшение массы и длины (на 67 и 62 % соответственно) при неизменном диаметре. Следовательно, адаптивная реакция на загрязнение полиметаллическим аэрозолем с примесью сернистого ангидрида в отношении листьев умеренно-толерантная, а в отношении побегов – стрессовая;

– в условиях загрязнения УГОК наблюдается незначительное уменьшение длины и площади листа (на 6 и 7 % соответственно) при отсутствии изменения ширины и массы. В отношении побегов нет единой тенденции: при неизменной массе наблюдается увеличение диаметра (на 13 %), но уменьшение длины (на 10 %). Следовательно,

Таблица 2
Table 2

Адаптивные реакции морфологических параметров листьев и побегов березы по отношению к различным типам загрязнения
Adaptive reactions of morphological parameters of leaves and shoots of birch in relation to various types of pollution

Промышленный центр/ Местоположение Industrial Center/ Location	Масса листа Leaf weight	Длина листа Leaf length	Ширина листа Leaf width	Площадь листа Leaf area	Масса побега Shoot weight	Длина побега Shoot length	Диаметр побега Shoot diameter
СПЦ SIC	↑	↑↑	↑	↑↑	↓↓	(–)	↓↓
КМК KCSP	↑↑	↑	↑	↑	↓↓	↓↓	(–)
УГОК UMPP	(–)	↓	(–)	↓	(–)	↓	↑
КБР KBCM	↑↑	↑	(–)	↑	(–)	↓	(–)
УПЦ UIC	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓	↓	↓↓	↑↑

Условные обозначения изменения морфологических параметров в промцентрах относительно таковых на контроле:

↑↑ – значительное и достоверное увеличение; ↑ – незначительное или недостоверное увеличение; (–) – изменения отсутствуют;
↓ – незначительное или недостоверное уменьшение; ↓↓ – значительное и достоверное уменьшение

Symbols for changes in morphological parameters in industrial centers relative to control: ↑↑ – significant and reliable increase;
↑ – slight or unreliable increase; (–) – no changes; ↓ – insignificant or unreliable decrease; ↓↓ – significant and reliable decrease

адаптивная реакция на полиметаллическое загрязнение в условиях отвалов медно-серной горнорудной промышленности в отношении листьев умеренно-стрессовая, а в отношении побегов – нейтральная;

– в условиях загрязнения КБР наблюдаются увеличение всех морфологических параметров листьев (от 3 до 33 %) за исключением неизменной ширины, но уменьшение длины побегов (на 8 %) при отсутствии изменений диаметра и массы. Следовательно, адаптивная реакция на полиметаллическое загрязнение в условиях отвалов вскрышных пород буроугольного разреза в отношении листьев умеренно-толерантная, а в отношении побегов – нейтральная;

– в условиях загрязнения УПЦ четко просматривается значительное уменьшение всех морфологических параметров листьев (на 11–27 %). В отношении побегов нет единой тенденции: при уменьшении длины и массы (на 22 %) наблюдается увеличение диаметра (на 24 %). Следовательно, адаптивная реакция на нефтехимическое загрязнение в отношении листьев стрессовая, а в отношении побегов – умеренно-стрессовая.

Из полученных результатов следует, что при нефтехимическом загрязнении и полиметаллическом на отвалах медно-колчеданной горнорудной промышленности происходит подавление ростовых процессов листьев. Это определяет общую тенденцию в направлении стрессовой адаптивной реакции, что указывает на низкий адаптивный потенциал березы к данным типам загрязнения. Но при аэротехногенном полиметаллическом загрязнении и полиметаллическом на буроугольных отвалах наблюдается активация роста практически всех морфологических параметров листьев и в этих условиях отмечается общее направление в сторону толерантной адаптивной реакции, что указывает на высокий адаптивный потенциал березы к данным типам загрязнения. В отличие от листьев в отношении побегов выявлено отсутствие единой направленности адаптивных реакций для каждого типа загрязнения, тем не менее можно заключить, что при нефтехимическом и аэротехногенном полиметаллическом загрязнении наблюдается уменьшение морфологических параметров и проявляется

стрессовая адаптивная реакция, а при полиметаллическом загрязнении в условиях отвалов медно-колчеданной и буроугольной горнорудной промышленности изменения отсутствуют и проявляется нейтральная адаптивная реакция. Таким образом, при аэротехногенном полиметаллическом загрязнении наблюдаются противоположные адаптивные реакции между листьями и побегами березы, при нефтехимическом загрязнении – согласованные адаптивные реакции, а при полиметаллическом загрязнении в условиях отвалов медно-колчеданной и буроугольной горнорудной промышленности – несвязанные.

Подавляющее большинство отечественных и зарубежных авторов (Аралбаева и др., 2009; Беляева, 2018; Бунькова, Абраменко, 2020; Влияние выбросов..., 2016; Завьялов, 2009; Котенко и др., 2023; Лукина, 2011; Неверова, 2002; Саркисянц, 2019; Турмухаметова, 2005; Уразильдин, 2021; Уразов и др., 2023; Tagirova, Kulagin, 2021; The bioindicative characteristics..., 2023; и др.) констатируют негативное воздействие техногенного загрязнения на морфологические параметры ассимиляционного аппарата древесных растений. Исследования, упоминающие положительные эффекты, крайне малочисленны (Бухарина и др., 2007; Легощина и др., 2016; The effects..., 2015). И в том, и в другом случае авторы делают заключение, что выявленные ими реакции являются адаптивными, однако их качественная оценка, т.е. в какую сторону направлена адаптация, остается нераскрытой. Также следует отметить, что исследователи анализируют, как правило, только один источник промышленного загрязнения, а сравнительная характеристика воздействия различных типов загрязнения на один и тот же древесный вид и качественная оценка выявленных адаптивных реакций отсутствуют. Полученные нами результаты показали, что все изученные типы загрязнения вызывают различные адаптивные изменения морфологических параметров листьев и побегов березы, во многих случаях имеющие противоположное направление как в пределах листьев, так и в пределах побегов. Такая относительная независимость реакций, когда в пределах одного органа наблюдаются одновременно неспецифические

и специфические реакции, свидетельствует о значительной реактивности березы к рассматриваемым стрессовым воздействиям. Кроме того, относительная независимость проявляется не только в пределах листьев и в пределах побегов, но и между листьями и побегами, при этом только в УЩ просматривается единая направленность в сторону стрессовой реакции одновременно у листьев и побегов, в остальных промышленных центрах реакция листьев всегда отличается от реакции побегов. Все наблюдаемые примеры относительной независимости адаптивных реакций свидетельствуют об экологической пластичности березы по отношению к разным типам загрязнения. Качественная оценка выявленных адаптивных реакций позволяет рекомендовать воздержаться от использования березы повислой для создания искусственных защитных насаждений при нефтехимическом загрязнении и полиметаллическом в условиях отвалов вскрышных пород медно-колчеданной горнорудной промышленности, а в условиях аэротехногенного полиметаллического загрязнения и полиметаллического в условиях отвалов вскрышных пород бурогоугольной горнорудной промышленности, наоборот, стоит рассматривать данную породу для лесовосстановления и создания буферных зон.

Выводы

1. Нефтехимическое загрязнение и полиметаллическое на отвалах медно-колчеданной горнорудной промышленности подавляет ростовые процессы листьев березы (до 27 и до 7 % соответственно), вызывая стрессовые адаптивные реакции, что указывает на низкий адаптивный потенциал березы к данным типам загрязнения.

2. Полиметаллическое аэротехногенное загрязнение и полиметаллическое на бурогоугольных отвалах способствует активации роста практически всех морфологических параметров листьев (до 15 % в СПЦ, до 11 % в КМК и до 33 % в КБР), вызывая толерантные адаптивные реакции, что указывает на высокий адаптивный потенциал березы к данным типам загрязнения.

3. В отличие от листьев у побегов при нефтехимическом и полиметаллическом аэротехногенном загрязнении наблюдается уменьшение морфологических параметров (до 22 % в УЩ, до 33 % в СПЦ и до 67 % в КМК) и проявляется стрессовая адаптивная реакция, а в условиях медно-колчеданных и бурогоугольных отвалов изменения отсутствуют и проявляется нейтральная адаптивная реакция.

4. При полиметаллическом аэротехногенном загрязнении наблюдаются противоположные адаптивные реакции между листьями и побегами березы, при нефтехимическом загрязнении – согласованные, а в условиях медно-колчеданных и бурогоугольных отвалов – несвязанные.

5. Показана относительная независимость адаптивных реакций морфологических параметров в пределах листьев, в пределах побегов, а также между листьями и побегами.

6. Следует воздержаться от использования березы для создания искусственных защитных насаждений при нефтехимическом загрязнении и в условиях отвалов медно-колчеданной горнорудной промышленности, а при аэротехногенном полиметаллическом загрязнении и в условиях бурогоугольных отвалов, наоборот, стоит рассматривать данную породу как перспективную.

Список источников

- Аралбаева Л. С., Уразгильдин Р. В., Кулагин А. Ю. Оценка относительного жизненного состояния и стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth) города Салават // Вестник ОГУ. 2009. № 6. С. 39–42.
- Беляева Ю. В. Эколого-биологическая оценка состояния *Betula pendula* Roth в городских насаждениях (на примере г. Тольятти) : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Беляева Ю. В. Тольятти, 2018. С. 171–172.
- Бунькова Н. П., Абраменко В. В. Оценка качества среды в городском лесопарке методом флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Леса России и хозяйство в них. 2020. № 1 (72). С. 54–64.

- Бухарина И. Л., Ведерников К. Е., Поварнищина Т. М. К вопросу о влиянии техногенной среды на формирование и биохимический состав годичного побега древесных растений // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2007. № 2. С. 145–148.
- Влияние выбросов Карабашского медеплавильного комбината (Южный Урал) на размер и флуктуирующую асимметрию листа подроста / Д. В. Веселкин, Н. Б. Куянцева, О. Е. Чащина, Е. В. Коротеева // Растительные ресурсы. 2016. Т. 52. Вып. 1. С. 109–124.
- Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды республики Башкортостан в 2022 году. Уфа : Самрау, 2023. 319 с.
- Завьялов К. Е. Состояние искусственных насаждений березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях магнетитового загрязнения : автореф. дис. ... канд. с-х. наук : 06.03.03 / Завьялов К. Е. Екатеринбург, 2009. 24 с.
- Котенко Д. А., Волкова Д. С., Федорова Д. Е. Флуктуирующая асимметрия листа древесных растений как показатель устойчивости организмов к действию экологических факторов // Вестник СНО ДОННУ. 2023. Вып. 15. Т. 1: Естественные науки. С. 53–62.
- Легощина О. М., Неверова О. А., Быков А. А. Оценка ростовых процессов у древесных растений в условиях преобладающего влияния выбросов промзоны г. Кемерово // Бюллетень науки и практики. 2016. № 5. С. 14–19.
- Лукина Ю. М. Влияние техногенного загрязнения комбината «Североникель» на рост и развитие древесных растений: на примере *Betula Czerepanovii* Orlova : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Лукина Ю. М. Петрозаводск, 2011. 177 с.
- Неверова О. А. Морфометрическая и дендрохронологическая диагностика состояния древесных насаждений как способ индикации загрязнения урбанизированной среды // Успехи современного естествознания. Биологические науки. 2002. № 1. С. 57–64.
- Реферат по итогам оказания услуг по осуществлению регулярных наблюдений химического загрязнения атмосферного воздуха на территории города Карабаша, где нет государственной наблюдательной сети. Челябинск : Филиал ФГБУ «ЦЛАТИ по УФО» по Челябинской области, 2022. 6 с.
- Саркисянц Л. О. Исследование морфологического звена адаптивной реакции березы повислой (*Betula pendula*) на техногенно измененную среду обитания (на примере города Владикавказа, РСО-АЛАНИЯ) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 1. С. 135–140.
- Тахтаджян А. А. Высшие растения. Т. 1. М. ; Л. : АН СССР, 1956. 488 с.
- Турмухаметова Н. В. Особенности морфогенеза побегов и феноритмов *Betula pendula* Roth и *Tilia cordata* Mill. в условиях городской среды : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Турмухаметова Н. В. Новосибирск, 2005. 278 с.
- Уразгильдин Р. В. Лесообразующие виды Предуралья в условиях техногенеза: сравнительная эколого-биологическая характеристика, видоспецифичность, адаптивные реакции, адаптивные стратегии : дис. ... д-ра биол. наук : 06.03.02 / Уразгильдин Р. В. Уфа, 2021. С. 147–148.
- Уразов П. Н., Демидова А. В., Уразова А. Ф. Использование метода флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой для оценки качества среды в защитных лесных полосах // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 14–20.
- Флора СССР. Т. 1 / под ред. М. М. Ильина. Л. : АН СССР, 1934. 300 с.
- Tagirova O. V., Kulagin A. Yu. Morphological Changes of Leaves of Birch (*Betula pendula* Roth) During the Growing Season in the Conditions of Petrochemical Pollution of the Environment // IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science. 2021. Article 012039. URL: <https://www.researchgate.net/> (дата обращения: 01.04.2024).

The bioindicative characteristics of the *Betula pendula* Roth species in the dendrocenoses of the solid household waste landfill's influence zone / *T. Fedoniuk, V. Pazych, Z. Korzh* [et al.] // *Scientific Horizons*. 2023. № 26 (12). P. 64–75.

The effects of short- and long-term air pollutants on plant phenology and leaf characteristics / *S. Jochner, I. Markevych, I. Beck* [et al.] // *Environmental Pollution*. 2015. Vol. 206. P. 382–389.

References

Abstract on the results of the provision of services for the implementation of regular observations of chemical air pollution in the territory of the Karabash city, where there is no state monitoring network. Chelyabinsk : Branch of the FSBI “TsLATI in the UFD” in the Chelyabinsk region, 2022. 6 p.

Aralbaeva L. S., Urazgildin R. V., Kulagin A. Yu. Assessment of the relative life state and stability of the development of birch (*Betula pendula* Roth) of the Salavat city // *Bulletin OSU*. 2009. № 6. P. 39–42. (In Russ.)

Belyaeva Yu. V. Ecological and biological assessment of the state of *Betula pendula* Roth in urban plantations (on the example of Togliatti) : dis.... Candidate of Biological Sciences : 03.02.08 / *Belyaeva Yu. V. Togliatti*, 2018. P. 171–172. (In Russ.)

Bukharina I. L., Vedernikov K. E., Povarnitsina T. M. To the question of the influence of the technogenic environment on the formation and biochemical composition of the annual shoot of woody plants // *Bulletin of Izhevsk State Technical University*. 2007. № 2. P. 145–148. (In Russ.)

Bunkova N. P., Abramenko V. V. Assessment of the quality of the environment in an urban forest park using the fluctuating asymmetry of birch leaves (*Betula pendula* Roth.) // *Forests of Russia and economy in them*. 2020. № 1 (72). P. 54–64. (In Russ.)

Flora of the USSR. T. 1 / Ed. M. M. Ilyina. Leningrad : Academy of Sciences of the USSR, 1934. 300 p.

Kotenko D. A., Volkova D. S., Fedorova D. E. Fluctuating asymmetry of a leaf of woody plants as an indicator of the resistance of organisms to environmental factors // *Bulletin SNO DONNU*. 2023. № 15. Vol. 1 : Natural sciences. P. 53–62. (In Russ.)

Legoshchina O. M., Neverova O. A., Bykov A. A. Assessment of growth processes in woody plants under the prevailing influence of emissions from the Kemerovo industrial zone // *Bulletin of Science and Practice*. 2016. № 5. P. 14–19. (In Russ.)

Lukina Yu. M. The impact of technogenic pollution of the Severonickel plant on the growth and development of woody plants: on the example of *Betula Czerepanovii* Orlova : dis. ... Candidate of Biological Sciences : 03.02.08 / *Lukina Yu. M. Petrozavodsk*, 2011. 177 p.

Neverova O. A. Morphometric and dendrochronological diagnostics of the state of tree plantations as a way to indicate pollution of the urbanized environment // *Successes of modern natural science. Biological sciences*. 2002. № 1. P. 57–64. (In Russ.)

Sarkisyants L. O. Study of the morphological link of the adaptive reaction of birch (*Betula pendula*) to a technologically altered habitat (on the example of the city of Vladikavkaz, North Ossetia-ALANIA) // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2019. № 1. P. 135–140. (In Russ.)

State report on the state of natural resources and the environment of the Republic of Bashkortostan in 2022. Ufa : Samrau, 2023. 319 p.

Tagirova O. V., Kulagin A. Yu. Morphological Changes of Leaves of Birch (*Betula pendula* Roth) During the Growing Season in the Conditions of Petrochemical Pollution of the Environment // *IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science*. 2021. Article 012039. URL: <https://www.researchgate.net/> (accessed 01.04.2024).

- Takhtadzhyan A. A.* Higher plants. Vol. 1. Moscow ; Leningrad : USSR Academy of Sciences, 1956. 488 p.
- The bioindicative characteristics of the *Betula pendula* Roth species in the dendrocenoses of the solid household waste landfill's influence zone / *T. Fedoniuk, V. Pazych, Z. Korzh* [et al.] // *Scientific Horizons*. 2023. № 26 (12). P. 64–75.
- The effects of short- and long-term air pollutants on plant phenology and leaf characteristics / *S. Jochner, I. Markevych, I. Beck* [et al.] // *Environmental Pollution*. 2015. Vol. 206. P. 382–389.
- Turmukhametova N. V.* Features of the morphogenesis of shoots and phenorhythms of *Betula pendula* Roth and *Tilia cordata* Mill. in an urban environment : dis. ... Candidate of Biological Sciences : 03.00.16 / *Turmukhametova N. V.* Novosibirsk, 2005. 278 p.
- Urazgildin R. V.* Forest-forming species of the Urals in conditions of technogenesis: comparative ecological and biological characteristics, species-specific, adaptive reactions, adaptive strategies : dis. ... Doctor of Biological Sciences: 06.03.02 / *Urazgildin R. V.* Ufa, 2021. P. 147–148. (In Russ.)
- Urazov P. N., Demidova A. V., Urazova A. F.* Using the method of fluctuating asymmetry of hanging birch leaves to assess the quality of the environment in protective forest strips // *Forests of Russia and economy in them*. 2023. № 3 (86). P. 14–20. (In Russ.)
- Impact of emissions from the Karabash copper smelter (South Urals) on the size and fluctuating asymmetry of the undergrowth leaf / *D. V. Veselkin, N. B. Kuyantseva, O. E. Chashina, V. Koroteeva* // *Plant resources*. 2016. Vol. 52. № 1. P. 109–124. (In Russ.)
- Zavyalov K. E.* The state of artificial plantations of birch (*Betula pendula* Roth) under conditions of magnesite pollution : autoref. dis. ... Candidate of Agricultural Sciences : 06.03.03 / *Zavyalov K. E.* Yekaterinburg, 2009. 24 p.

Информация об авторах

Р. Р. Галимов – аспирант;

А. А. Уразбахтин – аспирант;

Р. В. Уразгильдин – доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ученый секретарь.

Information about the authors

R. R. Galimov – postgraduate student;

A. A. Urazbakhtin – postgraduate student;

R. V. Urazgildin – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Scientific Secretary.

Статья поступила в редакцию 12.04.2024; принята к публикации 10.09.2024.

The article was submitted 12.04.2024; accepted for publication 10.09.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 106–119.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 106–119.

Научная статья

УДК 574.4 (470.57)+630*231

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.011

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ШИШЕК И СЕМЯН ЕЛИ СИБИРСКОЙ В ВЫСОКОГОРЬЯХ ЮЖНОГО УРАЛА (НА ПРИМЕРЕ МАССИВА ИРЕМЕЛЬ)

Татьяна Сергеевна Воробьева¹, Зуфар Ягфарович Нагимов²,
Ирина Владимировна Шевелина³, Павел Александрович Моисеев⁴,
Дмитрий Сергеевич Балакин⁵, Александр Владимирович Суслов⁶

^{1–3, 5, 6} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

⁴ Институт растений и животных Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ирина Владимировна Шевелина,
shevelinaiv@m.usfeu.ru

Аннотация. В статье представлены результаты оценки количественных и качественных показателей шишек и семян ели сибирской в экотоне верхней границы леса на примере горного массива Иремель (Южный Урал). Установлено, что в ельниках исследуемого экотона формируются некрупные шишки, заметно уступающие по длине, диаметру и весу шишкам из более благоприятных для роста древостоев равнинных условий. Из указанных параметров наибольшей изменчивостью характеризуется вес шишек, а наименьшей – их диаметр. Линейные размеры и вес шишек, содержание семян в шишках, средний вес 1000 семян и их всхожесть в пределах отдельных склонов закономерно уменьшаются с повышением высоты над уровнем моря. При прочих равных условиях эти показатели шишек и семян на юго-западном склоне выше, чем на северном. По посевным качествам большая часть семян относится к категории некондиционных. Низкая всхожесть семян ели на исследуемых объектах в основном обусловлена высокой долей пустых семян. В целом в экотоне верхней границы леса участки леса, различающиеся высотой над уровнем моря на 35–50 м и более, по условиям формирования шишек и семян принадлежат к качественно разнородным совокупностям. Между количеством семян, с одной стороны, и длиной, диаметром и весом шишек – с другой, наблюдаются достаточно устойчивые связи. Однако отдельные параметры шишек (длина, диаметр и вес) не могут в достаточной мере объяснить изменчивость количества семян в шишке. Полученные в результате исследования данные могут служить теоретической и экспериментальной базой для оценки семенной продуктивности и климатогенной динамики древостоев в высокогорьях Южного Урала.

Ключевые слова: ель сибирская, верхняя граница леса, параметры шишек, изменчивость параметров шишек, всхожесть семян

Финансирование: работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы FEUG-2023-0002.

Для цитирования: Количественные и качественные показатели шишек и семян ели сибирской в высокогорьях Южного Урала (на примере массива Иремель) / Т. С. Воробьева, З. Я. Нагимов, И. В. Шевелина [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 106–119.

Original article

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE INDICATORS OF SIBERIAN SPRUCE CONES AND SEEDS ON THE HIGH MOUNTAINS OF THE SOUTH URAL (BASED ON THE EXAMPLE OF THE IREMEL MASSIF)

Tatiana S. Vorobyeva¹, Zufar Ya. Nagimov², Irina V. Shevelina³, Pavel A. Moiseev⁴, Dmitry S. Balakin⁵, Aleksandr V. Suslov⁶

^{1-3, 5, 6} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

⁴ Institute of Plants and Animals, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Irina V. Shevelina, shevelinaiv@m.usfeu.ru

Abstract. The article presents the results of assessing the quantitative and qualitative parameters of cones and seeds of Siberian spruce in the ecotone of the upper forest boundary using the example of the Iremel mountain range (Southern Urals). It has been established that in the spruce forests of the ecotone under study, small cones are formed, which are noticeably inferior in length, diameter and weight to cones from lowland conditions that are more favorable for the growth of tree stands. Of the indicated parameters, the weight of the cones is characterized by the greatest variability, and their diameter by the smallest. The linear dimensions and weight of cones, the number of disease-free seeds in cones, the average weight of 1000 seeds and their germination within individual slopes naturally decrease with increasing altitude. All other things being equal, these parameters of cones and seeds on the southwestern slope are higher than on the northern slope. According to the sowing qualities, most of the seeds belong to the category of substandard. The low germination of spruce seeds in the studied areas is mainly due to the high proportion of empty seeds. In general, in the ecotone of the upper forest boundary, forest areas that differ in height above sea level by 35–50 m or more, according to the conditions for the formation of cones and seeds, belong to qualitatively heterogeneous communities. Quite stable relationships are observed between the number of seeds, on the one hand, and the length, diameter and weight of the cones, on the other. However, individual parameters of cones (length, diameter and weight) cannot sufficiently explain the variability in the number of seeds in a cone. The data obtained as a result of the study can serve as a theoretical and experimental basis for assessing seed productivity and climatogenic dynamics of forest stands in the highlands of the Southern Urals.

Keywords: Siberian spruce, forest upper bound, cone parameters, variability of cone parameters, seed germination

Financing: the work was carried out as part of the implementation of the state budget theme FEUG-2023-0002.

For citation: Quantitative and qualitative indicators of siberian spruce cones and seeds in the high mountains of the South Ural (based on the example of the Iremel massif) / T. S. Vorobyeva, Z. Ya. Nagimov, I. V. Shevelina [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 106–119.

Введение

Со второй половины XX в. существенно возрос интерес научной общественности к лесным экосистемам в высокогорных и высокоширотных районах планеты. Прежде всего это связано с реги-

ональными и глобальными изменениями климата. К изменениям климатической обстановки наиболее чувствительны лесные экосистемы в экстремальных условиях, поэтому они являются наиболее привлекательными объектами для оценки

последствий этих изменений. Многие исследователи отмечают повышение в высокогорьях высотного положения верхней границы леса (Шиятов, 1983; Динамика подгольцовых..., 2008; Григорьев и др., 2012; и др.). Состав и структура насаждений, формирующихся на ранее безлесных территориях горной тундры, тесно связаны с начальными этапами возобновления древесных пород. Успешность лесовозобновления во многом определяется семенной продуктивностью древостоев, которая зависит от многих факторов среды и таксационных показателей насаждений (Санников, 1976; Луганская, 2001; Гурский, 2007; Горяева, 2008; Григорьева, Моисеев, 2018; и др.).

Для оценки климатогенной динамики древесной растительности и моделирования процессов ее формирования и роста в высокогорьях необходимы целенаправленные исследования урожайности, количественных и качественных характеристик шишек и семян в произрастающих в этих условиях насаждениях. В настоящее время вопросы семеношения и семенной продуктивности древостоев на верхней границе леса слабо изучены. В то же время они представляют собой как научный, так и практический интерес.

Объект и методика исследований

Объектом исследований явились древостои ели сибирской, являющейся доминирующей породой в экотоне верхней границы древесной растительности на Южном Урале. Экотон верхней границы древесной растительности считается переходный пояс древесной растительности в высокогорьях между верхней границей сомкнутых насаждений и верхней границей отдельных деревьев в горной тундре. Он с учетом сомкнутости крон деревьев делится на несколько подпоясов: отдельных деревьев, редин и редколесий (Горчаковский, Шиятов, 1985).

Наши исследования проводились на двух горных вершинах массива Иремель (Малый Иремель и Большой Иремель). На склонах этих гор с нашим участием ранее были заложены высотные профили в направлении от сомкнутых лесов к горной тундре. На Малом Иремеле (первый профиль) экспо-

зиция склона юго-западная, а на Большом Иремеле (второй профиль) – северная. В пределах профилей зафиксированы высотные уровни: первый – в реди-нах (на Малом Иремеле на высоте 1360 м над уровнем моря, на Большом – на высоте 1365 м); второй – у верхней границы редколесий (только на Малом Иремеле на высоте 1345 м), третий – у нижней границы редколесий (на высотах 1310 и 1330 м).

На каждом высотном уровне профилей на одинаковом расстоянии друг от друга заложены от 3 до 6 пересчетных площадок площадью 400 м² (20×20 м) каждая. На этих площадках производился индивидуальный учет деревьев (Бабенко и др., 2008).

Осенью урожайного 2023 г. нами на данных профилях проведен сбор шишек с учетных деревьев: на трех высотных уровнях первого профиля с 36 деревьев в количестве 1080 шт. и на двух высотных уровнях второго профиля с 24 деревьев в количестве 720 шт. (табл. 1).

Параметры шишек и семян устанавливались отдельно для каждого профиля, а в пределах профиля – для высотного уровня. В лабораторных условиях у всех собранных шишек (на высотных уровнях профилей) штангенциркулем были измерены длина и диаметр с точностью 0,1 мм. Шишки высушивались и после их полного раскрытия из них извлекались семена. Затем семена обескрыливались, определялись их общее количество и масса в шишке.

Оценка качества семян, процент всхожести и интенсивность прорастания их определялись путем проращивания на столе Якобсена (ГОСТ 13056.6–97). С этой целью по каждому высотному уровню исследуемых профилей отбирались четыре образца по сто семян. Образцы семян помещались на смоченную фильтр-бумагу для проращивания. Количество проросших семян подсчитывалось через определенное количество дней (на 7-й, 10-й, 15-й и 20-й день). Началом проращивания считался день, следующий за днем выкладки. Всхожесть семян в процентах определялась как средний результат по четырем образцам на 20-й день, а энергия прорастания – на 10-й день. После 20-го дня исследований выявлялись причины непрорастания семян.

Таблица 1
Table 1Характеристика высотных уровней и объем выполненных работ
Characteristic of altitude levels and volume of work performed

Горные вершины Mountain peaks		Малый Иремель Maly Iremel	Большой Иремель Bolshoy Iremel
Экспозиция склона Direction of slope		Юго-западная Southwest	Северная North
Высота над уровнем моря высотных уровней, м Altitude levels, m	1	1360	1365
	2	1345	–
	3	1310	1330
Количество пробных площадок, шт. Number of test plots, pcs.		9	6
Количество учетных деревьев, шт. Number of sample trees, pcs.		36	24
Количество собранных шишек, шт. The number of cones collected, pcs.		1080	720
Количество проб семян, шт. Number of seed samples, pcs.		36	24

Результаты исследования
и их обсуждение

Семенная продуктивность хвойных древостоев зависит от таксационных показателей и условий среды, определяющих количественные и качественные показатели шишек и семян. Известно, что в районе исследований периодичность интенсивного плодоношения у деревьев ели сибирской составляет 3–6 лет. По данным лесных организаций, предшествующими урожайными годами на Южном Урале являлись 2017, 2011, 2007 и 2003 гг. Даже в урожайные годы количество шишек у отдельно взятых деревьев и древостоев может резко различаться (Мамаев, Попов, 1989). Эти различия в том числе связаны с размерами деревьев, их возрастом, густотой и сомкнутостью насаждений.

В наших предыдущих работах было показано, что на исследуемых высотных профилях по мере продвижения в гору размерные показатели деревьев и их возраст, густота и сомкнутость полога древостоев существенно (в 2 и более раза) уменьшаются (Бабенко и др., 2008). Поэтому возникает необходимость исследования количественных и качественных показателей шишек и семян, а также семенной продуктивности древостоев отдельно по высотным уровням профилей.

В табл. 2 приведены основные результаты статистической обработки экспериментальных материалов.

Анализируя их, можно отметить следующее. Рассчитанные средние величины всех представленных в табл. 2 параметров достоверны на 5 %-ном уровне значимости ($t_{\text{факт}} > t_{0,05}$) и соответствуют характеризующим ими выборкам. В исследуемых ельниках формируются некрупные по длине и диаметру шишки. Средняя длина шишек на исследуемых объектах (высотных уровнях заложенных профилей) колеблется от 44,4 до 52,2 мм, а их средний диаметр – от 24,3 до 29,1 мм. По данным С. А. Мамаева (1973), длина шишки ели сибирской в среднем достигает 5–6 см, а по данным П. Л. Богданова (1974), – 6–7 см. Небольшие линейные параметры обуславливают и сравнительно малый вес шишек. Средние значения этого показателя колеблются от 2,52 до 3,59 г. Результаты исследований С. А. Мамаева свидетельствуют, что в равнинных лесах Зауралья средний вес семян достигает 5 г.

Линейные размеры и вес шишек закономерно уменьшаются с увеличением высоты над уровнем моря. Особенно это проявляется на Большом Иремеле. Однако и на Малом Иремеле различия по диаметру, длине и весу шишек между деревьями ели

первого и третьего высотных уровней доказываются статистически ($t_{\text{факт}} > t_{0,05}$). Следует отметить, что на этом профиле различия по указанным параметрам шишек между первым и вторым уровнями значительно выше, чем между вторым и третьем. По длине и количеству семян шишки, собранные на

втором уровне, даже превосходят шишки с третьего уровня. Видимо, это обусловлено более благоприятными для развития шишек локальными условиями на втором уровне. В частности, это может быть связано с сомкнутостью крон, которая на втором высотном уровне значительно ниже, чем на третьем.

Таблица 2
Table 2

Основные статистические показатели распределения шишек по размерам и массе
Basic statistical parameters of distribution the cones by size and weight

Статистики Statistics	Малый Иремель Maly Iremel			Большой Иремель Bolshoy Iremel	
	Высотные уровни Altitude levels				
	1	2	3	1	3
Длина шишки, мм Length of cone, mm					
Среднее значение Average value	48,10	52,20	51,40	44,40	51,40
Ошибка среднего Error of the average	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
Минимальное Minimum	30,00	35,00	28,00	20,00	31,00
Максимальное Maximum	71,00	77,00	78,00	65,00	69,00
Коэффициент вариации Coefficient of variation	16,29	16,29	20,35	16,79	14,03
Ширина шишки, мм Width of cone, mm					
Среднее значение Average value	27,20	28,70	29,10	24,30	29,10
Ошибка среднего Error of the average	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Минимальное Minimum	16,00	19,00	16,00	10,00	19,00
Максимальное Maximum	38,00	38,00	42,00	33,00	40,00
Коэффициент вариации Coefficient of variation	16,49	12,01	17,20	19,23	11,56
Вес шишки, г Weight of cone, g					
Среднее значение Average value	3,13	3,52	3,73	2,52	3,69
Ошибка среднего Error of the average	0,07	0,07	0,08	0,05	0,05
Минимальное Minimum	1,00	1,10	1,00	0,50	1,40
Максимальное Maximum	7,80	8,10	9,90	5,70	7,70
Коэффициент вариации Coefficient of variation	41,35	38,59	43,52	39,93	29,24

Окончание табл. 2
The end of table 2

Статистики Statistics	Малый Иремель Maly Iremel			Большой Иремель Bolshoy Iremel	
	Высотные уровни Altitude levels				
	1	2	3	1	3
Семян в шишке, шт. The number of seeds in a cone, pcs					
Среднее значение Average value	86	128	97	74	126
Ошибка среднего Error of the average	1,88	2,16	2,43	1,99	1,67
Минимальное Minimum	80	0	16	0	42
Максимальное Maximum	215	253	623	201	209
Коэффициент вариации Coefficient of variation	41,9	32,58	47,73	49,71	25,68

Значения коэффициента вариации диаметра шишек по исследуемым объектам варьируют в пределах от 11,6 до 19,2 %. По шкале С. А. Мамаева (1973) на втором высотном уровне первого профиля и на третьем уровне второго профиля изменчивость данного показателя оценивается как низкая, а на остальных объектах – как средняя. Уровень изменчивости длины шишек на всех исследуемых объектах (коэффициент вариации изменяется от 14,0 до 20,4 %) по указанной шкале средний. В целом варьирование длины шишек несколько выше, чем диаметра. К таким же выводам приходили и другие исследователи (Луганская, 2001; Нагимов и др., 2008). Изменчивость веса шишек значительно выше, чем их линейных размеров. Коэффициент вариации данного показателя на исследуемых объектах изменяется от 29,2 до 43,5 %. Уровень варьирования веса шишек по шкале С. А. Мамаева изменяется от повышенной (на третьем высотном уровне второго профиля) до очень высокой (на первом и третьем уровнях первого профиля). Факт большей изменчивости веса шишек по сравнению с их линейными размерами отмечается и другими исследователями (Мамаев, 1973). Четкой зависимости характера варьирования линейных размеров и веса шишек от высоты произрастания древостоев относительно уровня моря нет.

При сравнении параметров шишек, собранных на разных высотных профилях, обнаруживается, что они более значительны на Малом Иремеле (на юго-западном склоне). Особенно существенны различия между профилями при сопоставлении соответствующих данных, полученных на первом высотном уровне. Так, на первом высотном уровне Малого Иремеля по сравнению с аналогичным уровнем Большого Иремеля длина шишек больше на 3,7 мм (на 8,3 %), диаметр – на 2,9 мм (11,9 %) и вес – на 0,61 г (24,2 %). Таким образом, можно констатировать, что на юго-западном склоне (Малый Иремель) складываются более благоприятные условия для развития шишек и семеношения, чем на северном (Большой Иремель).

По соотношению длины l и диаметра d шишек определяется их форма. Различают круглую ($l:d=1,0\dots1,5$), яйцевидную ($l:d=1,5\dots2,0$), широкую ($l:d=2,0\dots2,5$) и продолговатую ($l:d=2,5\dots3,0$) формы шишек. В специальной литературе отмечается, что шишки ели сибирской яйцевидно-цилиндрические, чешуи широкие, закругленные, цельнокрайние (Богданов, 1974). В то же время длина и диаметр шишек в разные годы могут значительно изменяться, обуславливая непостоянство их формы (Луганская, 2001). Распределение шишек по форме на исследуемых объектах представлено в табл. 3.

Данные табл. 3 свидетельствуют, что на высотных уровнях обоих профилей в основном формируются шишки яйцевидной формы. Их доля по высотным уровням колеблется от 70,2 до 89,2 %. Продолговатая форма шишек встречается крайне редко (до 2,2 %). Шишки круглой и широкой формы по распространению занимают промежу-

точное положение. Четкой зависимости встречаемости шишек той или иной формы от высоты произрастания древостоев относительно уровня моря нет.

Количественные и качественные показатели семян ели сибирской на исследуемых объектах представлены в табл. 4.

Таблица 3

Table 3

Распределение шишек ели сибирской по форме на разных высотных уровнях исследуемых профилей
Distribution of Siberian spruce cones by form at different altitude levels of the studied profiles

Высота над уровнем моря, м Altitude level, m	Размер выборки, шт. Sample volume, pcs.	Форма шишки Form of cone							
		круглая round		яйцевидная ovoid		широкая wide		продолговатая oblong	
		шт. pcs.	%	шт. pcs.	%	шт. pcs.	%	шт. pcs.	%
Малый Ирмель Maly Iremel									
1360	372	50	13,4	295	79,3	26	7,0	1	0,3
1345	371	15	4,0	326	87,9	30	8,1	0	0
1310	365	46	12,6	291	79,7	27	7,4	1	0,3
Большой Ирмель Bolshoy Iremel									
1365	366	36	9,8	257	70,2	65	17,8	8	2,2
1330	378	30	7,9	337	89,2	11	2,9	0	0

Таблица 4

Table 4

Количественные и качественные показатели семян ели сибирской
на разных высотных уровнях исследуемых профилей
Quantitative and qualitative parameters of Siberian spruce seeds
at different altitude levels of the studied profiles

Показатели Parameters	Малый Ирмель Maly Iremel			Большой Ирмель Bolshoy Iremel	
	Высотный уровень Altitude level				
	1	2	3	1	3
Количество семян в шишке, шт. The number of seeds in a cone, pcs.	86±1,88	128±2,16	97±2,43	74±1,99	126±1,67
Вес 1000 семян, г Weight of 1000 seeds, g	2,1	3,1	3,7	1,5	3,5
Лабораторная всхожесть, % Laboratory germination, %	15	23	21	3	39
Энергия прорастания, % Germination energy, %	10	11	9	1	24

Как видно из данных табл. 4, на исследуемых объектах в шишках ели сибирской в среднем содержится достаточное количество семян: от 74 на первом уровне Большого Иремеля до 128 на втором уровне Малого Иремеля. Эти цифры сопоставимы с цифрами, имеющимися в литературе. Данный показатель заметно уменьшается с повышением высоты над уровнем моря. Количество семян в шишке на первом высотном уровне относительно этого показателя на третьем составляет на Малом Иремеле 88,7 %, а на Большом – всего 58,7 %. Известно, что содержание семян в шишке зависит от множества факторов, из которых наиболее существенными являются климатические. Они оказывают решающее влияние на все процессы, связанные с формированием семян. Большое значение имеет погода периодов опыления и оплодотворения.

Важным показателем семян является их абсолютная масса, определяемая у 1000 шт. Существенное влияние на этот показатель оказывают климатические и почвенные условия. Большинство исследователей считают закономерным снижение массы семян с ухудшением лесорастительных условий (Правдин, 1964; Молчанов, 1967; Луганская, 2001; и др.). В специальной литературе отмечается, что размеры и масса семян зависят от погодных условий в период закладки генеративных почек, совокупности метеорологических факторов в период роста и развития озими и условий питания и развития в наиболее ответственный третий год формирования урожая. По данным С.А. Мамаева (1973), средний вес 1000 семян ели сибирской в условиях Зауралья составляет 2,5–6,6 г. В исследуемом экотоне верхней границы леса данный показатель характеризуется существенно меньшими значениями (от 1,5 до 3,7 г). В пределах высотных профилей он закономерно повышается с уменьшением высоты над уровнем моря: на Малом Иремеле – от 2,1 до 3,7 г, а на Большом Иремеле – от 1,5 до 3,5 г. При прочих равных условиях вес 1000 семян на профиле Малого Иремеля выше, чем на профиле Большого Иремеля. Как отмечалось выше, это связано с более благоприятными условиями для формирования шишек и семян на юго-западном склоне (Малый Иремель), чем на северном (Большой Иремель).

Основными показателями посевных качеств семян являются их всхожесть и энергия прорастания. Эти показатели определяются по доле проросших семян в анализируемой выборке. Всхожесть семян определялась за 20 дней проращивания, а энергия их прорастания – за 10 дней. По полученным значениям этих показателей устанавливается класс качества семян, условия и сроки их хранения (ГОСТ 14161–86).

По приведенным в табл. 4 данным можно отметить, что всхожесть семян ели сибирской в экотоне верхней границы леса существенно возрастает со снижением высоты над уровнем моря: на Малом Иремеле – от 15 до 21 %, а на Большом Иремеле – от 3 до 39 %. На Малом Иремеле (юго-западном склоне) зависимость энергии прорастания семян от высоты произрастания древостоев нами не обнаружена. Здесь этот показатель колеблется от 9 до 11 %. На Большом Иремеле (северном склоне) энергия прорастания семян при переходе от первого высотного уровня к третьему резко возрастает (от 1 до 24 %). Такое варьирование качества семян на исследуемых объектах, на наш взгляд, связано с особенностями почвенно-грунтовых условий, поступления тепла и осадков, температурных колебаний на склонах разных экспозиций, а в пределах их – на разных высотных отметках. Наихудшие условия для формирования шишек и семян складываются на верхнем уровне склона северной экспозиции.

Сравнение полученных нами материалов с требованиями ГОСТ 14161–86 к посевным качествам семян хвойных пород свидетельствует о невысоких показателях всхожести семян ели сибирской на исследуемых объектах. По посевным качествам семена не могут быть отнесены даже к самому низкому третьему классу со всхожестью не менее 50 %. Большая часть семян относится к категории некондиционных. О низкой всхожести семян ели в высокогорьях ранее отмечалось А.В. Горяевой (2008).

Для выявления причин низкой всхожести семян производилось специальное исследование. Известно, что у ели сибирской в шишках образуются одновременно полнозернистые и пустые (без эндосперма и зародыша) семена (Мамаев,

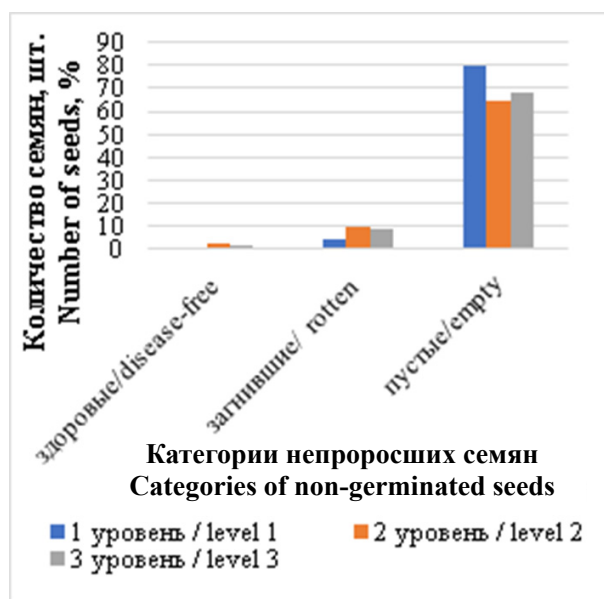
1973). В анализируемых выборках семян определялась доля пустых, загнивших и непроросших полнозернистых методом взрезывания. Непроросшие полнозернистые семена имели зародыш, но не успели сформировать корешок длиной более половины длины семечки в течение 20-дневного периода проращивания. Результаты данных исследований представлены на рисунке.

При анализе полученных данных выявляется, что наибольшее количество непроросших семян являются пустыми. Их доля в общей выборке семян на первом высотном уровне исследуемых профилей достигает 80–90 %. Удельный вес загнивших семян по исследуемым объектам колеблется от 3 до 10 %. Доля непроросших полнозернистых семян ничтожно мала (до 3 %). Таким образом, низкая всхожесть семян ели на исследуемых объектах в основном обусловлена высокой долей пустых семян. Известно, что большое количество пустых семян формируется при неблагоприятных погодных условиях в периоды опыления и оплодотворения (Романовский, 1997). На верхней границе леса это вполне возможная причина.

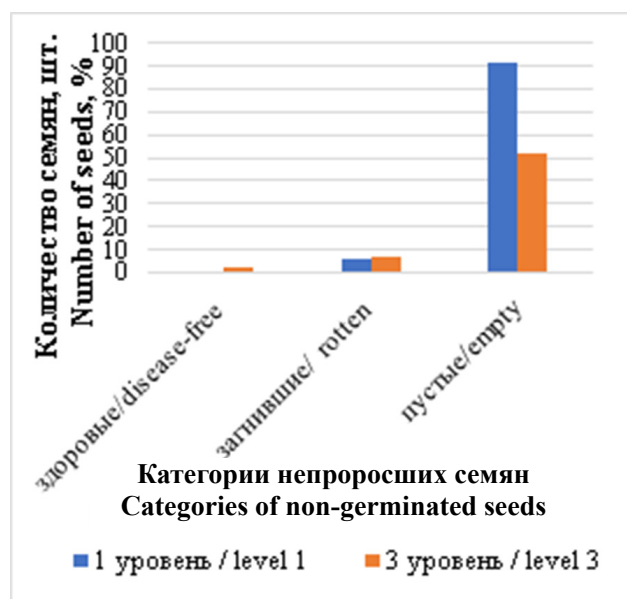
Определение количества семян в шишке, в частности при оценке семенной продуктивности

древесных растений, очень трудоемкий процесс. В этой связи актуальной задачей является составление простых в применении и в то же время корректных и адекватных оценочных нормативов для этой цели. Многие исследователи отмечают, что количество и вес семян в значительной степени зависят от размеров шишки (Луганская, 2001; Горяева, 2008; и др.). Однако С. А. Мамаев (1973) считает, что тесные связи между показателями семян и шишек наблюдаются только в пределах кроны деревьев. В пределах популяции они характеризуются меньшей теснотой. Тем не менее данный вопрос требует детального изучения, так как при наличии устойчивых связей открывается возможность оценки показателей семян по легко устанавливаемым параметрам шишек. В этой связи нами исследованы зависимости количества семян в шишке от ее длины, диаметра и веса.

На начальном этапе исследований нами на нашем экспериментальном материале произведена оценка корректности и адекватности различных функций для описания изучаемых зависимостей с целью подбора лучшей из них. Для этой цели по каждому уравнению рассчитывался коэффициент детерминации R^2 .



М. Ирмель
M. Iremel



Б. Ирмель
B. Iremel

Распределение непроросших семян по категориям
Distribution of non-germinated seeds by category

Наилучшее соответствие фактическим данным и характеру зависимости количества семян от длины, диаметра и веса шишек показало полиномиальное уравнение второго порядка. Статистические показатели уравнений по всем исследованным зависимостям представлены в табл. 5.

Представленные в табл. 5 данные позволяют отметить наличие достаточно устойчивых свя-

зей между количеством семян, с одной стороны, и длиной, диаметром и весом шишек – с другой. Наиболее тесные зависимости наблюдаются на втором высотном уровне Малого Иремеля ($R^2 = 0,591...0,652$) и третьем уровне Большого Иремеля ($R^2 = 0,520...0,637$). Как отмечалось выше, на этих объектах шишки ели характеризуются наибольшим содержанием семян (в среднем

Таблица 5

Table 5

Зависимость количества семян в шишке от ее линейных размеров и веса на разных высотных уровнях исследуемых профилей
Dependence of the number of seeds in a cone on its linear dimensions and weight at different altitude levels of the studied profiles

Высотный уровень Altitude level	Показатель Parameter	Уравнение зависимости The equation of dependence	R^2
Малый Иремель Maly Iremel			
1	Ширина шишки Width of cone	$y = -0,000005x^2 + 0,0129x + 1,8998$	0,331
	Длина шишки Length of cone	$y = -0,000005x^2 + 0,0041x + 4,0892$	0,303
	Вес шишки Weight of cone	$y = 0,0001x^2 + 0,0012x + 2,0373$	0,373
2	Ширина шишки Width of cones	$y = 0,0000002x^2 + 0,0073x + 1,9773$	0,642
	Длина шишки Length of cones	$y = 0,000005x^2 + 0,0003x + 4,022$	0,652
	Вес шишки Weight of cone	$y = 0,0001x^2 - 0,004x + 1,936$	0,591
3	Ширина шишки Width of cones	$y = 0,000005x^2 + 0,0211x + 1,5283$	0,543
	Длина шишки Length of cones	$y = 0,0000006x^2 + 0,0197x + 3,3702$	0,428
	Вес шишки Weight of cone	$y = 0,0001x^2 - 0,0019x + 2,4113$	0,445
Большой Иремель Bolshoy Iremel			
1	Ширина шишки Width of cones	$y = -0,00004x^2 + 0,0126x + 1,8613$	0,459
	Длина шишки Length of cones	$y = -0,00002x^2 + 0,0072x + 3,8822$	0,317
	Вес шишки Weight of cone	$y = 0,00008x^2 + 0,0007x + 2,016$	0,362
3	Ширина шишки Width of cones	$y = -0,00005x^2 + 0,0185x + 1,3321$	0,520
	Длина шишки Length of cones	$y = 0,00001x^2 + 0,0209x + 2,7144$	0,637
	Вес шишки Weight of cone	$y = 0,00001x^2 + 0,0206x + 0,7871$	0,532

128 и 126 шт.). Видимо, большое количество семян и обуславливает большую устойчивость исследуемых связей на данных высотных уровнях.

Из трех параметров шишек, использованных в уравнениях в качестве независимых переменных, выбрать наиболее информативный в объяснении варьирования количества семян не представляется возможным. На разных высотных уровнях более информативными являются разные параметры шишек.

В целом значения коэффициента детерминации (изменяющиеся по высотным уровням в диапазоне от 0,303 до 0,652) свидетельствуют, что отдельные параметры шишек (длина, диаметр и вес) не объясняют в достаточной мере изменчивость количества семян в шишке. Кроме размеров шишек, имеются другие факторы, влияющие на этот показатель. Нормативы по оценке количества семян, помимо параметров шишек, должны содержать другие определяющие факторы. Выявление этих факторов и оценка их вклада в варьирование количества семян в шишке требуют специальных исследований с применением методов многомерного анализа.

Выводы

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы и обобщения. В ельниках исследуемого экотона верхней границы леса формируются не крупные по длине (средняя длина колеблется от 44,4 до 52,2 см), диаметру (от 24,3 до 29,1 мм) и весу (от 2,52 до 3,59 г) шишки. Линейные размеры и вес шишек закономерно уменьшаются с увеличением высоты над уровнем моря. Уровень изменчивости диаметра шишек изменяется от низкой до средней, веса шишек – от повышенной до очень высокой, а длины шишек – на всех объектах средний. Четкой зависимости характера варьирования линейных размеров и веса шишек от высоты над уровнем моря нет. На юго-западном склоне экотона складываются более благоприятные условия для развития шишек и семеношения, чем на северном: исследованные параметры шишек на первом склоне существенно выше, чем на втором.

Содержание семян в шишках заметно уменьшается с повышением высоты над уровнем моря.

Количество семян в шишке на первом высотном уровне относительно этого показателя на третьем составляет на юго-западном склоне 88,7 %, а на северном – всего 58,7 %. Средний вес 1000 семян ели сибирской в исследуемом экотоне (от 1,5 до 3,5 г) заметно меньше, чем в ельниках, произрастающих в равнинных условиях бореальной зоны. При прочих равных условиях этот показатель на юго-западном склоне выше, чем на северном, а в пределах склонов он закономерно увеличивается с уменьшением высоты над уровнем моря.

Всхожесть семян ели сибирской в экотоне верхней границы леса существенно возрастает со снижением высоты над уровнем моря: на юго-западном склоне Иремеля – от 15 до 21 %, а на северном – от 3 до 39 %. По посевным качествам большая часть семян относится к категории некондиционных. Низкая всхожесть семян ели на исследуемых объектах в основном обусловлена высокой долей пустых семян.

Между количеством семян, с одной стороны, и длиной, диаметром и весом шишек – с другой, наблюдаются достаточно устойчивые связи, корректно описываемые полиномиальным уравнением. Однако значения коэффициента детерминации уравнений (изменяющиеся по высотным уровням в диапазоне от 0,303 до 0,652) свидетельствуют, что отдельные параметры шишек (длина, диаметр и вес) не могут в достаточной мере объяснить изменчивость количества семян в шишке.

Варьирование количественных и качественных показателей шишек и семян на исследуемых объектах связано с особенностями почвенно-грунтовых условий, поступления тепла и осадков, температурных колебаний на склонах разных экспозиций, а пределах их – на разных высотных отметках. Наихудшие условия для формирования шишек и семян складываются на верхнем уровне склона северной экспозиции.

В целом на основе приведенных исследований можно сделать заключение, что в экотоне верхней границы леса участки леса, различающиеся высотой над уровнем моря на 35–50 м и более, по условиям формирования шишек и семян принадлежат к качественно разнородным совокупностям.

Список источников

- Бабенко Т. С., Нагимов З. Я., Моисеев П. А.* Закономерности роста деревьев и древостоев ели сибирской в высокогорьях Южного Урала (на примере г. Малый Ирмель). Екатеринбург : Урал. лесотехн. ун-т, 2008. 126 с.
- Богданов П. Л.* Дендрология. М. : Лесн. пром-сть, 1974. 240 с.
- Горчаковский П. Л., Шиятов С. Г.* Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М. : Наука, 1985. 208 с.
- Горяева А. В.* Оценка естественного возобновления ели сибирской и лиственницы сибирской на верхнем пределе их произрастания в высокогорьях Урала : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / *Горяева А. В.* Екатеринбург, 2008. 24 с.
- ГОСТ 13056.6–97. Семена древесных и кустарниковых пород. Методы определения всхожести. М. : Изд-во стандартов, 1998. С. 87–124.
- ГОСТ 14161–86. Семена хвойных древесных пород. Посевные качества. Технические условия. М. : Изд-во стандартов, 1986. 11 с.
- Григорьев А. А., Моисеев П. А., Нагимов З. Я.* Формирование древостоев в высокогорьях Приполярного Урала в условиях современного изменения климата. Екатеринбург : Урал. лесотехн. ун-т, 2012. 170 с.
- Григорьева А. В., Моисеев П. А.* Особенности возобновления лиственницы сибирской на верхнем пределе ее произрастания на Урале и факторы, его определяющие // *Сибирский экологический журнал.* 2018. № 1. С. 17–31.
- Гурский А. А.* Совершенствование методов оценки насаждений и ведения хозяйства в лесах Оренбуржья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / *Гурский А. А.* Оренбург, 2007. 24 с.
- Динамика подгольцовых древостоев на склонах Серебрянского камня (Северный Урал) в последние столетия / *П. А. Моисеев, А. А. Бартыш, А. В. Горяева* [и др.] // *Хвойные бореальной зоны.* 2008. XXV. № 1–2. С. 21–27.
- Луганская С. Н.* Изменчивость семян сосны обыкновенной в зависимости от географического положения, погодных условий и подпочвы на Среднем Урале : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2001. 24 с.
- Мамаев С. А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М. : Наука, 1973. 283 с.
- Мамаев С. А., Попов П. П.* Ель сибирская на Урале. М. : Наука, 1989. 104 с.
- Молчанов А. А.* География плодоношения главнейших древесных пород в СССР. М. : Наука, 1967. 103 с.
- Нагимов З. Я., Артемьева И. Н., Нагимов В. З.* Масса и размеры шишек сосны в лишайниковом типе леса Ханты-Мансийского автономного округа // *Лесной вестник.* 2008. № 3. С. 58–61.
- Правдин Л. Ф.* Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М. : Наука, 1964. 192 с.
- Романовский М. Г.* Формирование урожая семян сосны обыкновенной в норме и при мутагенном загрязнении. М. : Наука, 1997. 112 с.
- Санников С. Н.* Возрастная биология сосны обыкновенной в Зауралье // *Восстановительная и возрастная динамика лесов на Урале и в Зауралье.* Свердловск, 1976. С. 124–165.
- Шиятов С. Г.* Опыт использования старых фотоснимков для изучения смен лесной растительности на верхнем пределе ее произрастания // *Флористические и геоботанические исследования на Урале.* Свердловск, 1983. С. 76–109.

References

- Babenko T. S., Nagimov Z. Ya., Moiseev P. A.* Patterns of growth of trees and stands of Siberian spruce in the highlands of the Southern Urals (using the example of the city of Maly Iremel). Yekaterinburg : Ural forest engineering univ., 2008. 126 p.
- Bogdanov P. L.* Dendrology. Moscow : Lesn. prom., 1974. 240 p.
- Dynamics of subgoltsy forest stands on the slopes of Serebryansky Stone (Northern Urals) in recent centuries / *P. A. Moiseev, A. A. Barysh, A.V. Goryaeva* [et al.] // Conifers of the boreal zone. 2008. XXV. № 1–2. P. 21–27 p. (In Russ.)
- Gorchakovskiy P. L., Shiyatov S. G.* Phytoindication of environmental conditions and natural processes in the highlands. Moscow : Science, 1985. 208 p.
- Goryaeva A. V.* Assessment of the natural regeneration of Siberian spruce and Siberian larch at the upper limit of their growth in the high mountains of the Urals : Author's abstract. dis. ... candidate of agricultural sciences Sci. Yekaterinburg, 2008. 24 p.
- GOST 13056.6–97. Seeds of tree and shrub species. Methods for determining germination. Moscow : Standards Publishing House, 1998. P. 87–124. (In Russ.)
- GOST 14161–86. Seeds of coniferous trees. Sowing qualities. Technical conditions. Moscow : Standard Publishing House, 1998. 11 p. (In Russ.)
- Grigoriev A. A., Moiseev P. A., Nagimov Z. Ya.* Formation of tree stands in the highlands of the Subpolar Urals under conditions of modern climate change. Yekaterinburg : Ural forest engineering univ., 2012. 170 p.
- Grigorieva A. V., Moiseev P. A.* Features of the regeneration of Siberian larch at the upper limit of its growth in the Urals and the factors that determine it // Siberian Ecological Journal. 2018. № 1. P. 17–31. (In Russ.)
- Gursky A. A.* Improving methods for assessing plantings and managing forests in the Orenburg region : abstract of thesis. dis. ... cand. agricultural Sci. Orenburg, 2007. 24 p.
- Luganskaya S. N.* Variability of Scots pine seeds depending on geographical location, weather conditions and tapping in the Middle Urals : Author's abstract. dis. ... cand. agricultural Sci. Yekaterinburg, 2001. 24 p.
- Mamaev S. A.* Forms of intraspecific variability of woody plants. Moscow : Nauka, 1973. 283 p.
- Mamaev S. A., Popov P. P.* Siberian spruce in the Urals. Moscow : Science, 1989. 104 p.
- Molchanov A. A.* Geography of fruiting of the main tree species in the USSR. Moscow : Science, 1967. 103 p.
- Nagimov Z. Ya., Artemyeva I. N., Nagimov V. Z.* Weight and size of pine cones in the lichen type of forest of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug // Forest Herald. 2008. № 3. P. 58–61. (In Russ.)
- Pravdin L. F.* Scots pine. Variation, intraspecific systematics and selection. Moscow : Science, 1964. 192 p.
- Romanovskiy M. G.* Formation of the seed yield of Scots pine under normal conditions and with mutagenic contamination. Moscow : Science, 1997. 112 p.
- Sannikov S. N.* Age biology of Scots pine in the Trans-Ural region // Regeneration and age dynamics of forests in the Urals and Trans-Ural region. Sverdlovsk, 1976. P. 124–165. (In Russ.)
- Shiyatov S. G.* Experience of using old photographs to study changes in forest vegetation at the upper limit of its growth // Floristic and geobotanical studies in the Urals. Sverdlovsk, 1983. P. 76–109. (In Russ.)

Информация об авторах

Т. С. Воробьева – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, vorobyevats@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9776-9689>

З. Я. Нагимов – профессор, доктор сельскохозяйственных наук, nagimovzy@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6853-2375>

И. В. Шевелина – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук,
shevelinaiv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8352-558X>
П. А. Моисеев – доктор биологических наук, заведующий лабораторией,
moiseev@ipae.uran.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4808-295X>
Д. С. Балакин – аспирант,
dmitrijbalakin047@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7339-1266>
А. В. Суслов – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук,
suslovav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2640-7274>

Information about the authors

T. S. Vorobyeva – Associate professor, Candidate of Agricultural Sciences,
vorobyevats@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9776-9689>
Z. Ya. Nagimov – Professor, Doctor of Agricultural Sciences,
nagimovzy@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6853-2375>
I. V. Shevelina – Associate professor, Candidate of Agricultural Sciences,
shevelinaiv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8352-558X>
P. A. Moiseev – Doctor of Biological Sciences, head of laboratory,
moiseev@ipae.uran.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4808-295X>
D. S. Balakin – graduate student,
dmitrijbalakin047@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7339-1266>
A. V. Suslov – Associate professor, Candidate of Agricultural Sciences,
suslovav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2640-7274>

Статья поступила в редакцию 21.09.2024; принята к публикации 21.10.2024.
The article was submitted 21.09.2024; accepted for publication 21.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 120–129.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 120–129.

Научная статья

УДК 630*43:630*9:630*931

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.012

АНАЛИЗ СВОДНОГО ПЛАНА ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПОЖАРООПАСНЫЙ СЕЗОН 2024 ГОДА

Лев Евгеньевич Кузнецов

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
lev.kuznecov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7547-7055>

Аннотация. В статье проанализирован сводный план тушения лесных пожаров в Тюменской области на пожароопасный сезон 2024 г. На основе анализа нормативно-правовых документов, литературных материалов и результатов собственных исследований предпринята попытка установления основных недостатков указанного нормативно-технического документа. Отмечается, что грамотно составленный сводный план позволяет своевременно маневрировать силами и средствами для борьбы с лесными пожарами, что минимизирует риски причиняемого ущерба не только лесному фонду, но и населенным пунктам. За невыполнение мероприятий, утвержденных сводным планом, предусмотрена административная ответственность. Особое внимание в работе уделено защите населенных пунктов от природных пожаров. Своевременно и качественно выполненное противопожарное устройство позволяет эффективно защитить объекты экономики, здания, сооружения, а также жизнь и здоровье граждан. Среди замечаний по сводному плану тушения отмечается отсутствие в нем указаний о необходимости наличия индивидуальных средств тушения потенциального пожара у каждого жилого дома. Последнее, в частности, относится к бочкам с водой. Кроме того, не продумано противопожарное устройство населенного пункта села Салаирка, пострадавшего в 2023 г. от огня природного пожара. Было бы правильным запланировать также уборку захламленности и других напочвенных горючих материалов не только вокруг г. Тюмени, но и других населенных пунктов. По результатам анализа сделаны выводы по совершенствованию сводного плана.

Ключевые слова: Тюменская область, сводный план, лесные пожары

Для цитирования: Кузнецов Л. Е. Анализ сводного плана тушения лесных пожаров в Тюменской области на пожароопасный сезон 2024 года // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 120–129.

Original article

ANALYSIS OF THE CONSOLIDATED PLAN FOR EXTINGUISHING FOREST FIRES IN THE TYUMEN REGION FOR THE FIRE SEASON OF 2024

Lev E. Kuznetsov

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia
lev.kuznetsov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7547-7055>

Abstract. The article analyzes the consolidated plan for extinguishing forest fires in the Tyumen region for the fire season of 2024. Based on the analysis of normative legal documents, literary materials and the results of our own research, an attempt has been made to identify the main shortcomings of this normative and technical document. It is noted that a well-drafted consolidated plan allows timely maneuvering of forces and means to combat forest fires, which minimizes the risks of damage not only to the forest fund, but also to settlements. Administrative liability is provided for non-fulfillment of the measures approved by the consolidated plan. Special attention is paid to the protection of settlements from wildfires. A timely and high-quality fire-fighting device allows you to effectively protect economic facilities, buildings, structures, as well as the life and health of citizens. Among the comments on the consolidated extinguishing plan, it is noted that there is no indication in it of the need for individual means of extinguishing a potential fire at each residential building. The latter, in particular, applies to water barrels. In addition, the fire-fighting device of the settlement of the village of Salairka, which was affected by a natural fire in 2023, has not been thought out. It would be correct to also plan the cleaning of clutter and other ground-based combustible materials not only around the city of Tyumen, but also other settlements. Based on the results of the analysis, conclusions have been drawn to improve the consolidated plan.

Keywords: Tyumen region, consolidated plan, forest fires

For citation: Kuznetsov L. E. Analysis of the consolidated plan for extinguishing forest fires in the Tyumen region for the fire season of 2024 // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 120–129.

Введение

Одним из негативных природных факторов являются лесные пожары. В засушливые годы они наносят существенный вред объектам экономики, жилищному фонду, а также создают реальную угрозу здоровью и жизни населения (Залесов, Миронов, 2004; Марченко, Залесов, 2013; Архипов, Залесов, 2017). Неслучайно обеспечение качества жизни последнего можно обеспечить только при условии эффективной борьбы с природными пожарами (Качество жизни: вчера..., 2012; Качество жизни: проблемы..., 2013).

Успех борьбы с огнем зависит от многих причин. Это и оперативное обнаружение лесных пожаров, своевременная доставка людей и техники к месту пожара, умелая организация ликвидации

горения заранее подготовленными пожарными, реализация эффективного противопожарного устройства и др. В целях выполнения мероприятий по минимизации пожарной опасности и эффективного тушения потенциальных пожаров составляются специальные планы работ.

В соответствии с действующими нормативными документами перед началом пожароопасного сезона для каждого лесничества разрабатывается план тушения пожаров (ПТП) (Постановление Правительства РФ от 17 мая..., 2011). Указанные планы объединяются на уровне субъекта Российской Федерации в сводный план тушения пожаров (СПТП) (Постановление Правительства РФ от 18 мая..., 2011). В ПТП и СПТП прописываются действия, которые следует выполнить в случае

возникновения лесного (природного) пожара. Особое место при этом как в ПТП, так и в СПТП уделяется защите населенных пунктов и объектов экономики. Кроме того, в ПТП и СПТП указывается состав лесопожарных формирований, а также перечень сил и средств, включая возможности аварийно-спасательной службы, которые могут быть использованы в случае возникновения лесного пожара. Особое внимание уделяется координации действий организаций, которые будут в той или иной степени задействованы в ликвидации возникающих пожаров.

Указанное не просто оговаривается в ПТП и СПТП, но и утверждается, что обязываются все задействованные организации к исполнению требований планов.

Естественно, что в период пожароопасного сезона ПТП и СПТП становятся ключевыми документами о правильности и детальности их составления, а также от неукоснительной их реализации зависит не только сохранение природных ресурсов, объектов экономики, жилого фонда, но и здоровья, а также жизни людей. К сожалению, нередко ПТП и СПТП составляются формально и не способствуют решению задач, в целях которых они составляются.

На первый план выходит проблема качества планирования. Оптимизация лесопользования не может быть обеспечена без детальной проработки нормативно-правовых актов (Залесов, Платонов, 2021). Указанное в полной мере относится к противопожарному планированию. Каждый конкретный план тушения лесных пожаров должен учитывать потенциальную природную горимость лесов, наличие природных и искусственных противопожарных барьеров, обеспеченность средствами тушения и подготовленность лесных пожарных, а также различные варианты погодных условий.

Сводные планы по тушению лесных пожаров должны основываться на реальных силах и средствах, доступных в регионе, а не на том, что мы хотели бы видеть на бумаге. Поэтому в первую очередь важно иметь объективные данные о наличии техники, оборудования и квалифицированных специалистов. Важным моментом является своевременное использование ресурсов региона.

Мероприятия, утвержденные сводным планом, должны выполняться вне зависимости от финансирования и погодных условий.

Цель и объекты исследований

Цель работы – анализ ПТП и СПТП Тюменской области и разработка на этой основе предложений по их совершенствованию.

В процессе проведения исследований анализировались проектные решения, предлагаемые ПТП и СПТП на 2024 г., соответствие их нормативно-правовым документам, а также накопленному опыту по ликвидации природных пожаров в Тюменской области. Кроме того, при анализе были использованы литературные и ведомственные материалы, информация из сети Интернет и результаты выполненных ранее исследований автора.

Результаты исследования и их обсуждение

СПТП для борьбы с природными пожарами на территории Тюменской области был разработан и утвержден губернатором 6 марта 2024 г., т. е. до начала пожароопасного сезона (Сводный план тушения..., 2024). В указанном документе отмечается, что земли лесного фонда составляют в данном субъекте РФ 11 395,8 тыс. га, или 71 % от общей площади.

Тюменская область характеризуется специфическими, т. е. отличающимися от сопредельных территорий, климатическими условиями, что вызывает необходимость индивидуальных подходов к проектированию всего перечня противопожарных мероприятий.

Так, при общей континентальности климата в области зачастую влажные годы чередуются с засушливыми. Нередки сильные ветра, способствующие развитию низовых лесных пожаров в верховьях. При этом продолжительность вегетационного периода составляет 181–199 дней, что обуславливает длительный пожароопасный период как в различных районах области, так и в насаждениях различных групп типов леса (Данчева и др., 2023; Особенности пожароопасного сезона..., 2023; Оценка влияния лесных..., 2023; Охрана населенных пунктов..., 2023).

Лесной фонд Тюменской области объединяет леса государственного лесного фонда, а также леса, произрастающие на землях сельхозпроизводителей. Указанный лесной фонд распределен между 22 лесничествами в соответствии с приказом Рослесхоза (Приказ Рослесхоза..., 2008). Кроме того, на территории Тюменской области находится Тюменское лесничество, подчиненное Министерству обороны РФ.

Анализ потенциальной природной пожарной опасности показал, что в среднем класс природной пожарной опасности (КППО) лесного фонда области 4,2. При этом на долю насаждений I–III КППО, где низовые лесные пожары возможны в течение всего пожароопасного сезона, приходится 10,2 % территории лесного фонда.

На 1,8 % площади лесного фонда, характеризующейся первым КППО, возможны верховые пожары в течение всего пожароопасного сезона, а на 1,1 % (второй КППО) они возникают, как правило, в мае-июне и сентябре-октябре. При этом для развития низового пожара в верховой требуются определенные условия, в частности, наличие значительного количества напочвенных горючих материалов, вертикальная сомкнутость крон хвойных деревьев, высокая температура воздуха и наличие ветра.

Максимальной потенциальной природной пожарной опасностью характеризуются Заводоуковское и Тюменское лесничества, где высокие КППО сочетаются с интенсивным посещением лесного фонда населением и наличием значительного количества населенных пунктов.

Велика вероятность возникновения лесных пожаров в Аромашевском, Омутинском, Сладковском, Упоровском и Ялуторовском лесничествах. Указанные лесничества не только имеют значительные площади насаждений I и II КППО, но и расположены в южной части области, где аридизация климата проявляется более четко.

Значительно меньшей пожарной опасностью характеризуются леса, расположенные на севере области и составляющие 60 % от общей площади лесного фонда. Снижению потенциальной горимости в этой части области способствует также слабая освоенность лесов дорожной сетью.

В целом по области можно отметить, что в период с 1997 по 2023 гг. продолжительность пожароопасного сезона варьировалась от 51 дня в 1999 г. до 213 дней в 2010 г. при средней продолжительности указанного сезона 186 дней. Как правило, лесные пожары начинаются в конце апреля и заканчиваются в конце октября.

За пятилетний период средняя площадь лесного пожара по области составила 103,1 га.

Как отмечалось ранее, наиболее высокой горимостью по количеству пожаров характеризуются Тюменское и Нижнетавдинское лесничества, где высокое количество лесных пожаров отмечается практически ежегодно.

Для Тюменской области характерна максимальная горимость в апреле-мае. Последнее неслучайно. Для конца апреля и мая характерна минимальная влажность воздуха. В этот период высыхают напочвенные горючие материалы, особенно прошлогодняя трава, кроме того, для этого периода характерны высокая температура воздуха, минимальное количество осадков и сильные ветра.

Нельзя также не отметить, что в майские праздники население городов и поселков любит отдыхать на природе, что резко увеличивает вероятность возникновения лесных пожаров из-за увеличения источников огня.

В целях недопущения подхода огня к населенным пунктам по их границам с лесными насаждениями выполняются профилактические противопожарные мероприятия (Кректунов, Залесов, 2017; Официальный сайт..., 2024; Охрана населенных пунктов..., 2022):

- перед началом пожароопасного сезона или поздней осенью предыдущего года вокруг населенных пунктов прокладываются минерализованные полосы, которые могут служить для пуска отжига или останавливают низовой лесной пожар;
- в течение пожароопасного сезона осуществляется очистка минерализованных полос от горючих материалов;
- создаются противопожарные водоемы и (или) источники забора воды, необходимой для ликвидации возможных природных пожаров;

– создаются подъезды к пожарным водоемам и площадки для пожарной техники в период забора воды;

– в прилегающих к населенному пункту хвойных насаждениях создаются противопожарные разрывы с дорогой противопожарного назначения для остановки низовых пожаров и маневрирования пожарных и противопожарной техники;

– вблизи каждого жилого дома устанавливаются емкости с водой или размещаются огнегасители;

– в каждом населенном пункте создается добровольная пожарная дружина.

Как следует из приведенного списка, все мероприятия логичны и вполне выполнимы при содействии местной администрации. В то же время часть мероприятий не выполняется. В частности, в большинстве населенных пунктов добровольные пожарные дружины отсутствуют. Кроме того, рядом с домами чаще всего отсутствуют емкости с водой, поскольку их наличие никем не контролируется. В то же время наличие простых бочек с водой позволило бы оперативно потушить природный пожар на начальной стадии.

В 2023 г. на территории Тюменской области было зафиксировано 222 лесных пожара, которыми была пройдена площадь более 28 526 га. При этом пострадали 4 населенных пункта: с. Успенка, р. п. Богандинский, д. Речкина и с. Салаирка.

На рис. 1 представлена фотография с беспилотного летательного аппарата, запечатлевшая последствия перехода лесного пожара в с. Салаирка.

Таким образом, пострадавший в 2023 г. от лесного пожара населенный пункт с. Салаирка в 2024 г. не включен в сводный план тушения лесных пожаров, соответственно, противопожарные минерализованные полосы и барьеры будут отсутствовать в данном населенном пункте, подвергая очередной угрозе не только объекты экономики и инфраструктуры, но и жизнь граждан.

Считаю целесообразным включить в СПТП 2025 г. на территории Тюменской области с. Салаирка с целью защиты данного населенного пункта. Кроме того, необходимо запланировать уборку захламленности и других напочвенных горючих материалов не только вокруг г. Тюмени, но и других населенных пунктов.



Рис. 1. Последствия перехода лесного пожара в с. Салаирка, 2023 г.
Fig. 1. Consequences of the transition of a forest fire to the village of Salairka, 2023

СПТП на 2024 г. вокруг городов и других населенных пунктов запланирован перечень противопожарных мероприятий. В частности, только в Тюменском районе планируется прокладка заградительных минерализованных полос протяженностью 424 262 м. Указанные полосы запроектированы вокруг таких населенных пунктов, как г. Тюмень – 208 750 м, п. Андреевский – 629 м, р.п. Богандинский, с. Княжево Богандинского муниципального образования (МО) – 1 369 м, п. Боровский – 108 м, п. Винзили – 15 850 м, Горьковское МО – 2 800 м, Ембаевское МО – 3 520 м, д. Головина, с. Онохино – 3 658 м, д. Чаплык, д. Зырянка, с. Успенка – 32 950 м, д. Решетникова, п. Новотарманский, п. Туринский, д. Молчанова – 17 300 м, д. Нариманова – 2 360 м, Кулаковское МО – 11 900 м, д. Коняшина, д. Речкина, с. Кулига, с. Каменка – 5 740 м, с. Перевалово, д. Зубарева, п. Подзем – 10 270 м, д. Патрушева, д. Падерина, с. Гусево – 3 020 м, Червишевское МО – 42 643 м, д. Криводанова – 51 395 м. Как следует из вышеизложенного, протяженность минерализованных полос зависит от размера населенного пункта.

Помимо минерализованных полос, в проекте противопожарного устройства населенных пунктов на 2024 г. предусмотрено также создание противопожарных барьеров других видов протяженностью 17 950 м вокруг г. Тюмени, а также очистка от сухой травянистой растительности, валежника и других напочвенных горючих материалов на площади 298,4 га вокруг того же города.

Анализируя планируемые мероприятия, можно отметить, что правильнее, реальнее и экономически выгоднее было бы проектирование выкашивания полосы шириной 30–50 м вокруг населенных пунктов.

Указанная выкошенная полоса позволяет легко организовать остановку низового лесного пожара, поскольку повторный травостой, формирующийся в конце лета и осенью, не дает достаточной массы для продвижения пожара, а перелетающие через созданную полосу искры легко можно погасить с использованием ранцевых опрыскивателей. Накошенную траву можно использовать на корм

скоту, но даже если ее не убрать, то за август-октябрь она успеет перегнать и не обеспечивает продвижение низового лесного (природного) пожара.

Ликвидация природных пожаров во многом зависит от оснащенности и профессионализма пожарных формирований. В области задача охраны лесного фонда возложена на Тюменскую авиабазу. Последняя включает 19 филиалов, оснащенных по типу лесопожарных станций (ЛПС) второго типа, три межрайонных лесопожарных подразделения, оснащенных по типу ЛПС-3, и 2 отделения авиационной охраны лесов. При этом авиаотделения имеют в своем составе 130 хорошо подготовленных десантников-пожарных.

При возникновении чрезвычайных ситуаций осуществляется маневрирование лесопожарными подразделениями как в рамках Тюменской области, так и между субъектами РФ. В последнем случае переброска пожарных формирований координируется Рослесхозом (Кодекс Российской Федерации..., 2021).

Особо следует отметить, что переброска пожарных формирований из других регионов производится при повышенной и чрезвычайной горимости, когда местные ресурсы, предусмотренные СПТП на конкретном субъекте РФ, использованы полностью или задействованы полностью, а цель – ликвидация природных пожаров, не достигнута.

Схема межрегионального взаимодействия при тушении лесных пожаров приведена рис. 2.

Анализируя рис. 2, следует отметить, что отсутствует межрегиональное взаимодействие с соседней Томской областью. Отсутствие на схеме Томской области может означать отсутствие соглашений о межрегиональном взаимодействии между областями, что, в свою очередь, в трудную минуту приведет к разногласиям и неприятным последствиям.

Следует отметить, что за невыполнение мероприятий, утвержденных сводным планом тушения, на сегодняшний день предусмотрена ответственность (Кодекс Российской Федерации..., 2001).



Рис. 2. Схема межрегионального взаимодействия при тушении лесных пожаров

Fig. 2. The scheme of interregional cooperation in extinguishing forest fires

Выводы

1. В 2023 г. на территории Тюменской области лесные пожары охватили 4 населенных пункта: р.п. Богандинский, д. Речкина, с. Успенку и с. Салаирку. Несмотря на то, что огнем уничтожены строения в с. Салаирка, мероприятия по противопожарному обустройству в данном населенном пункте в 2024 г. не запланированы. С целью защиты данного населенного пункта необходимо запланировать и включить в сводный план тушения лесных пожаров на территории Тюменской области на 2025 г. с. Салаирку. Кроме того, следует запланировать уборку захламленности и других напочвенных горючих материалов не только вокруг г. Тюмени, но и других населенных пунктов.

2. Вокруг населенных пунктов, граничащих с лесными насаждениями, в целях обеспечения пожарной безопасности необходимо усилить контроль над выполнением мероприятий утвержденного СПТП, а именно добиться выполнения всех его пунктов.

3. Необходимо заключить соглашение о межрегиональном взаимодействии с Томской областью.

4. При организации охраны населенных пунктов от природных, в том числе лесных, пожаров при составлении СПТП необходимо использовать современные разработки и научные достижения (Залесов и др., 2014а; Залесов и др., 2014б; Кректунов и др., 2018).

Список источников

- Архипов Е. В., Залесов С. В. Динамика лесных пожаров в Республике Казахстан и их экологические последствия // Аграрный вестник Урала. 2017. № 4 (158). С. 10–15.
- Данчева А. В., Залесов С. В., Коровина В. С. Оценка состояния сосновых древостоев в городских лесах города Тюмени (на примере экопарка «Затюменский» // Хвойные бореальной зоны. 2023. XLI. № 4. С. 293–299. DOI: 10.53374/1993-1035-2023-4-293-299

- Залесов С. В., Годовалов Г. А., Кректунов А. А.* Система пожаротушения NATISK для остановки и локализации лесных пожаров // *Современные проблемы науки и образования*. 2014а. № 3. URL: <https://www.science-education.ru/117-12757> (дата обращения: 08.08.2024).
- Залесов С. В., Залесова Е. С., Оплетев А. С.* Рекомендации по совершенствованию охраны лесов от пожаров в ленточных борах Прииртышья. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014б. 67 с.
- Залесов С. В., Миронов М. П.* Обнаружение и тушение лесных пожаров. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. 138 с.
- Залесов С. В., Платонов Е. П.* К вопросу о необходимости совершенствования нормативно-правовых актов по вопросам лесопользования // *Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса*. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2021. С. 115–119.
- Качество жизни: вчера, сегодня, завтра: Актуальные проблемы вступления России в ВТО / Г.В. Астрагова, А.В. Мехренцев, Л.И. Пономарева [и др.]. Екатеринбург : Стратегия позитива™, 2012. 460 с.
- Качество жизни: проблемы и перспективы XXI века / А. В. Мехренцев, М. И. Хрущева, Г. В. Астратова [и др.]. Екатеринбург : Стратегия позитива™, 2013. 532 с.
- Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 г. № 195-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661 (дата обращения: 08.08.2024).
- Кректунов А. А., Залесов С. В., Хабибуллин А. Ф.* Перспективность использования быстротвердеющей пены для защиты населенных пунктов от природных пожаров // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 5. С. 40–44.
- Кректунов А. А., Залесов С. В.* Охрана населенных пунктов от природных пожаров. Екатеринбург : Урал. ин-т ГПС МЧС России, 2017. 162 с.
- Марченко В. П., Залесов С. В.* Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертис орманы» // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. № 10 (108). С. 55–59.
- Особенности пожароопасного сезона 2022 года в Курганской области / А.М. Ерицов, И.М. Секерин, А.А. Кректунов [и др.] // *Лесной вестник / Forestry Bulletin*. 2023. Т. 27. № 4. С. 78–80. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-4-73-80
- Официальный сайт Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз). URL: <https://rosleshoz.gov.ru> (дата обращения: 05.08.2024).
- Охрана населенных пунктов от лесных пожаров на примере Тюменского района / Л.Е. Кузнецов, С.В. Залесов, И.М. Секерин [и др.] // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2023. № 12 (138). С. 1–9. DOI: 10.23670/IRJ. 2023.138.157
- Охрана населенных пунктов Свердловской области от лесных пожаров на основе анализа способов их обнаружения / А.А. Кректунов, И.А. Ефимов, С.В. Залесов [и др.] // *Техносферная безопасность*. 2022. № 2 (35). С. 3–8. URL: <https://uigps.ru/nauka/tekhnosfernaya-bezopasnost-nauchnyu-elektronyu-zh/> (дата обращения: 05.08.2024).
- Оценка влияния лесных пожаров на качество воздуха в границах города Тюмени / Л. Е. Кузнецов, С. В. Залесов, А. А. Кректунов [и др.] // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2023. № 8 (134).
- Постановление Правительства РФ от 17 мая 2011 г. № 377 «Об утверждении Правил разработки и утверждения плана тушения лесных пожаров и его формы». URL: <https://base.garant.ru/12185983> (дата обращения: 01.08.2024).
- Постановление Правительства РФ от 18 мая 2011 г. № 378 «Об утверждении Правил разработки сводного плана тушения лесных пожаров на территории субъекта Российской Федерации». URL: <https://base.garant.ru/12185984> (дата обращения: 02.08.2024).

Приказ Рослесхоза от 25.09.2008 г. № 270 «Об определении количества лесничеств на территории Тюменской области и установлении их границ». URL: <https://docs.cntd.ru/document/456065343> (дата обращения: 06.08.2024).

Сводный план тушения лесных пожаров в Тюменской области на пожароопасный сезон 2024 года // Портал ОГВ ТО: офиц. сайт. URL: https://admtumen.ru/ogv_ru (дата обращения: 06.08.2024).

References

- Arkhipov E. V., Zalesov S. V.* Dynamics of forest fires in the Republic of Kazakhstan and their ecological consequences // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017. № 4 (158). P. 10–15. (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Korovina V. S.* Assessment of the state of pine stands in urban forests of the city of Tyumen (on the example of the ecopark “Zatyumensky” // *Coniferous boreal zones*. 2023. XLI. № 4. P. 293–299. DOI: 10.53374/1993-1035-2023-4-293-299 (In Russ.)
- Zalesov S. V., Godovalov G. A., Krektunov A. A.* NATISK fire extinguishing system for stopping and localizing forest fires // *Modern problems of science and education*. 2014a. № 3. URL: <https://www.science-education.ru/117-12757> (accessed 08.08.2024). (In Russ.)
- Zalesov S. V., Zalesova E. S., Opletaev A. S.* Recommendations for improving forest protection from fires in the belt forests of the Irtysh region. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2014b. 67 p.
- Zalesov S. V., Mironov M. P.* Detection and extinguishing of forest fires. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2004. 138 p.
- Zalesov S. V., Platonov E. P.* On the need to improve regulatory legal acts on forest management. // *An effective response to modern challenges, taking into account the interaction of man and nature, man and technology: socio-economic and environmental problems of the forest complex*. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2021. P. 115–119. (In Russ.)
- Quality of life: yesterday, today, tomorrow: Actual problems of Russia’s accession to the WTO / *G. V. Astratova, A. V. Mehrentsev, L. I. Ponomareva* [et al.]. Yekaterinburg : Publishing house of the Group of Companies “Strategy positiva™”, 2012. 460 p.
- Quality of life: problems and prospects of the XXI century / *A. V. Mehrentsev, M. I. Khrushchev, G. V. Astratova* [et al.]. Yekaterinburg : Publishing house of the Group of Companies “Strategy positiva™”, 2013. 532 p.
- The Code of the Russian Federation on Administrative Offenses dated December 30, 2001 № 195-FZ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661 (accessed 08.08.2024). (In Russ.)
- Krektunov A. A., Zalesov S. V., Khabibullin A. F.* The prospects of using fast-hardening foam to protect settlements from natural fires // *Successes of modern natural science*. 2018. № 5. P. 40–44. (In Russ.)
- Krektunov A. A., Zalesov S. V.* Protection of settlements from natural fires. Yekaterinburg : Ural in-t GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2017. 162 p.
- Marchenko V. P., Zalesov S. V.* The burnability of ribbon bores of the Irtysh region and ways to minimize it by the example of the State Scientific and Technical University GLPR “Yertis Ormany” // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2013. № 10 (108). P. 55–59. (In Russ.)
- Features of the 2022 fire season in the Kurgan region / *A. M. Yeritsov, I. M. Sekerin, A. A. Krektunov* [et al.] // *Forest Bulletin / Forestry Bulletin*. 2023. Vol. 27. № 4. P. 78–80. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-4-73-80 (In Russ.)
- The official website of the Federal Forestry Agency (Rosleskhoz). URL: <https://rosleshoz.gov.ru> (accessed 05.08.2024). (In Russ.)
- Protection of settlements from forest fires on the example of the Tyumen region / *L. E. Kuznetsov, S. V. Zalesov, I. M. Sekerin* [et al.] // *International Scientific Research Journal*. 2023. № 12 (138). P. 1–9. DOI: 10.23670/IRJ.2023.138.157 (In Russ.)

- Protection of settlements of the Sverdlovsk region from forest fires based on the analysis of methods of their detection / *A. A. Krektunov, I. A. Efimov, S. V. Zalesov* [et al.] // *Technosphere safety*. 2022. № 2 (35). P. 3–8. URL: <https://uigps.ru/nauka/tekhnosfernaya-bezopasnost-nauchnyy-elektronyy-zh/> (accessed 05.08.2024). (In Russ.)
- Assessment of the impact of forest fires on air quality within the boundaries of the city of Tyumen / *L. E. Kuznetsov, S. V. Zalesov, A. A. Krektunov* [et al.] // *International Scientific Research Journal*. 2023. № 8 (134). (In Russ.)
- Decree of the Government of the Russian Federation dated May 17, 2011 № 377 “On approval of the Rules for the development and approval of a forest fire extinguishing plan and its form”. URL: <https://base.garant.ru/12185983> (accessed 01.08.2024). (In Russ.)
- Resolution of the Government of the Russian Federation dated May 18, 2011 № 378 “On approval of the Rules for the development of a consolidated plan for extinguishing forest fires in the territory of a constituent entity of the Russian Federation”. URL: <https://base.garant.ru/12185984> (accessed 02.08.2024). (In Russ.)
- Rosleskhoz Order № 270 dated 09.25.2008 “On determining the number of forest areas in the Tyumen region and establishing their boundaries”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456065343> (accessed 06.08.2024).
- Summary plan for extinguishing forest fires in the Tyumen region for the 2024 fire season // Portal OGV TO : official website. URL : https://admtyumen.ru/ogv_ru (accessed 06.08.2024). (In Russ.)

Информация об авторах

Л. Е. Кузнецов – аспирант.

Information about the authors

L. E. Kuznetsov – graduate student.

Статья поступила в редакцию 04.09.2024; принята к публикации 15.10.2024.

The article was submitted 04.09.2024; accepted for publication 15.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 130–142.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 130–142.

Научная статья

УДК 630*52:630*174.754

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.013

ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА В ДРЕВЕСИНЕ И КОРЕ ВДОЛЬ ПО СТВОЛУ ДЕРЕВА

Владимир Андреевич Усольцев¹, Николай Иванович Плюха²,
Иван Степанович Цепордей³, Елена Михайловна Ангалт⁴

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹⁻³ Ботанический сад Уральского отделения, Екатеринбург, Россия

⁴ Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

¹ Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

² nikcskript@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1628-3300>

³ ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>

⁴ elenaangalt@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8401-8288>

Аннотация. Лесные экосистемы, занимающие почти треть свободной ото льда поверхности суши, играют важную роль в глобальном круговороте углерода благодаря своей способности накапливать его в своих тканях и смягчать последствия изменения климата. Актуальной становится количественная оценка продуктивности лесных экосистем, и на первый план выступает точность оценки фитомассы и углерода, а также содержания сухого вещества (ССВ) – одного из наиболее трудозатратных показателей при определении фитомассы деревьев. Содержание влаги в компонентах дерева и ССВ, как его обратная величина, характеризует жизненное состояние дерева и во многом определяется как наследственными причинами, так и условиями произрастания. Известно, что ССВ видоспецифично, однако данные о его распределении в древесине и коре вдоль по стволу довольно редки. Цель нашего исследования состояла в анализе видовых особенностей изменения ССВ в древесине и коре вдоль по стволу дерева. По данным 3 823 дисков, взятых по относительным высотам ствола шести лесообразующих видов вдоль по уральскому меридиану, рассчитаны регрессионные модели смешанного типа, включающие в качестве независимых переменных возраст дерева и диаметр ствола, а также положение диска вдоль по стволу. Видовая принадлежность ССВ учтена вводом в модель фиктивных переменных. Установлен общий для исследованных видов характер изменения ССВ как в древесине, так и в коре, а именно его снижение в направлении от основания ствола к вершине. Некоторые виды существенно различаются по величине ССВ в древесине и коре. Имеются также различия ССВ в древесине сосны разных регионов, по-видимому, вследствие различия в условиях влагообеспечения.

Ключевые слова: содержание сухого вещества вдоль по стволу, древесина и кора ствола, сосна обыкновенная, сосна кедровая сибирская, ель сибирская, пихта сибирская, береза повислая, лиственница Сукачева, регрессионные модели

Финансирование: работа выполнена согласно государственному заданию Ботанического сада УрО РАН.

Для цитирования: Видовые особенности изменения содержания сухого вещества в древесине и коре вдоль по стволу дерева / В. А. Усольцев, Н. И. Плюха, И. С. Цепордей, Е. М. Ангальт // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 130–142.

Original article

SPECIES FEATURES OF CHANGES IN THE DRY MATTER CONTENT IN WOOD AND BARK ALONG THE STEM OF A TREE

Vladimir A. Usoltsev¹, Nikolay I. Plyukha², Ivan S. Tsepordey³, Elena M. Anhalt⁴

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

¹⁻³ Botanical Garden, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

⁴ Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

¹ Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

² nikskript@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1628-3300>

³ ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>

⁴ elenaangalt@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8401-8288>

Abstract. Forest ecosystems, which occupy almost a third of the ice-free land surface, play an important role in the global carbon cycle due to their ability to store it in their tissues and mitigate the effects of climate change. Quantitative assessment of the productivity of forest ecosystems is becoming relevant, and the accuracy of the assessment of phytomass and carbon, as well as the dry matter content (DMC), one of the most labor-consuming indicators in estimating the phytomass of trees, comes to the fore. The moisture content in the components of the tree and the DMC, as its inverse value, characterizes the vital state of the tree and is largely determined by both hereditary causes and growing conditions. It is known that the DMC is species-specific, however, data on its distribution in wood and bark along the stem are quite rare. The purpose of our study was to analyze the specific features of DMC changes in wood and bark along the stem of the tree. According to the data of 3 823 disks taken from the relative stem heights of six forest-forming species along the Ural meridian, regression models of a mixed type were calculated, including as independent variables the age of the tree and the diameter of the stem, as well as the position of the disk along the stem. The species affiliation of the DMC data is taken into account by entering dummy variables into the model. The common character of the DMC change in both wood and bark has been established for the studied species, namely, its decrease in the direction from the base of the stem to its top. Some species differ significantly in the DMC in wood and bark. There are also differences in DMC of pine wood from different regions, apparently due to differences in moisture conditions.

Keywords: dry matter content along the stem, wood and bark of the stem, Scots pine, Siberian cedar pine, Siberian spruce, Siberian fir, silver birch, larch, regression models

Financing: the work was carried out according to the state assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Species features of changes in the dry matter content in wood and bark along the stem of a tree / V. A. Usoltsev, N. I. Plyukha, I. S. Tsepordey, E. M. Anhalt // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 130–142.

Введение

Лесные экосистемы, занимающие почти треть свободной ото льда поверхности суши, играют важную роль в глобальном круговороте углеро-

да благодаря своей способности накапливать его в своих тканях (A large and..., 2011; Integrated global assessment..., 2023). В последнее время активно обсуждается возможность инвестирования

в лесовосстановление и/или лесовозобновление для смягчения последствий изменения климата (The global tree..., 2019; Comment on..., 2019). Это побудило научное сообщество исследовать количественную оценку продуктивности лесных экосистем, и на первый план выступает точность оценки фитомассы и углерода различного компонентного состава деревьев. Один из способов решения данной задачи состоит в повышении точности определения содержания сухого вещества (ССВ) – одного из наиболее трудоемких процессов при определении фитомассы и углеродного пула деревьев (Цепордей, 2023). Содержание влаги в компонентах дерева и ССВ, как его обратная величина, характеризуют жизненное состояние дерева и во многом определяются как наследственными причинами, так и условиями произрастания (Исаева, Черепнин, 1988; Наквасина, 2002). Особо важную роль в физиологии растений играет ССВ в листе, в значительной степени определяя интенсивность фотосинтеза (Foliar moisture content..., 2019; Leaf water content..., 2022). ССВ в листьях оливкового дерева (*Phillyrea latifolia* L.) объясняет около 92 % изменчивости удельной листовой поверхности, или отношения поверхности листовой к ее сухой массе (A standardized protocol..., 2001). Информация о влажности и ССВ во фракциях фитомассы насаждений необходима при моделировании лесных пожаров (Hiemstra, Jong, 2006).

Для той или иной фракции фитомассы часто приводятся средние значения ССВ (Усольцев, 1985; Shipley, Vu, 2002) или влажности, как ее обратной величины (Усольцев, 1975). В продвинутых вариантах оценки ССВ даются в связи с возрастом дерева, его высотой или диаметром ствола (Молчанов, 1964; Bergstedt, Olesen, 2000; Baturaygil et al., 2021). При моделировании фитомассы и первичной продукции деревьев вклад ССВ может объяснять до 55 % их изменчивости (Leaf dry matter..., 2017).

Известно, что ССВ тесно коррелирует с базисной плотностью (Полубояринов и др., 1982; Shipley, Vu, 2002). Поскольку изменчивость базисной плотности ниже, чем ССВ (или влажности), показатель базисной плотности как наименее изменчивый и более легко устанавливаемый используется для определения ССВ в древесине. Коэффициент

корреляции при этом может составлять у березы $-0,520$, у сосны $-0,890$, у ели $-0,810$ (Полубояринов и др., 1982) и у маниока (*Manihot esculenta* Crantz) $-0,999$ (Determination..., 2011).

Производство биоэнергии – важный компонент усилий по снижению зависимости от ископаемых видов топлива (Тюкавина и др., 2018), а основной биоэнергетической характеристикой является теплотворная способность (Теплотворная способность..., 2024). Названный показатель характеризует не только качество биотоплива, но и используется при индексировании энергетических циклов в лесных экосистемах (Zeng et al., 2014; Energy stored..., 2021). Одним из способов получения биоэнергии является анаэробное расщепление растительного сырья в биореакторах и последовательное преобразование полученного биогаза в электричество и тепло с помощью специального генератора (Weiland, 2010). Учитывая, что выход метана в основном определяется выходом сухого вещества, высокий выход сухого вещества является основной целью выращивания «биогазовых» культур (Herrmann, Rath, 2012).

Для достижения оптимального использования отходов лесозаготовок в энергетике важно знать, как различные методы обработки и хранения влияют на свойства исходного сырья. Анализ изменения содержания влаги в разных вариантах хранения отходов лесозаготовок хвойных пород выявил не только характер снижения влажности в процессе естественной сушки, но и влияние влажности на потерю сухого вещества, варьирующую от 1 до 3 % в месяц (Modelling moisture..., 2011; Open-air storage..., 2015). Поскольку темпы изменения содержания влаги и сухого вещества в процессе высушивания зависят от погоды, были разработаны модели оценки названных показателей во времени с учетом погодных условий (Weather based moisture..., 2018) и степени разложения (Dry matter losses..., 2019).

Таким образом, ССВ анализируется исследователями во многих приложениях как технического, так и биологического характера. Однако многофакторные закономерности изменения ССВ в древесине и коре по относительным высотам ствола по аналогии с моделями чисел сбегания вдоль по стволу (Усольцев, 1984) фактически не изучались.

**Цель, методика
и объекты исследования**

Цель настоящего исследования состояла в анализе видовых особенностей изменения ССВ в древесине и коре вдоль по стволу дерева.

Для достижения поставленной цели мы использовали авторскую базу эмпирических данных о ССВ лесообразующих пород Северной Евразии (Usoltsev, 2020).

Из нее отобрано 3823 модельных дерева, распределение которых по древесным видам представлено в табл. 1.

Мы предполагаем построить аллометрические модели ССВ смешанного типа (mixed-effects models) (Усольцев и др., 2018), включающие как численные (дендрометрические показатели), так и фиктивные переменные, кодирующие видовую принадлежность исходных данных (табл. 2).

Таблица 1
Table 1

Статистики показателей 3823 модельных деревьев, включенных в регрессионный анализ
Statistics of 3823 sample trees included in the regression analysis

Статистики Statistics	Показатели исходных данных Indicators of the initial data			
	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>Sw</i>	<i>Sbk</i>
Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L., Тургайский прогиб <i>Pinus sylvestris</i> L., Turgai Depression				
Среднее значение The average value	27,0	7,0	44,2	48,2
Минимальное значение Minimum value	5,0	0,3	27,1	25,0
Максимальное значение Maximum value	110,0	34,5	70,0	83,5
Стандартное отклонение Standard deviation	18,0	5,3	7,2	11,5
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	67,7	75,6	16,4	23,8
Число наблюдений Number of observations	3500	3492	3180	3180
Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L., Средний Урал <i>Pinus sylvestris</i> L., Middle Urals				
Среднее значение The average value	24,0	8,9	39,4	40,1
Минимальное значение Minimum value	15,0	2,4	30,0	28,6
Максимальное значение Maximum value	32,0	20,0	55,6	56,5
Стандартное отклонение Standard deviation	6,5	4,6	5,0	5,6
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	27,4	51,5	12,8	14,1
Число наблюдений Number of observations	110	110	110	110
Сосна сибирская <i>Pinus sibirica</i> Du Tour., Средний Урал <i>Pinus sibirica</i> Du Tour., Middle Urals				
Среднее значение The average value	92,0	19,4	46,8	53,9
Минимальное значение Minimum value	50,0	8,1	35,7	42,4

Продолжение табл. 1
Continuation of table 1

Статистики Statistics	Показатели исходных данных Indicators of the initial data			
	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>Sw</i>	<i>Sbk</i>
Максимальное значение Maximum value	146,0	29,3	63,9	61,9
Стандартное отклонение Standard deviation	33,1	6,0	7,1	5,7
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	36,1	30,9	15,2	10,6
Число наблюдений Number of observations	38	38	38	38
Ель сибирская <i>Picea obovata</i> L., Средний Урал <i>Picea obovata</i> L., Middle Urals				
Среднее значение The average value	77,0	20,4	46,2	43,9
Минимальное значение Minimum value	37,0	6,1	33,4	35,0
Максимальное значение Maximum value	134,0	37,9	66,8	60,0
Стандартное отклонение Standard deviation	28,1	10,2	8,1	5,5
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	36,5	49,9	17,5	12,6
Число наблюдений Number of observations	84	84	84	84
Сосна сибирская <i>Abies sibirica</i> L., Средний Урал <i>Abies sibirica</i> L., Middle Urals				
Среднее значение The average value	69,0	13,7	43,0	42,1
Минимальное значение Minimum value	20,0	0,8	31,3	25,0
Максимальное значение Maximum value	164,0	40,3	57,2	57,1
Стандартное отклонение Standard deviation	28,0	8,6	5,5	6,3
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	40,7	62,9	12,7	15,1
Число наблюдений Number of observations	214	214	213	213
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth, Южный Урал <i>Betula pendula</i> Roth, Southern Urals				
Среднее значение The average value	57,0	15,2	57,0	35,5
Минимальное значение Minimum value	31,0	7,0	47,7	28,7
Максимальное значение Maximum value	86,0	26,3	71,1	46,1
Стандартное отклонение Standard deviation	15,0	5,3	5,7	3,0
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	26,5	34,8	10,0	8,4

Окончание табл. 1
The end of table 1

Статистики Statistics	Показатели исходных данных Indicators of the initial data			
	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>Sw</i>	<i>Sbk</i>
Число наблюдений Number of observations	159	159	159	159
Лиственница Сукачева <i>Larix Sukaczewii</i> N. Dyl., Тургайский прогиб (культуры) <i>Larix Sukaczewii</i> N. Dyl., Turgai Depression (plantation)				
Среднее значение The average value	40,0	16,1	58,7	47,5
Минимальное значение Minimum value	40,0	6,2	45,0	32,8
Максимальное значение Maximum value	40,0	28,0	71,3	66,7
Стандартное отклонение Standard deviation	0	6,3	6,9	9,3
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	0	39,1	11,8	19,6
Число наблюдений Number of observations	81	81	39	39

Примечание. *A* – возраст дерева, лет; *D* – диаметр ствола на высоте груди, см; *Sw* и *Sbk* – соответственно ССВ в древесине и коре ствола, %.

Note. *A* – is the age of the tree, years; *D* – is the diameter of the trunk at chest height, cm; *Sw* and *Sbk* – are, respectively, the DMC in the wood and bark of the trunk, %.

Таблица 2
Table 2

Схема кодирования видов с указанием регионов, в которых определено ССВ древесины
и коры по относительным высотам стволов деревьев
Species coding scheme indicating the regions in which the DMC of wood
and bark is determined by the relative heights of tree stems

Вид Types	Регион Region	Фиктивные переменные Dummy variables					
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i>	Тургайский прогиб Turgajskij progib	0	0	0	0	0	0
Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i>	Средний Урал Middle Urals	1	0	0	0	0	0
Сосна сибирская <i>Pinus sibirica</i>	Средний Урал Middle Urals	0	1	0	0	0	0
Ель сибирская <i>Picea obovata</i>	Средний Урал Middle Urals	0	0	1	0	0	0
Пихта сибирская <i>Abies sibirica</i>	Средний Урал Middle Urals	0	0	0	1	0	0
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	Южный Урал Southern Urals	0	0	0	0	1	0
Лиственница Сукачева <i>Larix Sukaczewii</i> (культуры)	Тургайский прогиб Turgajskij progib	0	0	0	0	0	1

В рассчитываемую модель в качестве независимых переменных, наряду с возрастом и диаметром ствола, включили значения относительной высоты (в долях от общей высоты ствола) в первой, второй и третьей степени. В силу нелинейности исследуемых зависимостей применено логарифмирование переменных. Исключение составила относительная высота ствола как независимая переменная, изменяющаяся в диапазоне от 0 до 0,9, и поэтому она введена в модель в виде полинома без логарифмирования.

Поскольку известна специфичность реакции древесных видов на изменения климата (Суворова, 2009; Impact of warmer..., 2022), для учета этой видоспецифичности в модель необходимо включать синергизмы, т.е. произведения X_i на структурные и климатические независимые переменные. Но без предварительного качественного анализа взаимодействий механический перебор синергизмов приводит к тому, что модель становится неустойчивой, т.е. некорректной при смене фактических исходных данных. Выход на получение корректных синергизмов в подобных случаях возможен, в частности, путем применения метода последовательного сокращения размерности (Усольцев, 1985). Суть его в том, что вначале выводится связь искомой переменной с одной из независимых переменных, затем рассчитывается связь полученных регрессионных коэффициентов со второй независимой переменной и вставляется в первую зависимость. Затем рассчитывается связь полученных регрессионных коэффициентов с третьей независимой переменной и т.д. (Матвеев, Усольцев, 1991; Регрессионные модели..., 1994). Получаем структуру модели, регрессионные коэффициенты которой уточняются на всем массиве данных. Но для этого нужно иметь хорошо структурированную (близкую к ортогональной) исходную многофакторную матрицу данных, обычно получаемую при планировании активного эксперимента. При планировании пассивного эксперимента, как в нашем случае, ее получить практически невозможно (Налимов, 1971). Поскольку в этой связи имеется риск получения некорректных взаимодействий, мы ограничиваемся включением в модель простого блока фиктивных переменных.

Результаты и их обсуждение

В итоге расчетов получены модели:

– для ССВ в древесине

$$\begin{aligned} \ln(CCB) = & 2,8356 + 0,4875(\ln A) - 0,0362(\ln A)^2 - \\ & - 0,1022(\ln D) + 0,2456h_i - 0,9994h_i^2 + 0,6089h_i^3 - \\ & - 0,0653X_1 - 0,0871X_2 - 0,0775X_3 - 0,1666X_4 + \\ & + 0,1676X_5 + 0,2572X_6; \end{aligned} \quad (1)$$

$$adjR^2 = 0,646; SE = 0,100;$$

– для ССВ в коре

$$\begin{aligned} \ln(CCB) = & 3,5630 + 0,3347(\ln A) - 0,0308(\ln A)^2 - \\ & - 0,0567(\ln D) - 1,6054h_i + 1,7272h_i^2 - 0,5868h_i^3 - \\ & - 0,1031X_1 + 0,1106X_2 - 0,0826X_3 - 0,1817X_4 - \\ & - 0,2850X_5 + 0,0185X_6; \end{aligned} \quad (2)$$

$$adjR^2 = 0,608; SE = 0,140;$$

где A – возраст дерева, лет; D – диаметр ствола на высоте груди, см; h_i – относительная высота, выраженная в долях общей высоты дерева; CCB – содержание сухого вещества в древесине или коре, %. Свободный член моделей (1) и (2) скорректирован на логарифмическое преобразование (Baskerville, 1972). В окончательную структуру моделей включены только независимые переменные, статистически значимые на уровне P_{95} . Коэффициент детерминации $adjR^2$ скорректирован на количество переменных; SE – стандартная ошибка моделей (1) и (2). Равномерность остаточной дисперсии моделей (1) и (2) подтверждает рис. 1.

После подстановки в модели (1) и (2) средних значений возраста (32 года) и диаметра ствола (8,2 см) путем табулирования моделей по задаваемым значениям относительной высоты в диапазоне от 0 до 0,9 построены для каждого вида зависимости, графическое изображение которых дано на рис. 2 и 3.

Судя по рис. 2 и 3, ССВ как в древесине, так и в коре снижается в направлении от основания ствола к его вершине, хотя по конфигурации линии регрессии несколько различаются. Наибольшей долей сухого вещества в древесине отличаются береза и лиственница, а наименьшей – пихта. На Среднем Урале сосна, кедр и ель имеют близкие значения ССВ в древесине, но сосна в Тургайском прогибе существенно превосходит по ССВ сосну Среднего Урала вследствие более жестких условий роста в степи.

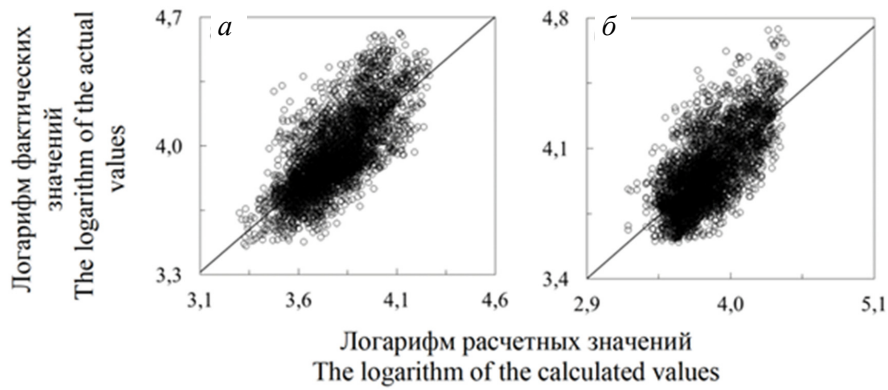


Рис. 1. Соотношение фактических и расчетных данных по моделям (1) и (2):
 а – для древесины, б – для коры
 Fig. 1. The ratio of actual and calculated data for models (1) and (2):
 а – for wood, б – for bark

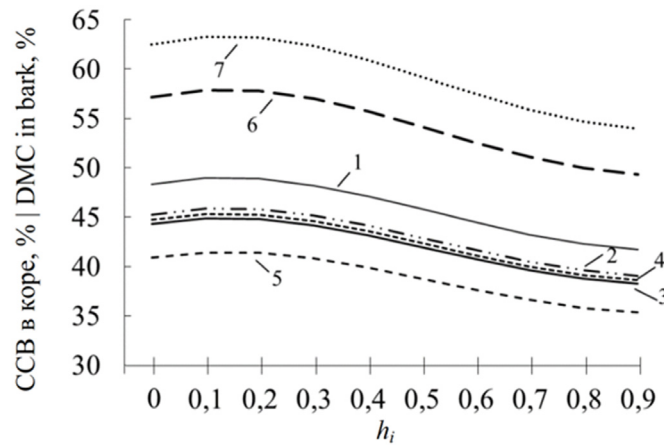


Рис. 2. Изменение ССВ в древесине вдоль по стволу дерева согласно модели (1)
 Обозначения здесь и далее: 1 – *Pinus sylvestris* L., Тургайский прогиб; 2 – *Pinus sylvestris*, Средний Урал;
 3 – *Pinus sibirica* Du Tour., Средний Урал; 4 – *Picea obovata* L., Средний Урал; 5 – *Abies sibirica* L., Средний Урал;
 6 – *Betula pendula* Roth, Южный Урал; 7 – *Larix Sukaczewii* N. Dyl., Тургайский прогиб (культуры)
 Fig. 2. DMC change in wood along the stem of the tree according to the model (1)
 Designations here and further: 1 – *Pinus sylvestris* L., Turgai Depression; 2 – *Pinus sylvestris*, Middle Urals;
 3 – *Pinus sibirica* Du Tour., Middle Urals; 4 – *Picea obovata* L., Middle Urals; 5 – *Abies sibirica* L., Middle Urals;
 6 – *Betula pendula* Roth, Southern Urals; 7 – *Larix Sukaczewii* N. Dyl., Turgai Depression (plantation)

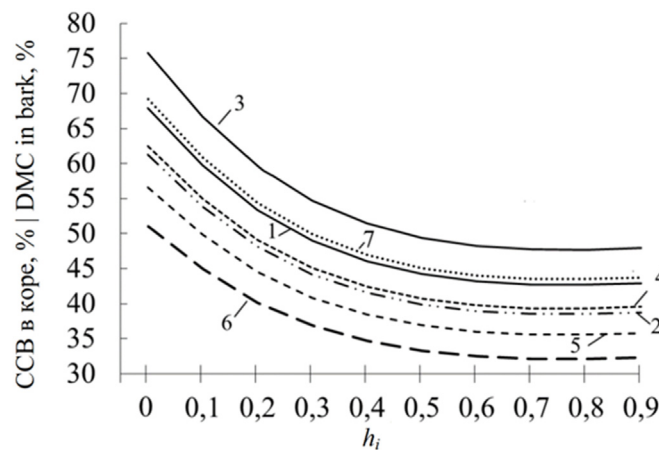


Рис. 3. Изменение ССВ в коре вдоль по стволу дерева согласно модели (2)
 Fig. 3. The change of DMC in the bark along the stem of the tree according to the model (2)

Наибольшее ССВ в коре наблюдается у кедра и наименьшее – у березы. Близкие значения ССВ в коре у сосны и кедра в Тургайском прогибе, а также у сосны и ели на Среднем Урале.

Выводы

Таким образом, установлен общий для исследованных видов характер изменения ССВ как

в древесине, так и в коре, а именно его снижение в направлении от основания ствола к вершине. Некоторые виды существенно различаются по величине ССВ в древесине и коре. Имеются также различия ССВ в древесине сосны разных регионов, по-видимому, вследствие различия в условиях влагообеспечения.

Список источников

- Исаева Л. Н., Черепнин В. Л. Качество древесины географических культур сосны обыкновенной в Средней Сибири // Лесоведение. 1988. № 2. С. 80–83.
- Матвеев П. М., Усольцев В. А. Послепожарный отпад и возобновление лиственницы на многолетней мерзлоте // Экология. 1991. № 4. С. 3–15.
- Молчанов А. А. Научные основы ведения хозяйства в дубравах лесостепи. М. : Наука, 1964. 255 с.
- Наквасина Е. Н. Дегидратация хвои сосны обыкновенной в географических культурах Архангельской области // Известия вузов. Лесной журнал. 2002. № 6. С. 16–21.
- Налимов В. В. Теория эксперимента. М. : Наука, 1971. 208 с.
- Полубояринов О. И., Некрасова Г. Н., Федоров Р. Б. О взаимосвязи влажности и плотности древесины растущих деревьев // Известия вузов. Лесной журнал. 1982. № 2. С. 7–11.
- Регрессионные модели и таблицы древесной зелени деревьев пихты сибирской / В. А. Усольцев, Н. Н. Чернов, В. В. Кириллова, С. В. Тепикин // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 17. Екатеринбург : УГЛТА, 1994. С. 128–154.
- Суворова Г. Г. Фотосинтез хвойных деревьев в условиях Сибири. Новосибирск : ГЕО, 2009. 195 с.
- Теплотворная способность фракций надземной фитомассы культур сосны обыкновенной в условиях северо-таежного лесного района / О. Н. Тюкавина, Д. Н. Клевицов, В. И. Мелехов, Н. А. Невверов // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2024. Т. 28. № 2. С. 27–33. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-27-33
- Тюкавина О. Н., Клевицов Д. Н., Адаи Д. М. Биоэнергетический потенциал надземной фитомассы культур сосны обыкновенной таежной зоны // Известия вузов. Лесной журнал. 2018. № 4 (364). С. 49–55.
- Усольцев В. А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. Красноярск : Изд-во Красноярского ун-та, 1985. 191 с.
- Усольцев В. А. Оценка формы и полндревесности стволов с использованием множественных связей // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1984. № 7. С. 75–79.
- Усольцев В. А. Тонкомерные сортименты березы и осины для производства древесно-стружечных плит // Плиты и фанера. Реферативная информация. 1975. № 10. С. 6–7.
- Усольцев В. А., Шубаури С. О. Р., Дар Д. А. Проблемы оценки биопродуктивности лесов в аспекте биогеографии: 2. Модели смешанных эффектов // Эко-потенциал. 2018. № 1 (21). С. 9–26.
- Цепордей И. С. Биологическая продуктивность лесообразующих видов в климатическом контексте Евразии / под ред. проф. В. А. Усольцева. Екатеринбург : Изд-во УМЦ УПИ, 2023. 467 с.
- A large and persistent carbon sink in the world's forests / Y. Pan, R. A. Birdsey, J. Fang et al. // Science. 2011. Vol. 333. P. 988–993.
- A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content / E. Garnier, B. Shipley, C. Roumet, G. Laurent // Functional Ecology. 2001. Vol. 15. P. 688–695.
- Baskerville G. L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // Canadian Journal of Forest Research. 1972. Vol. 2. P. 49–53.

- Baturaygil A., Stetter M.G., Schmid K.* Breeding amaranth for biomass: evaluating dry matter content and biomass potential in early and late maturing genotypes // *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Article 970. DOI: 10.3390/agronomy11050970 (accessed 20.06.2024).
- Bergstedt A., Olesen P. O.* Models for predicting dry matter content of Norway spruce // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2000. Vol. 15 (6). P. 633–644.
- Comment on “The global tree restoration potential” / *J. W. Veldman, J. C. Aleman, S. T. Alvarado* [et al.] // *Science*. 2019. Vol. 366. Article 6463. URL: <https://www.researchgate.net/publication> (accessed 20.06.2024).
- Determination of the dry matter content of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) tubers using specific gravity method / *E. Teye, A. P. Asare, R. S. M. Amoah, J. P. Tetteh* // *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*. 2011. Vol. 6 (11). P. 23–28.
- Dry matter losses during biomass storage. Measures to minimize feedstock degradation / *E. Anerud, S. Krigstin, J. Routa* [et al.] // *The IEA Bioenergy Technology Collaboration Programme; IEA Bioenergy*, 2019. 42 p.
- Energy stored in above-ground biomass fractions and model trees of the main coniferous woody plants / *R. Petraj, J. Mecko, J. Kukla, M. Kuklova* // *Sustainability*. 2021. Vol. 13 (22). P. 1–17. DOI:10.3390/su132212686
- Foliar moisture content from the spectral signature for wildfire risk assessments in Valparaíso-Chile / *J. Villacrés, T. Arevalo-Ramirez, A. Fuentes* [et al.] // *Sensors*. 2019. Vol. 19. Article 5475. DOI: 10.3390/s19245475
- Herrmann A., Rath J.* Biogas Production from Maize: Current State, Challenges, and Prospects. 1. Methane Yield Potential // *Bioenergy Research*. 2012. Vol. 5. P. 1027–1042.
- Hiemstra P., Jong R.* Estimating leaf water content in Mediterranean oak forests for forest fire models: a comparison between empirical and radiative transfer model inversion using hyperspectral imagery // *MSC Thesis, MSC Fieldwork. Faculty of Geosciences. Department of Physical Geography, Utrecht University*, 2006. 64 p.
- Impact of warmer and drier conditions on tree photo-synthetic properties and the role of species interactions / *M. Didion-Gency, J. Gisler, M. Schaub* [et al.] // *New Phytologist*. 2022. Vol. 236. P. 547–560. DOI: 10.1111/nph.18384
- Integrated global assessment of the natural forest carbon potential / *L. Mo, C. M. Zohner, P. B. Reich* [et al.] // *Nature*. 2023. Vol. 624. P. 92–101.
- Leaf dry matter content is better at predicting aboveground net primary production than specific leaf area / *S.M. Smart, H.C. Glanville, M. del Carmen Blanes* [et al.] // *Functional Ecology*. 2017. Vol. 31. P. 1336–1344.
- Leaf water content contributes to global leaf trait relationships / *Z. Wang, H. Huang, H. Wang* [et al.] // *Nature Communications*. 2022. Vol. 13. Article 5525. DOI: 10.1038/s41467-022-32784-1 (accessed 20.06.2024).
- Modelling moisture content and dry matter loss during storage of logging residues for energy / *T. Filbakk, O.A. Hoibo, J. Dibdiakova, J. Nurmi* // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2011. Vol. 26 (3). P. 267–277. DOI: 10.1080/02827581.2011.553199
- Open-air storage of fine and coarse wood chips of poplar from short rotation coppice in covered piles / *H. Lenz, C. Idler, E. Hartung, R. Pecenka* // *Biomass and Bioenergy*. 2015. Vol. 83. P. 269–277. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.09.018
- Shipley B., Vu T. T.* Dry matter content as a measure of dry matter concentration in plants and their parts // *New Phytologist*. 2002. Vol. 153. P. 359–364.
- The global tree restoration potential / *J. F. Bastin, Y. Finegold, C. Garcia* [et al.] // *Science*. 2019. Vol. 365. P. 75–79.
- Usoltsev V. A.* Stem taper, density and dry matter content in biomass of trees growing in Central Eurasia : CD-monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, Botanical Garden of Ural Branch of RAS, 2020. URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9649> (accessed 20.06.2024).

- Weather based moisture content modelling of harvesting residues in the stand / *J. Lindblad, J. Routa, J. Ruotsalainen* [et al.] // *Silva Fennica*. 2018. Vol. 52 (2). Article id7830. 16 p. DOI: 10.14214/sf.7830
- Weiland P.* Biogas production: Current state and perspectives // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2010. Vol. 85. P. 849–860.
- Zeng W., Tang S., Xiao Q.* Calorific values and ash contents of different parts of Masson pine trees in southern China // *Journal of Forestry Research*. 2014. Vol. 25 (4). P. 779–786. DOI: 10.1007/s11676-014-0525-3

References

- A large and persistent carbon sink in the world's forests / *Y. Pan, R. A. Birdsey, J. Fang* [et al.] // *Science*. 2011. Vol. 333. P. 988–993.
- A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content / *E. Garnier, B. Shipley, C. Roumet, G. Laurent* // *Functional Ecology*. 2001. Vol. 15. P. 688–695.
- Baskerville G. L.* Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // *Canadian Journal of Forest Research*. 1972. Vol. 2. P. 49–53.
- Baturaygil A., Stetter M. G., Schmid K.* Breeding amaranth for biomass: evaluating dry matter content and biomass potential in early and late maturing genotypes // *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Article 970. DOI: 10.3390/agronomy11050970 (accessed 20.06.2024).
- Bergstedt A., Olesen P. O.* Models for predicting dry matter content of Norway spruce // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2000. Vol. 15 (6). P. 633–644.
- Comment on “The global tree restoration potential” / *J. W. Veldman, J. C. Aleman, S. T. Alvarado* [et al.] // *Science*. 2019. Vol. 366. Article 6463. URL: <https://www.researchgate.net/publication> (accessed 20.06.2024).
- Determination of the dry matter content of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) tubers using specific gravity method / *E. Teye, A. P. Asare, R. S. M. Amoah, J. P. Tetteh* // *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*. 2011. Vol. 6 (11). P. 23–28.
- Dry matter losses during biomass storage. Measures to minimize feedstock degradation / *E. Anerud, S. Krigstin, J. Routa* [et al.] // *The IEA Bioenergy Technology Collaboration Programme; IEA Bioenergy*, 2019. 42 p.
- Energy stored in above-ground biomass fractions and model trees of the main coniferous woody plants / *R. Petraj, J. Mecko, J. Kukla, M. Kuklova* // *Sustainability*. 2021. Vol. 13 (22). P. 1–17. DOI:10.3390/su132212686
- Foliar moisture content from the spectral signature for wildfire risk assessments in Valparaíso-Chile / *J. Villacres, T. Arevalo-Ramirez, A. Fuentes* [et al.] // *Sensors*. 2019. Vol. 19. Article 5475. DOI: 10.3390/s19245475
- Heat-creative ability of fractions of aboveground phytomass of com-mon pine crops in the conditions of the North taiga forest region / *O. N. Tyukavina, D. N. Klevtsov, V. I. Melekhov, N. A. Neverov* // *Forest Bulletin / Forestry Bulletin*, 2024. Vol. 28. № 2. P. 27–33. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-27-33 (In Russ.)
- Herrmann A., Rath J.* Biogas Production from Maize: Current State, Challenges, and Prospects. 1. Methane Yield Potential // *Bioenergy Research*. 2012. Vol. 5. P. 1027–1042.
- Hiemstra P., Jong R.* Estimating leaf water content in Mediterranean oak forests for forest fire models: a comparison between empirical and radiative transfer model inversion using hyperspectral imagery // *MSC Thesis, MSC Fieldwork. Faculty of Geosciences. Department of Physical Geography, Utrecht University*, 2006. 64 p.
- Impact of warmer and drier conditions on tree photo-synthetic properties and the role of species interactions / *M. Didion-Gency, J. Gisler, M. Schaub* [et al.] // *New Phytologist*. 2022. Vol. 236. P. 547–560. DOI: 10.1111/nph.18384
- Integrated global assessment of the natural forest carbon potential / *L. Mo, C. M. Zohner, P. B. Reich* [et al.] // *Nature*. 2023. Vol. 624. P. 92–101.

- Isaeva L. N., Cherepnin V. L.* The quality of the wood of geographical cultures of scots pine in Central Siberia // Forest science. 1988. № 2. P. 80–83. (In Russ.)
- Leaf dry matter content is better at predicting aboveground net primary production than specific leaf area / *S.M. Smart, H.C. Glanville, M.del Carmen Blanes* [et al.] // Functional Ecology. 2017. Vol. 31. P. 1336–1344.
- Leaf water content contributes to global leaf trait relationships / *Z. Wang, H. Huang, H. Wang* [et al.] // Nature Communications. 2022. Vol. 13. Article 5525. DOI: 10.1038/s41467-022-32784-1 (accessed 20.06.2024).
- Matveev P. M., Usoltsev V. A.* Post-fire decay and renewal of larch on permafrost // Ecology. 1991. № 4. P. 3–15. (In Russ.)
- Modelling moisture content and dry matter loss during storage of logging residues for energy / *T. Filbakk, O.A. Hoibo, J. Dibdiakova, J. Nurmi* // Scandinavian Journal of Forest Research. 2011. Vol. 26 (3). P. 267–277. DOI: 10.1080/02827581.2011.553199
- Molchanov A. A.* Scientific foundations of farming in the oak forests of the forest steppe. M. : Nauka, 1964. 255 p. (In Russ.)
- Nakvasina E. N.* Dehydration of pine needles in the geographical cul-tures of the Arkhangelsk region // News of universities. Forest magazine. 2002. № 6. P. 16–21. (In Russ.)
- Nalimov V. V.* Theory of experiment. M. : Nauka, 1971. 208 p. (In Russ.)
- Open-air storage of fine and coarse wood chips of poplar from short rotation coppice in covered piles / *H. Lenz, C. Idler, E. Hartung, R. Pecenka* // Biomass and Bioenergy. 2015. Vol. 83. P. 269–277. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.09.018
- Poluboyarinov O. I., Nekrasova G. N., Fedorov R. B.* On the relation-ship between humidity and density of wood of growing trees // Izvestiya VUZov. Forest magazine. 1982. № 2. P. 7–11. (In Russ.)
- Regression models and tables of arboreal greenery of Siberian fir trees / *V. A. Usoltsev, N. N. Chernov, V. V. Kirillova, S. V. Tepikin* // The forests of the Urals and the economy in them. Issue 17. Yekaterinburg : UGLTA, 1994. P. 128–154. (In Russ.)
- Shipley B., Vu T. T.* Dry matter content as a measure of dry matter concentration in plants and their parts // New Phytologist. 2002. Vol. 153. P. 359–364.
- Suvorova G. G.* Photosynthesis of coniferous trees in Siberia. Novosi-birsk : Publishing house “GEO”, 2009. 195 p. (In Russ.)
- The global tree restoration potential / *J. F. Bastin, Y. Finegold, C. Garcia* [et al.] // Science. 2019. Vol. 365. P. 75–79.
- Tsepordey I. S.* Biological productivity of forest-forming species in the climatic context of Eurasia (edited by prof. V. A. Usoltsev). Yekaterinburg : Publishing house of UMTS UPI, 2023. 467 p. (In Russ.)
- Tyukavina O. N., Klevtsov D. N., Adai D. M.* Bioenergetic potential of aboveground phytomass of common pine crops of the taiga zone // News of universities. Forest Journal, 2018. № 4 (364). P. 49–55. (In Russ.)
- Usoltsev V. A.* Evaluation of the shape and fullness of trunks using multiple connections // Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan. 1984. № 7. P. 75–79. (In Russ.)
- Usoltsev V. A.* Fine-dimensional sorts of birch and aspen for the pro-duction of chipboard // Plates and plywood. Abstract information. 1975. № 10. P. 6–7. (In Russ.)
- Usoltsev V. A.* Modeling of the structure and dynamics of phytomass of stands. Krasnoyarsk: Publishing House of the Krasnoyarsk University, 1985. 191 p. (In Russ.)
- Usoltsev V. A.* Stem taper, density and dry matter content in biomass of trees growing in Central Eurasia : CD-monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, Botanical Garden of Ural Branch of RAS, 2020. URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9649> (accessed 20.06.2024).
- Usoltsev V. A., Shubairi S. O. R., Dar D. A.* Problems of forest bio-productivity assessment in the aspect of biogeography: 2. Models of mixed effects // Eco-potential. 2018. № 1 (21). P. 9–26. (In Russ.)

- Weather based moisture content modelling of harvesting residues in the stand / *J. Lindblad, J. Routa, J. Ruotsalainen* [et al.] // *Silva Fennica*. 2018. Vol. 52 (2). Article id7830. 16 p. DOI: 10.14214/sf.7830
- Weiland P.* Biogas production: Current state and perspectives // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2010. Vol. 85. P. 849–860.
- Zeng W., Tang S., Xiao Q.* Calorific values and ash contents of different parts of Masson pine trees in southern China // *Journal of Forestry Research*. 2014. Vol. 25 (4). P. 779–786. DOI: 10.1007/s11676-014-0525-3

Информация об авторах

- В. А. Усольцев* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Н. И. Плюха – аспирант;
И. С. Цепордей – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник;
Е. М. Ангальт – кандидат биологических наук, доцент.

Information about the authors

- V. A. Usoltsev* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
N. I. Plyukha – postgraduate student;
I. S. Tsepordey – Candidate of Agricultural Sciences, researcher;
E. M. Anhalt – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department.

Статья поступила в редакцию 28.06.2024; принята к публикации 15.09.2024.
The article was submitted 28.06.2024; accepted for publication 15.09.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 143–148.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 143–148.

Научная статья
УДК 674.093.26-419
DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.014

НОВЫЙ ДРЕВЕСНЫЙ КОМПОЗИТ – ШПОНОВЫЕ ДОСКИ – И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИХ СКЛЕИВАНИЯ

Денис Олегович Чернышев¹, Александр Андреевич Лукаш²,
Дмитрий Максимович Максименко³, Екатерина Владимировна Сивакова⁴

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

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

¹ chernyshevdo@m.usfeu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5802-2697>

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

³ ttazikofficial@mail.ru

⁴ savinasamolina@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0007-5916-4244>

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы изготовления шпоновых досок. Показано, что из-за сбегания при получении обрезных пиломатериалов потери полезного объема составляют до 36 %. Уменьшить эти потери возможно применением поперечно-продольного способа раскроя. Для получения длинных заготовок строительного назначения можно использовать толстый лущеный шпон с последующим сращиванием по длине на ус. Узким местом в технологии шпоновых досок является склеивание. Прессы для склеивания большеформатной фанеры громоздки, материалоемки, сложны в изготовлении и эксплуатации, а размеры готовой продукции ограничены размерами плит пресса. При изготовлении шпоновых досок не требуется операция строгания на фрезерных станках с четырех сторон. Шероховатость поверхности лущеного шпона значительно меньше шероховатости пиломатериалов, что позволит обойтись без операции строгания с четырех сторон. Экономия древесины на припусках на строгание составит 2 мм по ширине и 4 мм по толщине. Для склеивания шпоновых досок предлагается механизм, содержащий устройства для загрузки и выгрузки склеиваемого материала, нагревательные плиты, нижняя нагревательная плита выполнена в виде секций с возможностью регулирования по высоте, а между каждой из секций нижних нагревательных плит устанавливаются приводные вальцы, которые обеспечивают загрузку и выгрузку склеиваемых древесных слоев.

Ключевые слова: древесина, лущеный шпон, доска, установка, склеивание

Для цитирования: Новый древесный композит – шпоновые доски – и устройство для их склеивания / Д. О. Чернышев, А. А. Лукаш, Д. М. Максименко, Е. В. Сивакова // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 143–148.

Original article

A NEW WOOD COMPOSITE – VENEER BOARDS – AND A DEVICE FOR GLUING THEM

Denis O. Chernyshev¹, Alexander A. Lukash², Dmitry M. Maksimenko³, Ekaterina V. Sivakova⁴

¹ Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

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

¹ chernyshevdo@m.usfeu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5802-2697>

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

³ ttazikofficial@mail.ru

⁴ savinasamolina@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0007-5916-4244>

Abstract. The article discusses the issues of manufacturing veneer boards. It is shown that due to the run-off in the production of edged lumber, the loss of useful volume is up to 36 %. It is possible to reduce these losses by using a transverse-longitudinal cutting method. To obtain long blanks for construction purposes, you can use thick peeled veneer and subsequent splicing along the length of the moustache. The bottleneck in veneer board technology is bonding. The press for gluing large-format plywood is bulky, material-intensive, difficult to manufacture and operate, and the size of the finished product is limited by the size of the press plates. In the manufacture of veneer boards, the planing operation on milling machines on four sides is not required. The surface roughness of the peeled veneer is significantly less than the roughness of the lumber, which will allow you to do without the operation – planing from four sides. The saving of wood on the allowances for planing will be 2 mm in width and 4 mm in thickness. For gluing veneer boards, a device is proposed containing devices for loading and unloading the glued material, heating plates, the lower heating plate is made in the form of sections with height adjustment, and drive rollers are installed between each section of the lower heating plates, which ensure loading and unloading of the glued wood layers.

Keywords: wood, peeled veneer, board, installation, gluing

For citation: A new wood composite – veneer boards – and a device for gluing them / D. O. Chernyshev, A. A. Lukash, D. M. Maksimenko, E. V. Sivakova // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 143–148.

Введение

Обеспечение экономической конкурентоспособности продукции является основной задачей лесопильно-деревообрабатывающих производств. Решить эту задачу возможно за счет внедрения новых технологий, обеспечивающих повышение производительности оборудования, снижение сырьевых и энергетических затрат, а также более широкого применения продукции из клееной слоистой древесины. Одним из недостатков строения древесины является сбеги – уменьшение диаметра ствола дерева с увеличением его высоты. Величина сбега составляет 1 см/м. Как известно, в результате сбега пиломатериалы,

получаемые из лесоматериалов, также имеют разную ширину с обеих сторон. Для получения обрезных пиломатериалов на станках их обрезают по меньшей ширине. Это приводит к образованию значительного количества отходов. Для необрезных пиломатериалов длиной 6,5 м меньшая ширина составит 180 мм, а большая – $180 + 65 = 245$ мм. При получении обрезных пиломатериалов потери составят:

$$(245 - 180) 100 \% / 180 = 36 \%$$

Это весьма существенно. Снизить потери от сбега возможно, применяя поперечно-продольный способ раскроя пиломатериалов. Этот способ

раскроя широко используется на деревообрабатывающих предприятиях. Однако для предприятий, выпускающих пиломатериалы строительного назначения (4 м и более), применение данного способа не представляется возможным. Снижение сырьевых затрат обеспечит изготовление досок из лущеного шпона толщиной 4–6 мм (шпоновых досок). Шпоновые доски не требуют таких операций, как строгание на фрезерных станках, поэтому поперечное сечение детали будет равно сечению заготовки. Припуск по длине и у шпоновых досок, и у доски будет одинаковым. Таким образом, экономия древесины при использовании шпоновых досок составляет 25 %, так как отсутствуют припуски на строгание с 4 сторон как при изготовлении мебельных деталей из пиломатериалов.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью работы является совершенствование технологии фанерной продукции. Задача исследований – разработка установок для склеивания шпоновых досок. Объект исследований – технологические процессы и оборудование для изготовления продукции строительного назначения из лущеного шпона. Материалы: лесоматериалы лиственных пород.

Результаты и их обсуждение

Склеивание лущеного шпона по длине и толщине в одном направлении обеспечивает возмож-

ность получения заготовок из слоистой древесины длиной 4 м и более. Фирма Raute в 1975 г. изготавливала шпоновые доски из лущеного шпона толщиной 3 мм. При этом толщина готовой продукции составляла от 19 до 90 мм, ширина – от 200 до 600 мм, длина – 18–23 м, что позволяло применять продукцию в виде балок, панелей, брусьев в строительстве (Куликов, 1976).

Возможность склеивания шпоновых досок из березового шпона толщиной 7,5 мм (рис. 1, *a*) подтверждена в работах (Склеивание..., 2023) и (Синицкий, Лукаш, 2023), в которых приведены результаты исследования склеивания трехслойной шпоновой доски (рис. 1, *б*) при помощи клея КФ-129-65.

Современное оборудование обеспечивает возможность производить лущение шпона толщиной 5 мм и производить его склеивание по длине на ус. Узким местом в технологии шпоновых досок является склеивание. Прессы для склеивания большеформатной фанеры громоздки, материалоемки, сложны в изготовлении и эксплуатации, а размеры готовой продукции ограничены размерами плит прессы.

Для прессования древесины может применяться сушильно-прессовая установка (Лукаш, 2014). В этой установке приводные вальцы обеспечивают непрерывное перемещение и прессование брусков. Недостатком способа является сложность установки, которая связана с применением металлических перфорированных пластин для создания

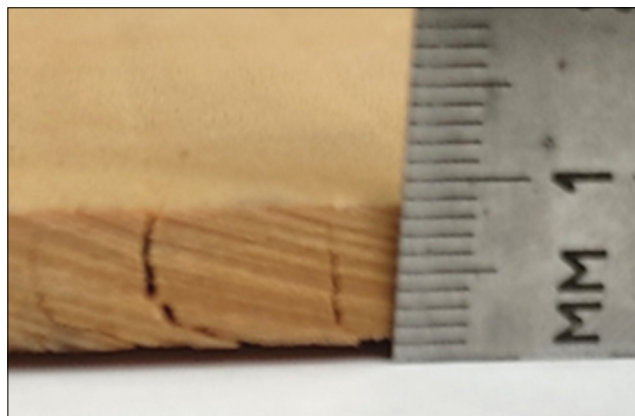
*a**б*

Рис. 1. Толстый лущеный шпон (*a*) и склеенная из него шпоновая доска (*б*)

Fig. 1. Thick peeled veneer (*a*) and glued veneer board (*б*)

давления, с их установкой и снятием на обрабатываемые бруски, а также наличием камер для обдува обрабатываемых брусков последовательно горячим, а затем холодным воздухом. Поэтому авторами разработана установка для склеивания шпоновых досок.

Предлагаемая установка состоит из устройства для загрузки и выгрузки склеиваемого материала и нагревательных плит, причем нижняя нагревательная плита выполнена в виде секций с возможностью регулирования по высоте. Между каждой секцией нижних нагревательных плит установлены приводные вальцы, которые обеспечивают загрузку и выгрузку склеиваемых древесных слоев без применения сложных и громоздких устройств (загрузочных и разгрузочных этажерок) при меньшем времени.

Схема установки в рабочем положении приведена на рис. 2.

Установка содержит приводные подающие вальцы 1, верхнюю нагревательную плиту 2 и нижние нагревательные плиты 3, которые устанавливают между подающими вальцами 1. Верхняя нагревательная плита 2, нижние нагревательные плиты 3 содержат любые известные устройства 4 для их подъема (опускания). На склеиваемые слои древесины 5 оказывают давление нагревательные плиты 2 и 3. Схема установки в положении выгрузки приведена на рис. 3.

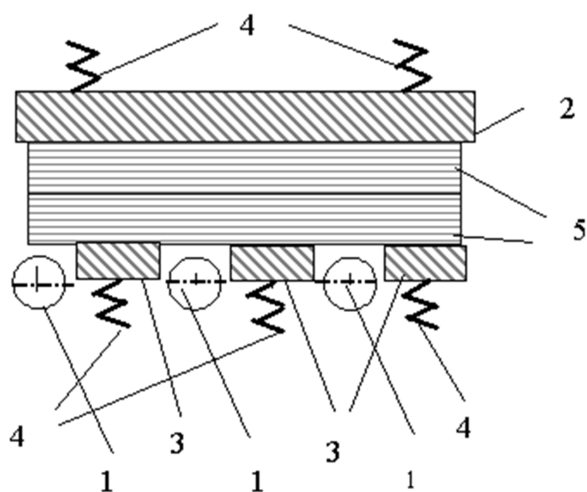


Рис. 2. Схема установки в рабочем положении
Fig. 2. Installation diagram in the working position

После завершения отверждения клея в склеиваемой заготовке 5 в положении выгрузки (см. рис. 3) устройства 4 перемещают верхнюю плиту 2 в верхнее положение, а нижние плиты 3 – в нижнее положение, после чего включают привод вальцов 1 и транспортируют склеенную заготовку 5 из зоны прессования. Параметры режима (давление и продолжительность склеивания) определяются видом клея и толщиной склеиваемой заготовки.

Отсутствие необходимости перемещать этажерки по высоте позволит уменьшить продолжительность погрузочно-разгрузочных работ с 1,5 до 0,3 мин. Например, при общей продолжительности прессования 8,5 мин применение данного устройства обеспечит снижение времени прессования до 7,3 мин, что обеспечит увеличение производительности прессового оборудования на 16 %.

При изготовлении шпоновых досок не требуется операция строгания на фрезерных станках с четырех сторон. Шероховатость поверхности лущеного шпона значительно меньше шероховатости пиломатериалов, что позволит обойтись без операции строгания с четырех сторон. Экономия древесины на припусках на строгание составит 2 мм по ширине и 4 мм по толщине.

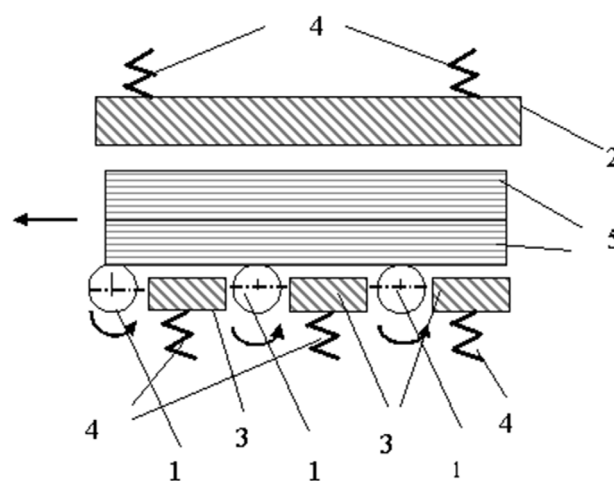


Рис. 3. Схема установки в положении выгрузки
Fig. 3. Installation diagram in the unloading position

Выводы

1. Показано, что из-за сбегания при получении обрезных пиломатериалов потери полезного объема составляют до 36 %. Уменьшить эти потери возможно применением поперечно-продольного способа раскря. Для получения длинных заготовок строительного назначения можно использовать толстый лущеный шпон с последующим сращиванием по длине на ус. Узким местом в технологии шпоновых досок является склеивание. Прессы для склеивания большеформатной фанеры громоздки, материалоемки, сложны в изготовлении и эксплуатации, а размеры готовой продукции ограничены размерами плит прессы.

2. При изготовлении шпоновых досок не требуется операция строгания на фрезерных станках

с четырех сторон. Шероховатость поверхности лущеного шпона значительно меньше шероховатости пиломатериалов, что позволит обойтись без операции строгания с четырех сторон. Экономия древесины на припусках на строгание составит 2 мм по ширине и 4 мм по толщине.

3. Для склеивания шпоновых досок предлагается механизм, содержащий устройства для загрузки и выгрузки склеиваемого материала, нагревательные плиты, нижняя нагревательная плита выполнена в виде секций с возможностью регулирования по высоте, а между каждой из секций нижних нагревательных плит устанавливаются приводные вальцы, которые обеспечивают загрузку и выгрузку склеиваемых древесных слоев.

Список источников

- Куликов В. А. Производство фанеры. М. : Лесн. пром-сть, 1976. 368 с.
- Патент № 162843 Российская Федерация, МПК B27D1/06. Сушильно-прессовая установка для изготовления брусков модифицированной древесины : № 2014140658/13 : заявл. 07.10.2014 : опублик. 27.06.2016 / Лукаш А. А., Матрос В. А., Карпейкин А. А. ; заявитель БГТУ. 2 с.
- Синицкий Д. А., Лукаш А. А. Склеивание нового древесного композита шпоновых досок непрерывным способом // Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды. Брянск, 2023. С. 199–201.
- Склеивание нового древесного композита шпоновых досок непрерывным способом / А. А. Лукаш, В. А. Романов, О. Н. Чернышев, Д. А. Синицкий // Деревообрабатывающая промышленность. 2023. № 1. С. 71–78.

References

- Kulikov V. A. Plywood production. Moscow : Forest industry, 1976. 368 p.
- Patent № 162843 RF, MPK B27D1/06. Drying and pressing plant for the manufacture of bars of modified wood : № 2014140658/13 : application 07.10.2014 : publ. 27.06.2016 / A. A. Lukash, V. A. Matros, A. A. Karpeikin ; the applicant of the Bryansk State Academy of Engineering and Technology. 2 p. (In Russ.)
- Gluing a new wood composite of veneer boards in a continuous manner / A. A. Lukash, V. A. Romanov, O. N. Chernyshev, D. A. Sinitsky // Woodworking industry, 2023. № 1. P. 71–78. (In Russ.)
- Sinitsky D. A., Lukash A. A. Gluing of a new wood composite of veneer boards in a continuous way // Ecology, environmental management and environmental protection. Bryansk, 2023. P. 199–201. (In Russ.)

Информация об авторах

- Д. О. Чернышев – кандидат технических наук, доцент;
А. А. Лукаш – доктор технических наук, профессор;
Д. М. Максименко – аспирант;
Е. В. Сивакова – студент.

Information about the authors

D. O. Chernyshev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. A. Lukash – Doctor of Technical Sciences, Professor;

D. M. Maksimenko – postgraduate student;

E. V. Sivakova – student.

Статья поступила в редакцию 01.04.2024; принята к публикации 15.05.2024.

The article was submitted 01.04.2024; accepted for publication 15.05.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 149–158.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 149–158.

Научная статья

УДК 674.07

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.015

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ХИМИЧЕСКИМИ ОТБЕЛИВАТЕЛЯМИ ДРЕВЕСИНЫ В ДЕРЕВЕ МЕНГКУЛАНГ (*HERITIERA JAVANICA* (BLUME) KOSTERM.)

Хусейн Пекер¹, Умит Аята²

^{1,2} Байбуртский университет, факультет искусств и дизайна, кафедра внутренней архитектуры и дизайна окружающей среды, Байбурт, Турция.

¹ peker100@artvin.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-7771-6993>

² umitayata@yandex.com, <http://orcid.org/0000-0002-6787-7822>

Аннотация. Исследование направлено на определение изменений поверхностных свойств, вызванных использованием отбеливающих химикатов на древесине менгкуланг (*Heritiera javanica* (Blume) Kosterm.). С этой целью была создана контрольная группа, на поверхности древесины которой были нанесены химикаты оксаловая кислота ($C_2H_2O_4$) и перекись водорода (H_2O_2) + гидроксид натрия (NaOH), после чего были произведены измерения цвета, блеска и индекса белизны (WI^*). Согласно полученным результатам, значения измерений блеска, проведенных на волокнах \parallel и \perp 20° , оказались незначительными, в то время как все остальные тесты были признаны значимыми. Значения ΔE^* составили 3,73 для отбеливания $C_2H_2O_4$ и 13,81 для отбеливания $H_2O_2 + NaOH$. С обоими отбеливающими веществами были отмечены увеличения значений WI^* , b^* , L^* , C^* и h° в обоих направлениях, в то время как уменьшения были определены в значениях блеска при 60 и 85° .

Ключевые слова: отбеливание, глянец, мангкуланг, цвет, херитиера яванская, индекс белизны

Для цитирования: Пекер Х., Аята У. Определение изменений, вызванных химическими отбеливателями древесины в дереве менгкуланг (*Heritiera javanica* (Blume) Kosterm.) // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 149–158.

Original article

DETERMINATION OF CHANGES CAUSED BY WOOD BLEACHING CHEMICALS IN MENKULANG (*HERITIERA JAVANICA* (BLUME) KOSTERM.)

Hüseyin Peker¹, Ümit Ayata²

^{1,2} Bayburt University, Faculty of Arts and Design, Department of Interior Architecture and Environmental Design, Bayburt, Turkey

¹ peker100@artvin.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-7771-6993>

² umitayata@yandex.com, <http://orcid.org/0000-0002-6787-7822>

Abstract. This study aimed to determine the changes in certain surface properties caused by the use of wood bleaching chemicals on Mengkulang (*Heritiera javanica* (Blume) Kosterm.) timber. For this purpose, a control group was established, and oxalic acid ($C_2H_2O_4$) and hydrogen peroxide (H_2O_2) + sodium hydroxide (NaOH) chemicals were applied to the wood material surfaces, followed by measurements of color, glossiness, and whiteness index (WI^*) properties. According to the obtained results, values for glossiness test measurements conducted on fibers \parallel and \perp 20° were found to be insignificant, while all other tests were determined to be significant. The ΔE^* values were calculated as 3,73 for $C_2H_2O_4$ bleaching and 13,81 for H_2O_2 + NaOH bleaching. With both bleaching agents, increases were observed in WI^* , b^* , L^* , C^* , and h_o values in both directions, while decreases were determined in glossiness values at 60 and 85 degrees.

Keywords: Bleaching, glossiness, mengkulang, color, *Heritiera javanica*, whiteness index

For citation: Peker H., Ayata Ü. Determination of changes caused by wood bleaching chemicals in mengkulang (*Heritiera javanica* (Blume) Kosterm.) // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 149–158.

Introduction

Mature wood is a natural amalgamation of elongated cells lacking biological function, commonly recognized as wood fibers, forming an organic composite material. The cellular structures of these fibers are primarily composed of cellulose fibrils (40–50 %), characterized by a predominantly crystalline arrangement, ensconced within an amorphous framework comprising hemicellulose (20–35 %) and lignin (20–30 %). Additionally, wood encompasses varied proportions of non-structural organic compounds of low molecular weight, termed extractives, along with mineral constituents (ash). Lignin is notably concentrated in the outermost layer of the cell wall (middle lamella), playing a pivotal role in bonding the fibers together within the wood (Sjöström, 1981; Wood..., 1984; Pinto et al., 2005).

Color fading occurs both indoors and outdoors. Many factors and elements contribute to the fading of wood color (Hon and Minemura, 2000). Bleaching is

also used to alter the properties of wood surfaces before finishing and to reduce yellowing caused by light (Chemical treatment..., 1995; Finishing properties of poly..., 2021).

When using alkaline bleaches, especially when caustic is part of the process, it is usually necessary to neutralize the wood's surface before further finishing with varnish or lacquers (Zeilman, 1960).

As a result of chemical treatments, the quantity of covalent bonds within cellulose, hemicellulose, and lignin diminishes. This reduction in covalent bonds correlates with a lightening of the wood's color. Various bleaching agents, notably hydrogen peroxide, and occasionally oxalic acid, sodium hypochlorite, and sodium bisulfite, are commonly employed for this purpose (Forest Products Laboratory..., 1967; Csiha and Papp, 2013).

The Mengkulang – palapi (*Heritiera javanica*) tree species belongs to the genus *Heritiera* in the Malvaceae family (Laraño and Buot, 2010). The distribution of Mengkulang in natural forests is scattered.

If harvesting is not done with good management, the presence of this species will rapidly decline, preventing its commercialization as a valuable timber species. The flowering and fruiting of this species in nature are low, leading to low natural regeneration (PROSEA, 1994). This tree species has been reported to be used as particleboard (Sahromi et al., 2015).

In *Heritiera javanica* wood, the moisture content is 51,00 %, density is 0,52 g/cm³, air-dried density is 0,640 g/cm³, bending strength is 68,00–92,00 MPa, modulus of elasticity is 10600–12200 MPa, maximum compression strength is 31,80–50,30 MPa, hardness is 4230,00–4674,00 N, parallel shear strength (radial) is 9,90 MPa, parallel shear strength (tangential) is 11,70 MPa, splitting resistance (radial) is 57,00 N/cm, and splitting resistance (tangential) is 63,00 N/cm (Shan, 1988).

In this study, the changes caused by wood bleaching chemicals in mengkulang (*Heritiera javanica* (Blume) Kosterm.) wood were determined.

Materials and Methods

Wood Material

Mengkulang (*Heritiera javanica* (Blume) Kosterm.) wood was selected as the focus of this investigation. Test specimens were fashioned to dimensions of 100 mm × 100 mm × 15 mm. Following this, the samples underwent environmental conditioning at 20 ± 2 °C and 65 % relative humidity (ISO 554, 1976).

Bleaching Chemicals

Oxalic acid (C₂H₂O₄) and hydrogen peroxide (H₂O₂) + sodium hydroxide (NaOH) were utilized as bleaching agents in this study.

Application of Bleaching

These chemicals were applied to the wooden material surfaces using a single-coat application technique.

Determination of Glossiness Characteristics

Glossiness measurements were performed utilizing the ETB-0833 model gloss meter device in accordance with the ISO 2813 (1994) standard at three distinct angles (20°, 60° and 85°) in both perpendicular and parallel orientations to the fibers.

Determination of Whiteness Index (WI*)

Characteristics

In this research, the Whiteness Meter BDY-1 instrument was employed to measure the whiteness index (WI*) values, following the ASTM E313-15e1 standard of 2015.

Determination of Shore D Hardness Value

The Shore D hardness value was determined in accordance with ASTM D 2240 (2010). The measurements were taken using a Stand: model Ld-J Loyka and a Durometer from Shenzhen Yibai Network Technology Co., Ltd., Guangdong, China, with a 5 kg load applied. A total of 10 measurements were conducted.

Color Measurements Determination of Color

Characteristics

The color change of the samples was measured using the CS-10 (CHN Spec, China) device according to ASTM D 2244-3 (2007) standard, [CIE 10° standard observer; CIE D65 light source, illumination system: 8/d (8°/diffuse illumination)]. The examination was carried out utilizing the CIELAB color model. The comprehensive alterations in color were assessed utilizing the provided equations.

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{bleached applied}}) - (a^*_{\text{control}}), \quad (1)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{bleached applied}}) - (L^*_{\text{control}}), \quad (2)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{bleached applied}}) - (a^*_{\text{control}}), \quad (3)$$

$$\Delta E^* = \left((\Delta L^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta a^*)^2 \right)^{1/2}, \quad (4)$$

$$C^* = \left((a^*)^2 + (b^*)^2 \right)^{1/2}, \quad (5)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{bleached applied}}) - (C^*_{\text{control}}), \quad (6)$$

$$h^{\circ} = \arctan (b^*/a^*), \quad (7)$$

$$\Delta H^* = \left((\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2 \right)^{1/2}. \quad (8)$$

The definitions of Δa^* , ΔC^* , Δb^* , and ΔL^* are presented in Table 1 according to Lange (1999).

The comparison criteria for the visual evaluation of the calculated ΔE^* color difference are provided in Table 2 according to DIN 5033 (1979).

Table 1

The definitions of Δa^* , ΔC^* , Δb^* and ΔL^* (Lange, 1999)

Test	Positive Description	Negative Description
Δb^*	More yellow than the reference	More blue than the reference
ΔL^*	Lighter than the reference	Darker than the reference
Δa^*	More red than the reference	More green than the reference
ΔC^*	Clearer, brighter than the reference	More dull, matte than the reference

Table 2

Comparison criteria for ΔE^* evaluation
(DIN 5033, 1979)

Visual	Total Color Difference	Visual	Total Color Difference
Undetectable	<0,2	Very Distinct	3,0–6,0
Very Weak	0,2–0,5	Strong	6,0–12,0
Weak	0,5–1,5	Very Strong	> 12,0
Distinct	1,5–3,0		

Statistical Analysis

In this research, SPSS software was utilized to examine various factors, encompassing minimum and maximum values, group identification based on similar characteristics, standard deviations, percentage variations (%), multivariate coefficients of variation, and averages.

Results and Discussion

The measurement results for shore D hardness value are provided in Table 3. According to the determined result, the shore D hardness value is 61,10 HD and ranges between 51,00–60,00 HD (Table 3).

The results for total color differences are presented in Table 4.

According to these results, the ΔE^* values were determined to be 3,73 with $C_2H_2O_4$ bleaching and 13,81 with $H_2O_2 + NaOH$ bleaching. The ΔL^* (lighter compared to reference), Δb^* (redder compared to reference), and ΔC^* (clearer, brighter compared to reference) values were calculated as positive results (Table 4).

When compared with the color change criteria (DIN 5033, 1979), it was determined that the results corresponded to “very distinct (3,0 to 6,0)” with $C_2H_2O_4$ and “very strong (> 12,0)” with $H_2O_2 + NaOH$.

Table 3

Results for shore D hardness value

Mean (HD)	Standard deviation	Number of Measurements	Coefficient of Variation	Minimum	Maximum
61,10	2,38	10	3,89	59,00	66,00

Table 4

Results for total color differences

Chemical type	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Color criterion (DIN 5033, 1979)
$C_2H_2O_4$	1,06	2,06	2,92	3,94	–	3,73	Very distinct (3,0 – 6,0)
$H_2O_2 + NaOH$	10,91	–1,04	8,41	6,23	5,74	13,81	Very strong (> 12,0)

The ΔE^* value of $H_2O_2 + NaOH$ chemical was found to be approximately 4 times larger than that of $C_2H_2O_4$ chemical. Additionally, the Δa^* values were found to be positive (redder compared to reference) with $C_2H_2O_4$ and negative (greener compared to reference) with $H_2O_2 + NaOH$ (Table 4).

The results of the variance analysis are presented in Table 5. The gloss test measurements taken at 20° to the fibers (\parallel) and perpendicular (\perp) were found to be insignificant, while all other tests were found to be significant (Table 5).

The measurement results determined for the color parameters are shown in Table 6. In terms of color parameters, increases in b^* , L^* , C^* , and h° values were observed with both bleaching agents (Table 6).

The highest measured L^* value was found with the $H_2O_2 + NaOH$ bleaching agent (50,37), while the lowest was found in the unbleached control group samples (39,46). L^* values increased by 2,69 % with $C_2H_2O_4$ bleaching and by 27,65 % with $H_2O_2 + NaOH$ bleaching (Table 6).

For a^* , the lowest result was obtained with the $H_2O_2 + NaOH$ bleaching agent (11,82), and the highest was found with the $C_2H_2O_4$ chemical (14,92). The a^*

parameter showed an increase of 16,02 % with $C_2H_2O_4$ and a decrease of 8,09 % with the $H_2O_2 + NaOH$ chemical (Table 6).

In the b^* value, the highest result was seen with the $H_2O_2 + NaOH$ chemical (21,84), and the lowest was obtained in the unbleached control group samples (13,44). The b^* test showed increases with both bleaching chemicals ($C_2H_2O_4$: 21,65 % and $H_2O_2 + NaOH$: 62,50 %) (Table 6).

For the C^* parameter, the highest result was determined with the $H_2O_2 + NaOH$ bleaching agent (24,84), and the lowest was seen in the control group samples (18,61). Increases in C^* values were also observed with both wood bleaches ($C_2H_2O_4$: 22,12 % and $H_2O_2 + NaOH$: 33,48 %) (Table 6).

The highest measured h° value was determined with the $H_2O_2 + NaOH$ bleaching agent (61,60), while the lowest was found in the control group samples (46,28). Increases in h° values were recorded at 0,45 % with $C_2H_2O_4$ and 33,10 % with $H_2O_2 + NaOH$ (Table 6).

The results for the whiteness index (WI^*) values are provided in Table 7.

Table 5

Results of variance analysis

Test	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	Sig.
L^*	723,185	2	361,592	4798,625	0,000*
a^*	49,805	2	24,902	19,878	0,000*
b^*	364,607	2	182,304	869,056	0,000*
C^*	198,740	2	99,370	281,001	0,000*
h°	1542,117	2	771,059	546,235	0,000*
$\perp 20^\circ$ glossiness	0,000	2	0,000		**
$\perp 60^\circ$ glossiness	4,829	2	2,414	360,149	0,000*
$\perp 85^\circ$ glossiness	10,616	2	5,308	344,510	0,000*
$\parallel 20^\circ$ glossiness	0,000	2	0,000		**
$\parallel 60^\circ$ glossiness	4,803	2	2,401	337,688	0,000*
$\parallel 85^\circ$ glossiness	58,963	2	29,481	836,130	0,000*
WI^* (\perp)	109,862	2	54,931	390,197	0,000*
WI^* (\parallel)	150,467	2	75,233	3340,954	0,000*

*: Significant

Table 6

Results for the color parameters

Test	Bleaching Chemical Type	N	Mean	Change (%)	HG	SD	Minimum	Maximum	COV
L^*	Control	10	39,46	–	C**	0,20	39,17	39,86	0,51
	C ₂ H ₂ O ₄	10	40,52	↑2,69	B	0,38	40,12	41,40	0,94
	H ₂ O ₂ + NaOH	10	50,37	↑27,65	A*	0,20	50,15	50,73	0,39
C^*	Control	10	18,61	–	C**	0,68	16,82	19,19	3,66
	C ₂ H ₂ O ₄	10	22,54	↑21,12	B	0,50	21,37	23,14	2,21
	H ₂ O ₂ + NaOH	10	24,84	↑33,48	A*	0,59	23,89	25,84	2,38
b^*	Control	10	13,44	–	C**	0,54	12,81	14,18	4,04
	C ₂ H ₂ O ₄	10	16,35	↑21,65	B	0,38	15,64	16,85	2,29
	H ₂ O ₂ + NaOH	10	21,84	↑62,50	A*	0,44	21,11	22,65	2,02
a^*	Control	10	12,86	–	B	0,73	10,89	13,43	5,71
	C ₂ H ₂ O ₄	10	14,92	↑16,02	A*	1,73	10,08	15,79	11,61
	H ₂ O ₂ + NaOH	10	11,82	↓8,09	C**	0,47	11,19	12,51	3,95
h°	Control	10	46,28	–	B**	1,90	43,96	49,63	4,09
	C ₂ H ₂ O ₄	10	46,49	↑0,45	B	0,56	45,82	47,61	1,20
	H ₂ O ₂ + NaOH	10	61,60	↑33,10	A*	0,58	60,48	62,19	0,94

COV: Coefficient of Variation, SD: Standard Deviation, *: Highest Value, **: Lowest Value.

Table 7

The results for the whiteness index (WI^*) values

Test	Bleaching Chemical Type	N	Mean	Change (%)	HG	SD	Minimum	Maximum	COV
WI^* ()	Control	10	2,82	–	B**	0,10	2,70	2,90	3,66
	C ₂ H ₂ O ₄	10	2,92	↑3,55	B	0,10	2,80	3,00	3,54
	H ₂ O ₂ + NaOH	10	7,62	↑170,21	A*	0,21	7,40	7,90	2,82
WI^* (⊥)	Control	10	6,32	–	B**	0,52	5,40	6,80	8,20
	C ₂ H ₂ O ₄	10	6,64	↑5,06	B	0,11	6,50	6,80	1,62
	H ₂ O ₂ + NaOH	10	10,53	↑66,61	A*	0,38	10,00	10,90	3,58

COV: Coefficient of Variation, SD: Standard Deviation, *: Highest Value, **: Lowest Value.

Increases in WI^* values in both directions were identified with both bleaching agents. These increases in WI^* values were determined to be 5,06 % with $C_2H_2O_4$ and 66,61 % with $H_2O_2 + NaOH$ perpendicular to the fibers (\perp), and 3,55 % with $C_2H_2O_4$ and 170,21 % with $H_2O_2 + NaOH$ parallel to the fibers (\parallel). The lowest WI^* values in both directions were found in the control group samples (\perp : 6,32 and \parallel : 2,82), while the highest were obtained in the $H_2O_2 + NaOH$ treated samples (\perp : 10,53 and \parallel : 7,62) (Table 7).

Table 8 presents the results for the glossiness values. Decreases were observed in glossiness values at 60° and 85° in both directions (at 60° perpendicular to the fibers: 50,68 % with $C_2H_2O_4$ and 63,70 % with $H_2O_2 + NaOH$; parallel to the fibers: 26,09 %

with $C_2H_2O_4$ and 53,26 % with $H_2O_2 + NaOH$; at 85° perpendicular to the fibers: 87,14 % with $C_2H_2O_4$ and 92,86 % with $H_2O_2 + NaOH$; parallel to the fibers: 69,14 % with $C_2H_2O_4$ and 94,86 % with $H_2O_2 + NaOH$). At 60° and 85°, the highest glossiness results were obtained in the unbleached wood samples, while the lowest were found in the $H_2O_2 + NaOH$ bleached samples. No changes were observed in gloss measurements at 20° in both directions after bleaching applications (Table 8).

Table 9 shows comparisons from various studies. The results indicate that different types of wood materials exhibit different behaviors in response to the chemicals used.

Table 8

Results for the glossiness values

Test	Bleaching Chemical Type	N	Mean	Change (%)	HG	SD	Minimum	Maximum	COV
\parallel 20°	Control	10	0,10	–	A	0,00	0,10	0,10	0,00
	$C_2H_2O_4$	10	0,10	0,00	A	0,00	0,10	0,10	0,00
	$H_2O_2 + NaOH$	10	0,10	0,00	A	0,00	0,10	0,10	0,00
\parallel 60°	Control	10	1,84	–	A*	0,05	1,80	1,90	2,81
	$C_2H_2O_4$	10	1,36	↓26,09	B	0,11	1,20	1,50	7,90
	$H_2O_2 + NaOH$	10	0,86	↓53,26	C**	0,08	0,80	1,00	9,81
\parallel 85°	Control	10	3,50	–	A*	0,20	3,20	3,70	5,71
	$C_2H_2O_4$	10	1,08	↓69,14	B	0,23	0,80	1,40	20,84
	$H_2O_2 + NaOH$	10	0,18	↓94,86	C**	0,12	0,10	0,40	68,29
\perp 20°	Control	10	0,10	–	A	0,00	0,10	0,10	0,00
	$C_2H_2O_4$	10	0,10	0,00	A	0,00	0,10	0,10	0,00
	$H_2O_2 + NaOH$	10	0,10	0,00	A	0,00	0,10	0,10	0,00
\perp 60°	Control	10	1,46	–	A*	0,08	1,40	1,60	5,78
	$C_2H_2O_4$	10	0,72	↓50,68	B	0,10	0,60	0,90	14,34
	$H_2O_2 + NaOH$	10	0,53	↓63,70	C**	0,05	0,50	0,60	9,11
\perp 85°	Control	10	1,40	–	A*	0,18	1,20	1,70	12,60
	$C_2H_2O_4$	10	0,18	↓87,14	B	0,12	0,10	0,40	68,29
	$H_2O_2 + NaOH$	10	0,10	↓92,86	B**	0,00	0,10	0,10	0,00

COV: Coefficient of Variation, SD: Standard Deviation, *: Highest Value, **: Lowest Value.

Table 9

Comparisons of Various Bleaching Studies

Wood type	Bleaching Type	After Application Change					Reference
		b^*	a^*	L^*	h^o	C^*	
Mengkulang (<i>Heritiera javanica</i> (Blume) Kosterm.)	$C_2H_2O_4$	↑	↑	↑	↑	↑	This study
	$H_2O_2 + NaOH$	↑	↓	↑	↑	↑	
Bulletwood (<i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) A. Chev.)	$C_2H_2O_4$	↑	↑	↑	↓	↑	The application of..., (2023a)
	$H_2O_2 + NaOH$	↑	↓	↑	↑	↑	
Movingui (<i>Distemonanthus benthamianus</i>)	$C_2H_2O_4$	↑	↑	↑	↑	↑	Peker et al., (2023b)
	$H_2O_2 + NaOH$	↑	↓	↑	↑	↑	
Satinwood ceylon (<i>Chloroxylon swietenia</i> DC)	$C_2H_2O_4$	↑	↓	↓	↑	↓	Ayata and Camlibel, (2023)
	$H_2O_2 + NaOH$	↓	↓	↑	↑	↓	
Ilomba (<i>Pycnanthus angolensis</i> Exell)	$C_2H_2O_4$	↑	↑	↑	↑	↑	Ayata and Bal, (2023)
	$H_2O_2 + NaOH$	↓	↓	↑	↑	↓	
Olon (<i>Zanthoxylum heitzii</i>)	$C_2H_2O_4$	↑	↑	↑	↑	↑	Peker and Ayata, (2023)
	$H_2O_2 + NaOH$	↓	↓	↑	↑	↓	
Linden (<i>Tilia tomentosa</i> – Moench.)	$C_2H_2O_4$	↑	↑	↓	↓	↑	Camlibel and Ayata, (2023a)
	$H_2O_2 + NaOH$	↓	↓	↑	↑	↓	
Ekop (<i>Tetraberlinia bifoliolata</i> Haum.)	$C_2H_2O_4$	↑	↑	↓	↑	↑	Camlibel and Ayata, (2023b)
	$H_2O_2 + NaOH$	↑	↓	↑	↑	↑	
Izombé (<i>Testulea gabonensis</i>)	$C_2H_2O_4$	↑	↑	↓	↑	↑	The application of..., (2023c)
	$H_2O_2 + NaOH$	↑	↓	↑	↑	↑	

Conclusions

– The gloss test measurements taken at 20° to the fibers (||) and perpendicular (⊥) were found to be insignificant, while all other tests were found to be significant.

– The ΔE^* value was determined to be 3.73 with $C_2H_2O_4$ and 13.81 with $H_2O_2 + NaOH$.

– With bleaching agents, increases were observed in WT^* , L^* , b^* , C^* , and h^o values in both directions, while decreases were obtained in gloss values at 60° and 85° in both directions.

– It is recommended to perform aging (natural/artificial) test performances on the materials.

References

- A research on the application of single and double-component wood bleaching chemicals on movingui (*Distemonanthus benthamianus* Baillon) wood used in the furniture industry / H. Peker, E. H. Bilginer, Ü. Ayata, O. Çamlıbel // Sivas Cumhuriyet University Journal of Science and Technology, 2023b. № 2 (2). P. 73–79.
- ASTM D 2240. Standard test method for rubber property-durometer hardness, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, United States. 2010. URL: <https://www.astm.org> (accessed 10.03.2024).
- 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: <https://www.astm.org> (accessed 10.03.2024).
- 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.astm.org> (accessed 10.03.2024).

- Ayata U., Camlibel C.* A study on the application of bleaching treatment on Satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) wood used indoors and outdoors, The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University. 2023. № 14 (2): P. 273–281. DOI: 10.29048/makufebed.1343434
- Ayata U., Bal B. C.* Effect of Application of various bleaching chemicals on some surface properties of Ilomba (*Pycnanthus angolensis* Exell) wood // EU 2nd International Conference on Health, Engineering and Applied Sciences, August 4–6, 2023. Belgrade, 2023. P. 95–105.
- Camlibel O., Ayata U.* Application of wood bleaching chemicals on ekop wood (*Tetraberlinia bifoliolata* Haum.) // Fareast 2nd International Conference on Applied Sciences, October 20–22, 2023. Manila, 2023b. P. 125–135.
- Camlibel O., Ayata U.* The bleaching application on linden wood (*Tilia tomentosa* – Moench.) // Fareast 2nd International Conference on Applied Sciences, October 20–22, 2023. Manila, 2023a. P. 107–116.
- Chemical treatment and coating of *Pinus radiata* to inhibit photo-yellowing // *B. S. W. Dawson, F. J. Cowan, J. M. Uprichard, D. Cronshaw, B. A Coombridge* // Surface Coatings Australia. 10, 1995. P. 16–25.
- Csiha C., Papp E.* Investigation on bleaching Beech wood using environment friendly agent : In Proceedings of the XXVIth International Conference Research for Furniture Industry (ed.: Szmardzewski, J.). Poznan, Poland, 2013. P. 7–15.
- DIN 5033. Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin Marz. 1979. URL: <https://www.din.de> (accessed 10.03.2024).
- Finishing properties of poly urethane coating on bleached and ammonia fumigated mango wood surface / *S. Panigrahi, S. Rout, G. Sahoo, S. Gupta, V. S. Kumar* // International Journal of Plant & Soil Science. 2021. № 33(16). P. 57–67. DOI: 10.9734/IJPSS/2021/v33i1630523
- Forest Products Laboratory, Bleaching wood, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Madison. 1967. URL: <https://research.fs.usda.gov/> (accessed 10.03.2024).
- Hon D. N. S., Minemura N.* Color and discoloration // Wood and cellulosic chemistry. 2000. P. 385–442.
- ISO 2813. Paints and varnishes – determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees / International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1994. URL: <https://www.iso.org/standard> (accessed 10.03.2024).
- ISO 554 (Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland, 1976. URL: <https://www.iso.org/standard> (accessed 10.03.2024).
- Lange D. R.* Fundamentals of Colourimetry – Application Report № 10e. DR Lange : New York, NY, USA, 1999. URL: <https://dergipark.org.tr/> (accessed 10.03.2024).
- Larano A. A., Buot Jr I. E.* Leaf architecture of selected species of Malvaceae sensu APG and its taxonomic significance // Philippine Journal of Systematic Biology. 2010. № 4 (6). P. 21–54.
- Peker H., Ayata U.* Effects of bleaching chemicals on some surface characteristics of olon (*Zanthoxylum heitzii*) wood // Furniture and Wooden Material Research Journal. 2023. № 6 (2). P. 210–218. DOI: 10.33725/mamad.1369843
- Pinto P. C., Evtuguin D. V., Neto C. P.* Effect of structural features of wood biopolymers on hardwood pulping and bleaching performance // Industrial & Engineering Chemistry Research, 2005. № 44 (26). P. 9777–9784. DOI: 10.1021/ie050760o
- PROSEA Timber Trees : Major Comercial Timbers,. I. Sorianegara and R. H. M. J Lemuneus (Editors). Bogor, Indonesia, 1994. P. 230–234.
- Sahromi S., Purwantoro R. S., Siregar H. M.* Propagation of *Heritiera javanica* (Blume) Koesterm. as timber tree species under several shade intensities and growth media, Berita Biologi, 2015. № 14 (3). P. 213–222. DOI: 10.14203/beritabiologi.v14i3.1823
- Shan W. S.* Research Institute of Wood Industry, Identification, properties and uses of some Southeast Asian woods / Chinese Academy of Forestry, Beijing & International Tropical Timber Organization, Yokohama, 1988. 201 p.

Sjostrom E. Wood Chemistry, Fundamentals and Applications; Academic Press : New York, 1981. URL: <https://openlibrary.org/> (accessed 10.03.2024).

The application of bleaching chemicals (oxalic acid and hydrogen peroxide + sodium hydroxide) on bulletwood (*Manilkara bidentata* (A.DC.) A. Chev.), Sivas Cumhuriyet / *H. Peker, E. H. Bilginer, U. Ayata, O. Camlibel, L. Gurleyen* // University Journal of Engineering Faculty. 2023a. № 1 (2). P. 48–54.

The application of different wood bleaching chemicals on izombé wood (*Testulea gabonensis* Pellegr.) used in indoor and outdoor designs, 2nd International Culture, Art and Communication Symposium / *H. Peker, E. H. Bilginer, U. Ayata, L. Gurleyen, O. Camlibel*. Bayburt, Turkey. 2023c. P. 289–303.

Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reactions / *D. Fengel, G. Wegener, W. de Gruyter*. New York, 1984. URL: <https://trove.nla.gov.au/> (accessed 10.03.2024).

Zeilman J. M. Techniques and materials for finishing sculpture (Doctoral dissertation, Bowling Green State University), 1960. URL: <https://openlibrary.org/> (accessed 10.03.2024).

Information about the authors

H. Peker – President of the Interuniversity Board, Prof., Dr. Ph.D (Woodworking). Graduate School;

Ü. Ayata – Head of Inter-University Council, Associate Prof, Dr. Ph.D (Wood processing). Graduate School.

Информация об авторах

Х. Пекер – председатель Межвузовского совета, профессор, кандидат технических наук (деревообработка);

У. Аята – руководитель межвузовского совета, доцент, доктор Ph.D (обработка древесины).

Статья поступила в редакцию 19.06.2024; принята к публикации 15.09.2024.

The article was submitted 19.06.2024; accepted for publication 15.09.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4(91) С. 159–167.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4(91) P. 159–167.

Научная статья

УДК 674.02

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.016

ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПОД ОТДЕЛКУ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЕЕ ЦИКЛЕВАНИЕМ И ШЛИФОВАНИЕМ

Ирина Валерьевна Яцун¹, Матвей Сергеевич Чекасин²

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

¹ yatsuniv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3195-2410>

² chekasin01gto10v@gmail.com

Аннотация. В статье описываются два основных способа подготовки поверхности древесины перед отделкой – циклевание и шлифование. Рассматриваются преимущества и недостатки каждого из способов, применяемый режущий инструмент. На основании выполненного обзора сделаны выводы о том, что вопросы обработки поверхности древесины циклеванием и шлифованием недостаточно изучены. В частности, нет сведений, позволяющих обосновать правильность способа подготовки поверхности к отделке (шлифование или циклевание). На основании этого целью исследований было проведение сравнительного анализа качества подготовки поверхности древесины при ее обработке циклеванием и шлифованием. Предметом исследования являлась величина шероховатости поверхности древесины различных пород после обработки каждым из этих способов. Оценка качества подготовки поверхности образцов древесины проводилась согласно методике, описанной в ГОСТ 15612–85 «Изделия из древесины и древесных материалов. Методы определения параметров шероховатости поверхности». Исследования проводились на образцах 27 пород древесины размером 130 × 50 × 40 мм, которые были разделены на четыре группы: хвойные, мягколиственные, твердолиственные и экзотические. Все образцы перед проведением исследований предварительно фуговались, а затем одна половина шлифовалась при помощи виброшлифовальной машинки, а вторая циклевалась ручной плоской циклей. По результатам проведенных исследований даны рекомендации о том, какой способ обработки поверхности перед отделкой для каждой из исследуемых групп древесины является наиболее предпочтительным. Также сделан вывод о том, что как при шлифовании древесины, так и при циклевании на ее поверхности можно сформировать покрытие только под непрозрачную отделку.

Ключевые слова: подготовка поверхностей древесины к отделке, циклевание древесины, шлифование древесины, качество подготовки поверхности древесины к отделке, виды циклевания, достоинства и недостатки циклевания

Для цитирования: Яцун И. В., Чекасин М. С. Исследования качества подготовки поверхности древесины под отделку при обработке ее циклеванием и шлифованием // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 159–167.

Original article

STUDIES OF THE QUALITY OF PREPARATION OF THE SURFACE OF WOOD FOR FINISHING WHEN PROCESSING IT BY CYCLING AND GRINDING

Irina V. Yatsun¹, Matvey S. Chekasin²

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

¹ yatsuniv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3195-2410>

² chekasin01gto10v@gmail.com

Abstract. The article describes two main methods of preparing the surface of wood before finishing – cycling and grinding. The advantages and disadvantages of each of the methods used by the cutting tool are considered. Based on the review, it was concluded that the issues of wood surface treatment by cycling and grinding have not been sufficiently studied, and in particular there is no information to justify the correctness of the method of surface preparation for finishing (grinding or cycling). Based on this, the purpose of the research was to conduct a comparative analysis of the quality of wood surface preparation during its processing by cycling and grinding. The subject of the study was the amount of surface roughness of wood of various species after processing by each of these methods. The assessment of the quality of surface preparation of wood samples was carried out according to the methodology described in GOST 15612–85 “Products made of wood and wood materials. Methods for determining surface roughness parameters”. The research was carried out on samples of 27 wood species with a size of 130 × 50 × 40 mm, which were divided into four groups: coniferous, soft-leaved, hard-leaved and exotic. All samples were pre-jointed before conducting the research, and then one half was ground with a vibration grinding machine, and the second was cycled with a manual flat cycle. Based on the results of the conducted research, recommendations are given on which method of surface treatment before finishing is the most preferable for each of the studied wood groups. It is also concluded that in this particular case, both when grinding the surface of wood and when cycling it, they can be coated only for an opaque finish.

Keywords: preparation of wood surfaces for finishing, wood cycling, wood grinding, quality of wood surface preparation for finishing, types of cycling, advantages and disadvantages of cycling

For citation: Yatsun I. V., Chekasin M. S. Studies of the quality of preparation of the surface of wood for finishing when processing it by cycling and grinding // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 159–167.

Введение

В процессе механической обработки древесины фрезерованием и строганием на поверхностях деталей и заготовок образуются неровности в виде гребней, волн, впадины и т.д. При формировании защитно-декоративных лакокрасочных покрытий на таких поверхностях все вышеуказанные дефекты обработки поверхности бросаются в глаза. Поэтому перед формированием покрытия деталей и заготовок необходимо проводить подготовку их поверхности к отделке.

В настоящее время существует два основных способа подготовки поверхности древесины к нанесению финишного покрытия – циклевание и шлифование.

Циклевание – этот способ подготовки поверхности древесины к отделке, который известен еще с древних времен. Под ним понимается технологическая операция выравнивания поверхности древесины путем срезания тонкой стружки (толщиной от 0,025 до 0,15 мм) ножом или циклей (Буглай, 1960, Чекасин, Яцун, 2024). Цикля позволяет

удалять неровности поверхности на ограниченной площади, снимать тонкие слои древесины в тех местах, куда невозможно добраться шлифовальной машинкой. В процессе циклевания в отличие от шлифования не образуется мелкодисперсная древесная пыль, которая забивает поры древесины (Буглай, 1960). При подгонке небольших деталей и заготовок цикля позволяет добиться максимально плотного прилегания режущего инструмента к обрабатываемой поверхности.

Для создания цикли используются стальные пластины толщиной от 1,5 до 2 мм, изготавливаемые из инструментальной стали с заточкой под углом 90°. А для повышения качества обработки древесины в ее конструкции предусмотрен заусенец, который идет по всей рабочей поверхности пластины. Рукоятки для режущего инструмента изготавливаются из древесины твердолиственных пород или спрессованной фенольной массы (Михайлов, 1951; Циклевание деталей, 2023).

Можно выделить следующие виды циклевания (Применение инструмента..., 2023):

а) в зависимости от конструкции цикли:

– плоское – для обработки плоских поверхностей с использованием плоских циклей (рис. 1);

– фигурное – для обработки поверхностей сложной формы с использованием фигурных циклей (из-за сложности заточки цикли осуществляется вручную) (рис. 2);

б) в зависимости от исходного состояния и конечных требований:

– промежуточное – между операциями строгания или фрезерования древесины;

– финишное – полирование древесины;

в) в зависимости от способа обработки поверхности:

– ручное – с применением ручной цикли;

– механическое – с применением циклевальных станков.

Главным преимуществом механического циклевания является его высокая производительность, но обрабатывать таким образом можно лишь плоские детали и заготовки. Для этого применяются циклевальные станки проходного типа, такие как станок марки СЦ-170 и станок «Молния». Во избежание образования неровностей на поверхностях деталей и заготовок в станок они подаются вдоль волокон древесины или под углом не более 10°. Как правило, количество проходов через станок не превышает двух раз. Принципиальная схема работы станка изображена на рис. 3 (Михайлов, 1951).



Рис. 1. Цикля для плоского циклевания
Fig. 1. A loop for flat cycling

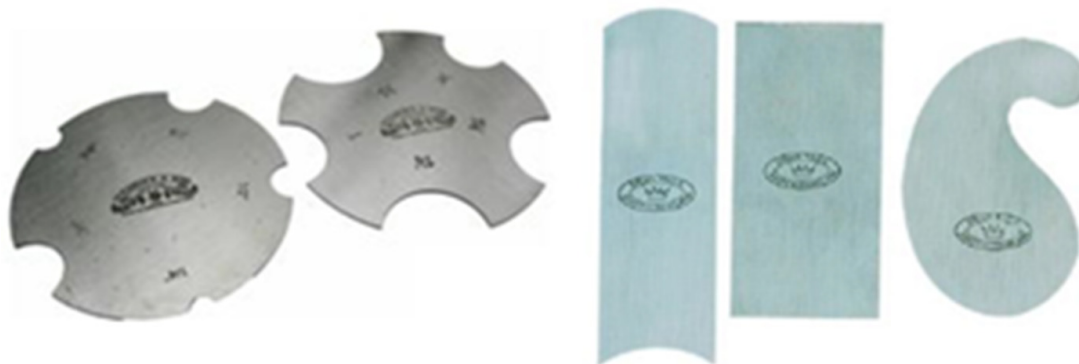


Рис. 2. Цикли для фигурного циклевания
Fig. 2. Cycles for curly cycling

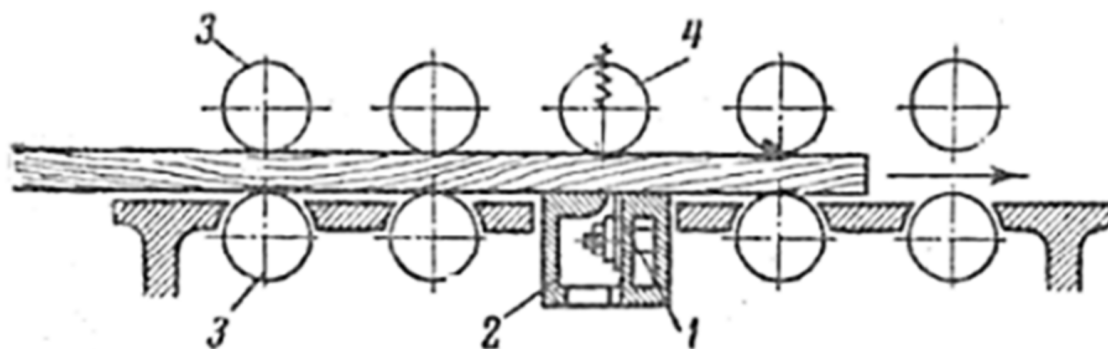


Рис. 3. Принципиальная схема работы циклевального станка:
 1 – нож-цикля, 2 – патрон-короб, 3 – гладкие подающие ролики, 4 – прижимной валик
 Fig. 3. Schematic diagram of the operation of the looping machine:
 1 – knife loop, 2 – cartridge box, 3 – smooth feed rollers, 4 – pressure roller

Ручное циклевание – это достаточно трудоемкая, малопроизводительная операция. Также такой способ обработки поверхности древесины не дает той плоскостности обрабатываемой поверхности, которая достигается путем применения механического способа циклевания.

Из-за особенностей базирования деталей и заготовок толщина снимаемого слоя в процессе обработки является непостоянной величиной, т.е. наблюдаются отклонения плоскостности у обрабатываемой поверхности. Отклонения будут возрастать не только при увеличении толщины снимаемого слоя, но и при увеличении количества проходов по поверхности режущим инструментом. С этой целью необходимо особое внимание уделять чистоте подготовки поверхностей деталей и заготовок перед циклеванием (Михайлов и др., 1964).

Шлифование – наиболее распространенный способ подготовки поверхности к отделке. Это процесс резания древесины, в котором участвует большое количество элементарных резцов в виде отдельных зерен шлифовальной шкурки (Михайлов и др., 1964).

Разница между циклеванием и шлифованием заключается в том, что при циклевании поверхность выравнивается, а при шлифовании имеющиеся на поверхности неровности сглаживаются за счет скалывания мелких частиц древесины и их измельчения (Михайлов и др., 1964).

Чистота поверхности при шлифовании зависит от таких факторов, как скорость резания, зерни-

стость шлифовальной шкурки, величина удельного давления на шлифуемую поверхность, а также твердость древесины.

Древесину практически всегда шлифуют вдоль волокон или под небольшим углом к ним. В противном случае на поверхности деталей и заготовок будут образовываться такие дефекты обработки, как царапины (Михайлов и др., 1964).

Выполнять операцию шлифования можно ручным и механизированным способами. Недостатком ручного шлифования являются его небольшая производительность и более низкое качество подготовки поверхности перед отделкой. Механическое шлифование осуществляется как с применением шлифовальных станков, так и при помощи ручных шлифмашин.

Шлифование будет более эффективным в том случае, если поверхность древесины более качественно подготовлена на предыдущих стадиях ее механической обработки.

Анализ литературных источников показал, что вопросы обработки поверхности циклеванием и шлифованием в настоящее время недостаточно изучены, в частности нет сведений:

- о том, как обработка поверхностей циклей влияет на качество подготовки поверхности древесины для различных пород перед отделкой;
- позволяющих обосновать правильность способа подготовки поверхности к отделке (шлифование или циклевание).

Цель, объект и методика исследования

Целью исследования являлось проведение сравнительного анализа качества подготовки поверхности древесины при ее обработке ручным циклеванием и машинным шлифованием.

Объектом исследования стала величина шероховатости поверхности $R_{m_{max}}$.

Оценка качества подготовки поверхности образцов древесины проводилась согласно ГОСТ 15612–85 «Изделия из древесины и древесных материалов. Методы определения параметров шероховатости поверхности». Для измерений неровностей поверхности использовался микроскоп двойной для измерения неровностей микропрофиля МИС-11 (Микроскоп, 2023), в котором в качестве измерительного средства применяется окулярный микрометр. Замеры производились в пяти точках исследуемого образца.

Длина исследуемого участка для измерения неровностей составляла более двух шагов неровностей по впадинам. Микрометр устанавливался таким образом, чтобы одна из визирных нитей была параллельна средней линии профиля. Затем измерялось расстояние от самой высокой точки до самой низкой. С этой целью визирная нить микрометра, параллельная средней линии профиля, совмещалась сначала с вершиной гребня и снимались показания, а затем с дном впадины. Полученные значения заносились в журнал испытаний.

Расстояние от высшей до низшей точек неровности определялось по формуле

$$H_{max_i} = \frac{5}{N}(S_{1i} - S_{2i}), \tag{1}$$

где H_{max} – расстояние от высшей до низшей точки i -й неровности, мкм;

S_{1i}, S_{2i} – показания микрометра в делениях шкалы;

N – увеличение объектива, раз.

Шероховатость поверхности деталей вычислялась согласно формуле

$$R_{m_{max}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_{max_i} \tag{2}$$

где $R_{m_{max}}$ – шероховатость поверхности, мкм;

n – количество замеров, шт.

Результаты и их обсуждение

Для проведения экспериментальных исследований подготовлены образцы 27 пород древесины размером 130×50×40 мм. Все исследуемые образцы сначала фуговались на деревообрабатывающем станке «Могилев» ИЭ 6009 А4 (Республика Беларусь). Режим фугования: скорость вращения ножевого вала 5200 об/мин, скоростью подачи от 1 до 8 м/мин. Далее первая половина образцов шлифовалась виброшлифовальной машинкой FIT SA-280. Шлифование осуществлялось за три прохода шлифовальными шкурками на бумажной основе с зернистостью Р 100, Р 180, Р 240. Вторая половина образцов циклевалась плоской ручной циклей.

Все подготовленные образцы были разделены по породам древесины на 4 группы (таблица):

- группа 1 – хвойные породы;
- группа 2 – мягколиственные породы;
- группа 3 – твердолиственные породы;
- группа 4 – экзотические породы.

Разделение образцов по группам
Separation of samples into groups

Группа 1 Group 1	Группа 2 Group 2	Группа 3 Group 3	Группа 4 Group 4
Кедр Cedar	Липа Linden tree	Береза Birch tree	Сапелле Sapelle
Ель Fir	Осина Aspen	Бук Beech	Падук Paduk
Сосна Pine tree	Ольха Alder	Ясень Ash tree	Гледичия Honey locust

Окончание таблицы
The end of table

Группа 1 Group 1	Группа 2 Group 2	Группа 3 Group 3	Группа 4 Group 4
Лиственница Larch	Ива Willow	Дуб Oak	Карагач Карагач
–	–	Вишня Cherry	Мербау Merbau
–	–	Черемуха Bird cherry	Бубинго Bubingo
–	–	Клен Maple	Венге Wenge
–	–	Граб Hornbeam	Ятоба Yatoba
–	–	Грецкий орех Walnut	Амарант Amaranth
–	–	Яблоня Apple tree	–

Полученные в ходе исследования значения шероховатости поверхности древесины после операций фугования, шлифования и циклевания обрабатывались методами математической статистики (Пижурин, 1984; Мяслицин, 2023). Были определены такие показатели, как среднее арифметическое значение, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, средняя квадратическая

ошибка среднего значения, показатель точности среднего значения, ошибка среднего квадратического отклонения, а также найден доверительный интервал математического ожидания. Полученные результаты использовались для построения диаграмм по оценке качества поверхности древесины перед отделкой по каждой группе, которые представлены на рис. 4–7.

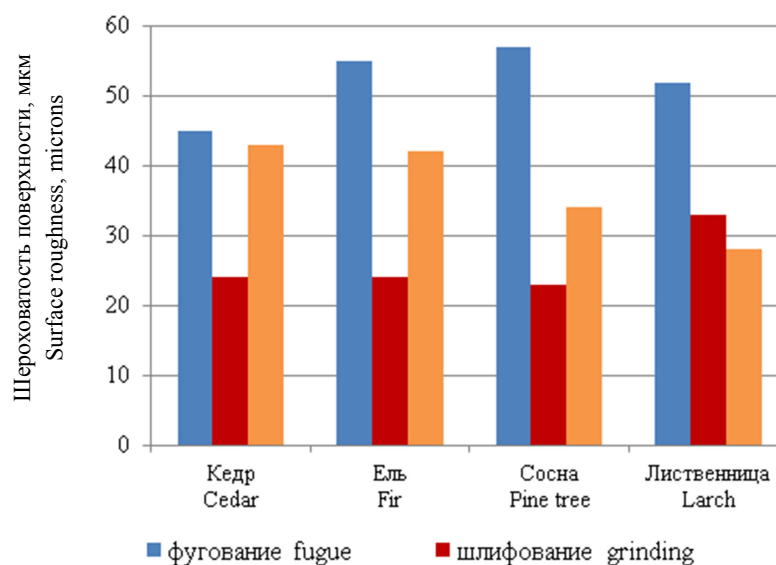


Рис. 4. Шероховатость поверхности образцов группы 1
Fig. 4. Surface roughness of group 1 samples

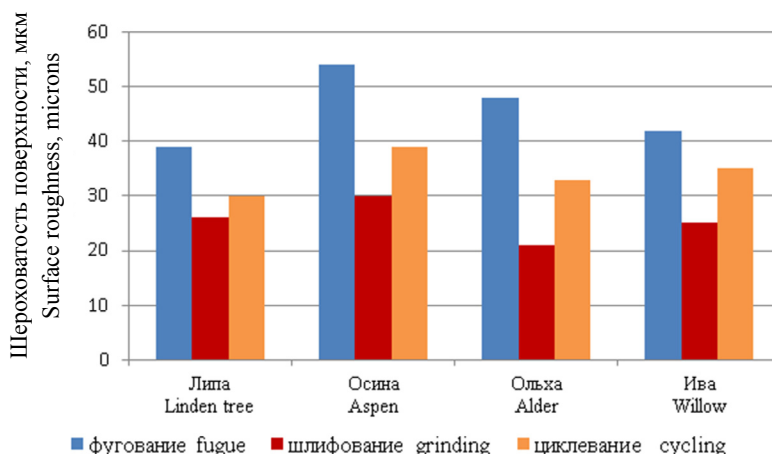


Рис. 5. Шероховатость поверхности образцов группы 2
Fig. 5. Surface roughness of group 2 samples

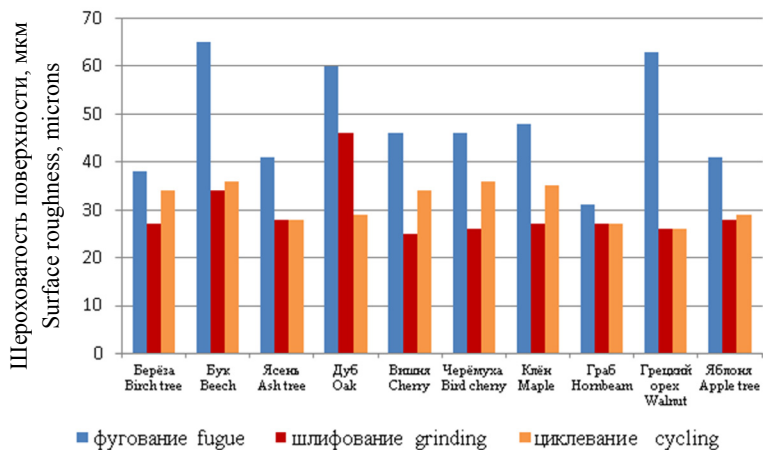


Рис. 6. Шероховатость поверхности образцов группы 3
Fig. 6. Surface roughness of group 3 samples

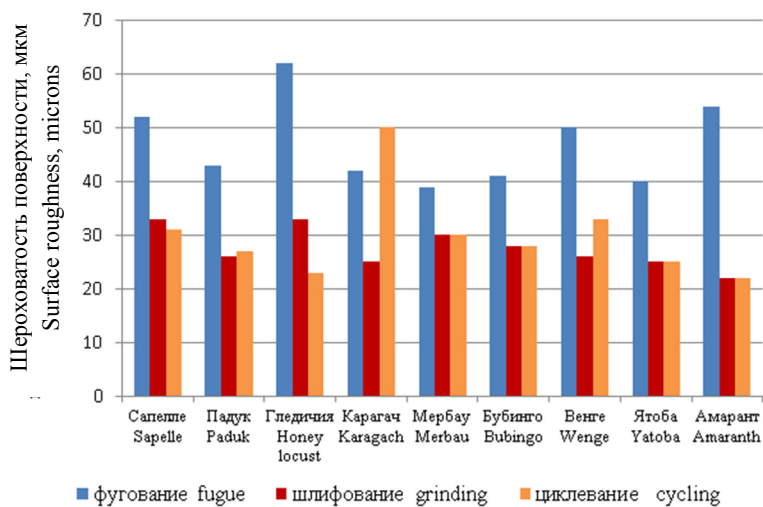


Рис. 7. Шероховатость поверхности образцов группы 4
Fig. 7. Surface roughness of group 4 samples

Выводы

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Для хвойных пород древесины наиболее приемлемым способом обработки поверхности перед отделкой является шлифование с использованием шлифовальных шкур.

2. Для мягколиственных пород рекомендуется в качестве черновой обработки вместо шлифования крупнозернистой шлифовальной шкуркой применять циклевание, а для финишной обработки поверхности – шлифование.

3. Для твердолиственных и экзотических пород древесины можно рекомендовать применять в равной степени как циклевание, так и шлифование поверхности.

4. Поскольку полученные значения шероховатости поверхности образцов после обработки циклеванием и шлифованием колеблются в пределах от 21 до 46 мкм, то на них можно сформировать покрытие только под непрозрачную отделку.

Список источников

- Буглай Б. М.* Технология столярно-мебельного производства : учебник для техникумов. 2-е изд., перераб. М. ; Л. : Гослесбумиздат, 1960. 327 с.
- Микроскоп двойной для измерения неровностей микропрофиля МИС-11 // Приборы и средства измерений ГРСИ РФ : [сайт]. URL: <https://grmetr.ru/gosreestr/Микроскоп> (дата обращения: 20.11.2023).
- Михайлов В. Н.* Столярно-механические производства : учебник для лесотехн. и лесохоз. ин-тов. 3-е изд., перераб. М. ; Л. : Гослесбумиздат, 1951. 612 с.
- Михайлов В. Н., Куликов В. А., Власов Г. Д.* Технология механической обработки древесины. М. : Лесн. пром-сть, 1964. 566 с.
- Мялицин А. В.* Методика планирования эксперимента и обработки их результатов при исследованиях технологических процессов в деревообрабатывающей промышленности : учеб.-метод. пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2023. 76 с.
- Пижурин А. А.* Исследования процессов деревообработки. М. : Лесн. пром-сть, 1984. 231 с.
- Применение инструмента для дерева и паркета // Строй-подсказка : [сайт]. URL: <https://stroy-podskazka.ru/Применение> (дата обращения: 20.11.2023).
- Циклевание деталей // ВсеИнструменты.ру : интернет-магазин. URL: <https://www.vseinstrumenti.ru/Циклевание> (дата обращения: 20.11.2023).
- Чекасин М. С., Яцун И. В.* Циклевание как способ обработки поверхностей деталей из древесины // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XX Всерос. науч.-практ. конф. студ. и аспирантов. Екатеринбург, 2024. С. 519–521.

References

- A double microscope for measuring irregularities of the MIS-11 // Devices and measuring instruments of the GRSI RF : [website]. URL: <https://grmetr.ru/> (accessed 20.11.2023).
- Buglai B. M.* Technology of carpentry and furniture production. Textbook for technical schools. 2nd ed., revised. Moscow ; Leningrad : Goslesbumizdat, 1960. 327 p.
- Chekasin M. S., Yatsun I. V.* Cycling as a method of surface treatment of wood parts // Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia : materials of the XX All-Russian scientific and practical conference of students and postgraduates. Yekaterinburg, 2024. P. 519–521. (In Russ.)
- Looping details // Vseinstrumenti.ru [website]. URL: <https://www.vseinstrumenti.ru/Cycling> (accessed 20.11.2023).

- Mikhailov V. N.* Carpentry and mechanical production. Textbook for forestry and forestry institutes. 3rd ed., revised. Moscow, Leningrad : Goslesbumizdat, 1951. 612 p.
- Mikhailov V. N., Kulikov V. A., Vlasov G. D.* Technology of mechanical processing of wood. Moscow : Forest industry, 1964. 566 p.
- Myalitsin A. V.* Methods of planning experiments and processing their results in the study of technological processes in the woodworking industry (educational and methodological manual). Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering univ., 2023. 76 p.
- Pyzhurin A. A.* Studies of woodworking processes. Moscow : Forest industry, 1984. 231 p.
- The use of tools for wood and parquet // Stroy-podskazka.ru [website]. URL: <https://stroy-podskazka.ru/> Application (accessed 20.11.2023).

Информация об авторах

И. В. Яцун – доктор технических наук, доцент;
М. С. Чекасин – студент.

Information about the authors

I. V. Yatsun – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
M. S. Chekasin – student.

Статья поступила в редакцию 21.05.2024; принята к публикации 15.09.2024.
The article was submitted 21.05.2024; accepted for publication 15.09.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 168–177.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 168–177.

Научная статья
УДК 665.939.57
DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.018

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЭРОИОНИЗАЦИИ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ, ФОРМИРУЕМОГО КЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ

Кирилл Васильевич Носоновских¹, Максим Владимирович Газеев²,
Алексей Владиславович Свиридов³, Сергей Владимирович Щепочкин⁴

^{1–4} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ kirya.nosonovskikh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5357-2104>

² gazeemv@usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3698-1707>

³ sviridovav@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4869-5855>

⁴ shchepochkinsv@m.usfeu.ru

Аннотация. При склеивании массивной древесины для повышения производительности и сокращения времени отверждения клеевого шва применяют различные методы интенсификации склеивания, например такие, как высокочастотный, инфракрасный, конвективный или контактный нагрев, которые являются энергозатратными. В настоящее время актуальна разработка новых энергоэффективных способов склеивания и высокопрочных клеевых композиций, обладающих минимальным временем отверждения. В работе рассматривается совершенствование технологии склеивания массивной древесины с применением аэроионизации. Аэроионизация в настоящее время получила широкое применение в медицине для очистки воздуха и обеззараживания помещений. При аэроионизации воздух насыщают отрицательными ионами кислорода, которые формируются в электрическом поле электроэфлювиального аэроионизационного устройства.

Цель работы – исследовать влияние аэроионизации на процесс склеивания массивной древесины клеевой композицией на основе эпоксидной смолы.

При проведении исследований определяли краевой угол смачиваемости поверхности древесины эпоксидной смолой, результаты определения которого подтверждают высокое адгезионное взаимодействие эпоксидной смолы и поверхности древесины. Поэтому применение данной смолы в качестве основы для клеевой композиции целесообразно. Испытания склеенных образцов на скалывание вдоль клеевого шва проводили в соответствии с ГОСТ 33120–2014. Исследования в данной области актуальны и целесообразны, а ранее проведенные эксперименты применения аэроионизации в технологии деревообработки показали положительное ее влияние на процессы отверждения пленкообразующих веществ лакокрасочных и клеевых композиций.

Ключевые слова: клееная древесина, клей, эпоксидные смолы, аэроионизация, интенсификация склеивания

Для цитирования: Исследование влияния аэроионизации на прочность клеевого соединения древесины, формируемого клеевой композицией на основе эпоксидной смолы / К. В. Носоновских, М. В. Газеев, А. В. Свиридов, С. В. Щепочкин // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 168–177.

Original article

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF AEROIONIZATION ON THE STRENGTH OF THE ADHESIVE JOINT OF WOOD FORMED BY AN EPOXY RESIN-BASED ADHESIVE COMPOSITION

Kirill V. Nosonovskikh¹, Maxim V. Gazeev², Alexey V. Sviridov³, Sergey V. Shchepochkin⁴

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

¹ kirya.nosonovskikh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5357-2104>

² gazeevmv@usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3698-1707>

³ sviridovav@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4869-5855>

⁴ shchepochkinsv@m.usfeu.ru

Abstract. When gluing solid wood, various methods of bonding intensification are used to increase productivity and reduce the curing time of the adhesive joint, for example, such as high-frequency, infrared, convective or contact heating, which are energy-consuming. Currently, the development of new energy-efficient bonding methods and high-strength adhesive compositions with minimal curing time is relevant. The paper considers the improvement of the technology of gluing solid wood using aeroionization. Aeroionization is currently widely used in medicine for air purification and disinfection of premises. During aeroionization, the air is saturated with negative oxygen ions of the air, which are formed in an electric field by an electroeffluviaaeroionization device.

The purpose of the work is to investigate the effect of aeroionization on the process of gluing solid wood with an epoxy resin-based adhesive composition.

During the research, the marginal wettability angle of the wood surface with epoxy resin was determined, the results of which confirm the high adhesive interaction of the epoxy resin to the wood surface. Therefore, the use of this epoxy resin as a base for an adhesive composition is advisable. Tests of glued samples for cleavage along the adhesive seam were carried out in accordance with GOST 33120–2014. Research in this area is relevant and appropriate, and previous studies of the use of aeroionization in woodworking technology have shown its positive effect on the curing processes of film-forming substances of paint and adhesive compositions.

Keywords: glued wood, glue, epoxy resins, aeroionization, intensification of gluing

For citation: Investigation of the effect of aeroionization on the strength of the adhesive joint of wood formed by an epoxy resin-based adhesive composition / K. V. Nosonovskikh, M. V. Gazeev, A. V. Sviridov, S. V. Shchepochkin // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 168–177.

Введение

Изделия из древесины – одни из самых древних объектов, используемых человеком. Древесина нашла широкое применение в таких областях, как мебель, строительство, столярное производство, тара, спортивный инвентарь, музыкальные инструменты,

игрушки и многих других. Конструкция изделий из нее, а также общий вид и технология изготовления претерпели изменения вместе с развитием общества, отражая его уровень и стимулируя его прогресс.

Учитывая правила конструирования изделий из массивной древесины, детали из натуральной древесины следует конструировать так, чтобы неизбежные изменения их размеров и формы при колебаниях температуры и влажности были минимальными. Для этого широкие детали необходимо изготавливать не из цельной древесины, а из отдельных делянок или ламелей, склеенных по кромке или пласти, что позволяет минимизировать влажностные деформации и компенсировать внутренние напряжения в изделиях. Такие изделия прочнее, долговечнее, а также появляется возможность получения деталей больших сечений и сложных форм. Однако при всех плюсах есть у такой древесины и недостатки: ее производство усложняет технологический процесс и удорожает стоимость конечной продукции. Более того, операция склеивания является так называемым узким местом для любого технологического процесса (Волынский, 2003). Для повышения производительности и сокращения времени отверждения клеевого шва применяют различные методы интенсификации склеивания, например такие, как высокочастотный, инфракрасный, конвективный или контактный нагрев (Исаев, Еренков, 2020).

Все эти способы основаны на сообщении дополнительной энергии отверждаемому материалу, что, как правило, является энергозатратным.

Не менее важным показателем, чем время отверждения клеевого шва, является его адгезионная и когезионная прочность, которую можно оценить, применяя метод скалывания вдоль клеевого шва склеенных образцов древесины, так как от его прочности напрямую зависит долговечность всей конструкции. Повышение параметров данного показателя чаще всего достигают путем подбора клеевой композиции на более усовершенствованный, который бы отвечал целому комплексу свойств, что также связано и с химической природой адгезива, что может быть достаточно дорогостояще. Поэтому в настоящее время актуальна разработка новых энергоэффективных способов склеивания и высокопрочных клеевых композиций, обладающих минимальным временем отверждения.

На кафедре механической обработки древесины Уральского государственного лесотехниче-

ского университета (УГЛТУ) ведутся исследования в области совершенствования технологии отделки массивной древесины и ее склеивания. Был разработан состав лакокрасочной композиции на основе эпоксидной смолы с высокими показателями физико-механических, декоративных и технологических свойств (Башкирова, Газеев, 2022). На основе результатов вышеозвученных исследований было принято решение о совершенствовании технологического процесса склеивания массивной древесины с разработкой быстроотверждаемой клеевой композиции на основе эпоксидной смолы с улучшенными адгезионными и когезионными свойствами.

С целью ускорения процесса склеивания массивной древесины принято решение о применении аэроионизации, эффективность которой подтверждена для ускорения отверждения защитно-декоративного покрытия (ЗДП) также на основании пробных экспериментов, которые показали обнадеживающие результаты не только на время отверждения клеевого шва на основе поливинилацетатной (ПВА) дисперсии, но и на его адгезионные и когезионные свойства (Nosonovskikh, Gazeev, 2016).

Цель и методика исследования

Цель работы – исследовать влияния воздействия аэроионизации на процесс склеивания массивной древесины клеевой композицией на основе эпоксидной смолы.

В ходе исследований применялась клеевая композиция на основе эпоксидной смолы на основе бисфенола А с добавлением отвердителя и ускорителя аминного типа.

Для оценки адгезионного взаимодействия клеевой композиции с древесиной была исследована смачиваемость древесины эпоксидной смолой.

Краевой угол смачивания определяли расчетным путем через тангенс угла θ , который рассчитывали по формуле

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{4dh}{d^2 - 4h^2}, \quad (1)$$

где θ – краевой угол;

d – диаметр капли, мм;

h – высота капли, мм.

Для расчета массовых частей клеевой композиции и определения расхода были использованы электронные весы АСОМJW-1С. Расход клеевой композиции при нанесении на поверхность древесины составил 120–130 г/м².

Образцы для определения предела прочности клеевого соединения выпиливали из заготовок древесины бука сечением 30×30 мм и максимальной длиной 300 мм. Влажность образцов буковых ламелей определялась при помощи влагомера CONDROLHydroEasy № 14056.

Для активации клеевого состава на подложке перед склеиванием использовалось электроэффлювиальное аэроионизационное устройство (ЭЭАУ), показанное на рис. 1.

Технологический процесс склеивания ламелей массивной древесины состоит из следующих операций:

- очистка поверхности (удаление пыли, грязи и т.п.), осуществляется сухой щеткой, обдувом воздуха;
- нанесение клея на склеиваемые поверхности, осуществляется кистью;
- открытая выдержка под ионизатором;
- склеивание заготовок при помощи струбцин, давление $\approx 0,4$ МПа (схема прессования заготовок приведена на рис. 2);
- технологическая выдержка;
- механическая обработка склеенных ламелей для получения образцов с размерами по ГОСТ (рис. 3).

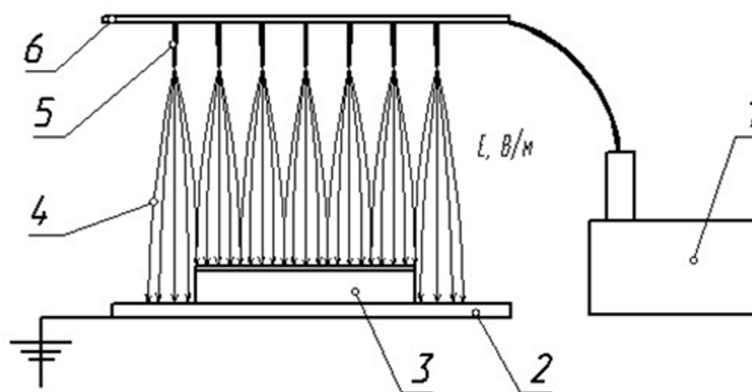


Рис. 1. Аэроионизационное электроэффлювиальное устройство:

- 1 – высоковольтный блок; 2 – основание; 3 – ламель с нанесенным слоем клея;
4 – линии силового электрического поля, формируемые электродами; 5 – электроды излучателя;
6 – электроэффлювиальный излучатель

Fig. 1. Airionization electroeffluvial setting:

- 1 – high-voltage block; 2 – base; 3 – lamella with a layer of glue applied;
4 – electric field lines formed by electrodes; 5 – emitter electrodes; 6 – electroeffluvial emitter

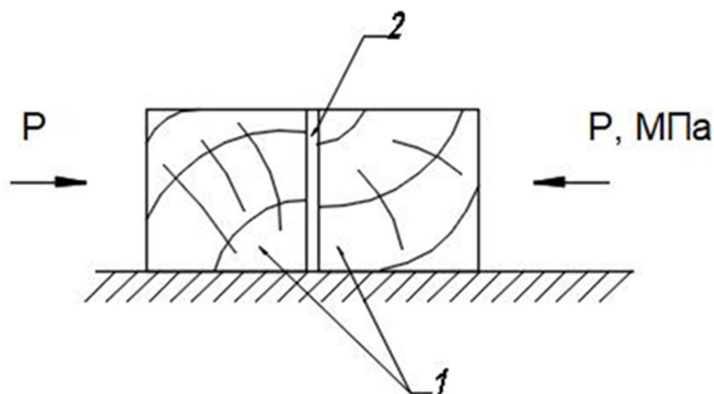


Рис. 2. Схема склеивания ламелей: 1 – буковые ламели; 2 – клеевой слой

Fig. 2. Slats gluing scheme: 1 – beechwood slats; 2 – adhesive layer

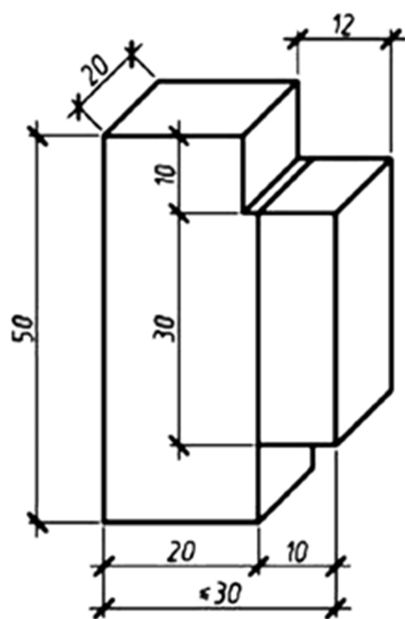


Рис. 3. Форма и размеры образца для испытаний на скалывание
Fig. 3. Shape and dimensions of the cleavage test sample



Рис. 4. Образец, закрепленный в специальном приспособлении, под нагрузкой испытательной машины
Fig. 4. The sample is fixed in a special device under the load of the test machine

Форма и размеры выпиленных образцов также соответствуют ГОСТ 33120–2014 (см. рис. 3).

Испытание склеенных образцов на прочность на скалывание вдоль клеевого шва осуществляли на испытательной машине VEB Werkstoffprüfmaschinen Leipzig в соответствии с методикой, приведенной в ГОСТ 33120–2014 (2014). Для этого образец помещался в специальное приспособление (рис. 4).

Образец нагружают непрерывно при скорости перемещения нагружающей головки испытательной машины $0,60 \pm 0,15$ мм/мин. Испытание продолжали до разрушения образца.

В соответствии со стандартом DIN EN 204 предусматривается классификация клеевых соединений на 4 группы нагрузок по водостойкости: D1, D2, D3 и D4 (Международный стандарт..., 2016). В дальнейшем предполагается проведение испытаний разрабатываемого клеевого состава на соответствие группам нагрузки D3, D4.

Результаты и их обсуждение

При проведении исследований процесса склеивания массивной древесины клеевой композицией на основе эпоксидной смолы первоначально определили смачиваемость поверхности древесины

эпоксидной смолой, что является критерием оценки подготовки подложки и клеевой композиции для обеспечения адгезионной прочности (рис. 5).

На основании результатов смачиваемости поверхности древесины эпоксидной смолой краевой угол смачивания составил от 18 до 24° . Данный диапазон угла является острым, что позволяет утверждать о высокой адгезионной способности к поверхности древесины. Поэтому применение данной эпоксидной смолы в качестве основы для клеевой композиции целесообразно.

Для получения данных краевого угла смачивания клеевая композиция наносилась на две подложки, одна из которых была помещена в аэроионизационную установку, а вторая (контрольная) не подвергалась воздействию аэроионизации. Контроль изменения краевого угла смачивания выполнялся до практического высыхания клеевой композиции. По итогу на первом образце отверждение клеевой композиции произошло на 30 мин быстрее, чем на втором. Визуальный осмотр первого образца показал, что отвержденный клеевой слой значительно более гладкий и ровный, чем второй, что свидетельствует о лучшей смачиваемости и растекаемости при воздействии аэроионизации.

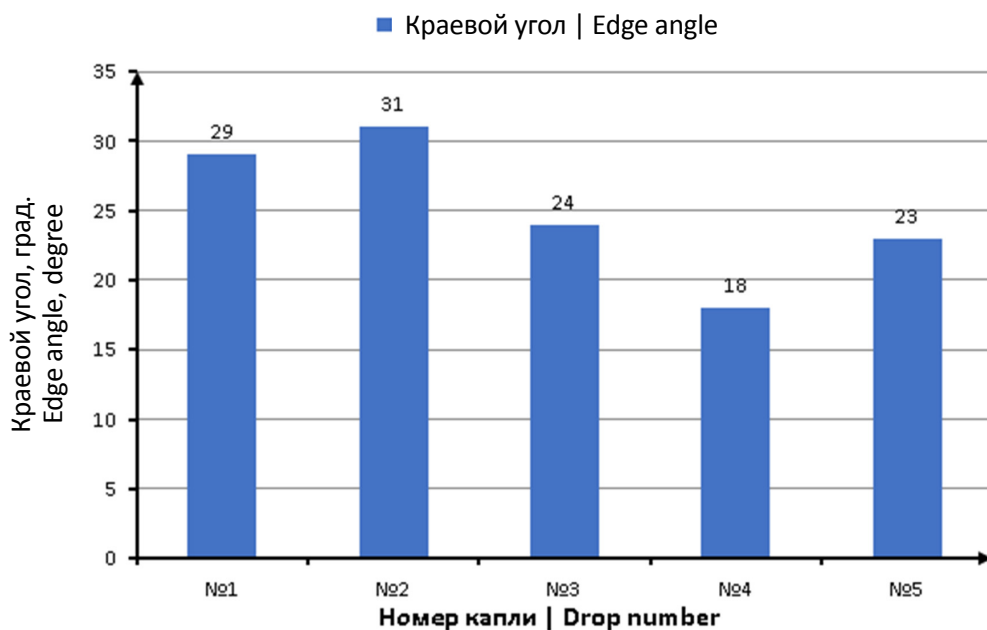


Рис. 5. Значения краевого угла смачивания эпоксидной смолы
Fig. 5. Values of the wetting edge angle of the epoxy resin

На основании приведенных выше результатов исследования краевого угла смачивания и влияния аэроионизации на клеевую композицию было принято решение о целесообразности дальнейшего проведения эксперимента по склеиванию массивной древесины и аэроионизации. Было сформировано 3 группы образцов: первая контрольная группа (К.О.) склеенных без воздействия аэроионизации; вторая группа образцов, выдержанных под воздействием отрицательных аэроионов в течение 10 мин (А10); и третья группа образцов, выдержанных под воздействием отрицательных аэроионов в течение 30 мин (А30) (рис. 6).

Расстояние от излучателя ЭЭАУ до поверхности образца принималось 0,1 м. Температура и влажность воздуха составили 19–20 °С и 65–62 % соответственно. Влажность древесины буковых ламелей $W = 7...8\%$.

Результаты испытаний на скалывание вдоль клеевого шва занесены в таблицу.

По результатам пробного эксперимента выявлена недостаточная прочность клеевого соединения, склеенного композицией на основе эпоксидной смолы. Скалывание всех образцов произошло по клеевому шву с незначительным разрушением волокон древесины (рис. 7).

В результате эксперимента получено среднее значение предела прочности в 7,87 МПа, что ниже норматива в 10 МПа (Международный стандарт..., 2016). Однако нужно учесть, что рецептура клеевой композиции не является оптимальной

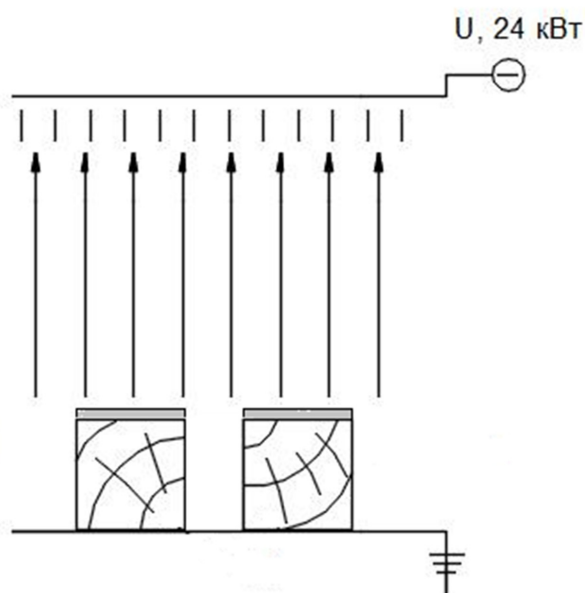


Рис. 6. Схема активации клеевой композиции воздействием аэроионизационной установки на стадии открытой выдержки
Fig. 6. The scheme of activation of the adhesive composition by the action of an aeroionization unit at the stage of open exposure

Результаты испытаний предела прочности клеевого соединения
при скалывании вдоль волокон древесины
Test report for determining the strength of the adhesive
joint when chipping along the wood fibers

Маркировка образца Marking of the sample	Размер площади скалывания образца, F The size of the chipping area of the sample, F		Разрушающая нагрузка P , Н Destructive load P , N	Предел прочности клеевого соединения σ , МПа The ultimate strength of the adhesive joint σ , MPa	Разрушение по древесине, % Destruction by wood, %
	Ширина b , мм Width b , mm	Длина l , мм Length l , mm			
1. К.О.	20	29	4900	8,4	15
2. К.О.	20	29	4240	7,31	10
3. К.О.	20	29	4180	7,2	10
4. К.О.	20	29	4950	8,53	15
Среднее значение The average value			4567,5	7,87	12,5
1. А10	20	29	2690	4,63	6
2. А10	20	29	2780	4,79	7
3. А10	20	29	3220	5,55	9
4. А10	20	29	2600	4,48	6
Среднее значение The average value			2822,5	5,88	7
1. А30	20	29	4750	8,18	16
2. А30	20	29	4800	8,27	14
3. А30	20	29	4040	6,96	10
4. А30	20	29	4070	7,02	12
Среднее значение The average value			4415	7,61	13



Рис. 7. Характер скалывания образца 2. К. О.
Fig. 7. The nature of the cleavage of the sample 2. C. S.

и необходимо провести еще ряд поисковых экспериментов для получения граничных значений количества составных частей рецептуры клеевой композиции, что позволит в дальнейшем выполнить планирование и проведение многофакторного эксперимента. Статистическая обработка результатов позволит получить математические модели и решить задачу оптимизации по поиску оптимальной рецептуры клеевой композиции на основе эпоксидной смолы и режимные параметры склеивания при воздействии аэроионизации.

Воздействие отрицательными аэроионами ускорило отверждение клеевой композиции на основе эпоксидной смолы в открытом слое, но не оказало практического влияния на прочность получаемого клеевого соединения массивной древесины.

Проведенные ранее исследования с применением клея на основе поливинилацетатной дисперсии (ПВА) с активацией отверждения аэроионизацией оказались положительными (Nosonovskikh, Gazeev, 2016). Противоположный результат в описываемом эксперименте может быть связан с различными по химической природе свойствами клеев и механизмом отверждения ПВА-дисперсий и эпоксидных смол, содержащихся в составе исследуемых клеев.

В Воронежском государственном лесотехническом университете им. Г.Ф. Морозова проводились исследования прочности склеивания массивной древесины различными клеями. Наиболее предпочтительными для склеивания заготовок из древесины по толщине и ширине оказались клеи на основе поливинилацетата, поскольку они менее токсичны и имеют предел прочности на скалывание вдоль клеевого шва, превышающий прочность самой древесины (Кантиева и др., 2020).

В сравнении с данными исследованиями предел прочности разрабатываемой клеевой композиции на основе эпоксидной смолы в 7,8 МПа является низким значением при склеивании древесины бука в соответствии с европейским стандартом. Полученный результат в очередной раз подтверждает необходимость проведения дальнейших исследований по определению оптимальной рецептуры клеевой композиции на основе эпоксидной смолы и отработке режимных параметров склеивания. Это целесообразно, так как при разработке клеевой композиции используется высокопрочная эпоксидная смола, обладающая высокими когезионными свойствами.

Исследованием влияния электромагнитного поля на смачиваемость клеевой композиции

занимался доктор технических наук Н.В. Мозговой (2012). Данные, полученные при проведении эксперимента, подтверждают его исследования. Воздействие аэроионизационной установки положительно влияет на улучшение смачиваемости и растекаемости клеевой композиции.

Выводы

Очевидно, что клеевой состав на основе эпоксидной смолы требует доработки. Необходимо дальнейшее проведение поисковых экспериментов для получения граничных значений составных частей рецептуры клеевой композиции, что позволит спланировать и провести многофакторный эксперимент для нахождения оптимального соотношения всех компонентов клеевой композиции.

Проведенные исследования показали положительное воздействие аэроионизации на процесс склеивания древесины клеевой композицией на основе эпоксидных смол (лучшая смачиваемость и растекаемость на поверхности образца для склеивания), но испытания предела прочности склеивания не выявили соответствия нормативному значению. Тем не менее исследования и эксперименты в этой области являются целесообразными. Планируется в дальнейшем рассмотреть влияние воздействия аэроионизации не только на стадии открытой выдержки образцов, но и непосредственно на стадии склеивания. Можно предположить, что это даст положительный эффект, так как известно, что воздействие электромагнитного поля аэроионизационной установки способствует уплотнению пространственной сетки адгезива клеевой композиции и укреплению межмолекулярных связей как внутри состава, так и на границе с древесиной.

Список источников

- Башкирова К. А., Газеев М. В. Поиск оптимальной рецептуры лакокрасочной композиции на основе эпоксидной смолы для формирования защитно-декоративных покрытий на изделиях из древесины // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2022. № 2. С. 96–106.
- Вольнский В. Н. *Технология клееных материалов* : учеб. пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Архангельск : Изд-во Архангельского государственного технического университета, 2003. 280 с.

- ГОСТ 33120–2014. Конструкции деревянные клееные. Методы определения прочности клеевых соединений. М. : Стандартиформ, 2019. 20 с.
- Исаев С. П., Еренков О. Ю. Совершенствование технологии производства древесных клееных материалов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 2. С. 43–46. DOI: 10.31044/1684-2561-2020-0-2-43-46
- Кантиева Е. В., Пономаренко Л. В., Послухаев М. А. Исследование прочности склеивания массивной древесины различными клеями // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. 2020. Т. 8, № 1 (48). С. 203–206. DOI: 10.34220/2308-8877-2020-8-1-203-206
- Международный стандарт DIN EN 204. Клеи неконструкционные термопластичные для дерева. Классификация. Берлин, 2016. URL: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6259830> (дата обращения: 03.09.2024).
- Мозговой Н. В. Прочность клеевых соединений древесины на основе электрообработанных клеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 75. С. 484–493.
- Nosonovskikh K. V., Gazeev M. V. Improving the technology of gluing solid wood due to the impact of negative air ions. IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science 949.2022. 2016. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012067 (дата обращения: 03.09.2024).

References

- Bashkirova K. A., Gazeev M. V. Solution of the problem of searching the optimum formula of a new paint and coating composition based on epoxy resin for the formation of protective and decorative coatings on wood // The woodworking industry. 2022. № 2. P. 96–106. (In Russ.)
- ГОСТ 33120–2014. Glued wooden structures. Methods for determining the strength of adhesive joints. Moscow : Standartinform, 2019. 20 p. (In Russ.)
- Isaev S. P., Yerenkov O. Yu. Improvement of the technology of production of wood glued materials // Repair. Recovery. Modernization. 2020. № 2. P. 43–46. DOI: 10.31044/1684-2561-2020-0-2-43-46 (In Russ.)
- Kantieva E. V., Ponomarenko L. V., Poslukhaev M. A. Investigation of the strength of gluing solid wood with various adhesives // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2020. Vol. 8, № 1 (48). P. 203–206. DOI: 10.34220/2308-8877-2020-8-1-203-206 (In Russ.)
- Mozgovoy N. V. Strength of adhesive joints of wood based on electrotreated adhesives // Polythematic network electronic scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2012. № 75. P. 484–493. (In Russ.)
- Nosonovskikh K. V., Gazeev M. V. Improving the technology of gluing solid wood due to the impact of negative air ions. IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science 949.2022. 2016. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012067 (accessed 03.09.2024).
- The international standard DIN EN 204. Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications. Berlin, 2016. URL: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6259830> (accessed 03.09.2024). (In Russ.)
- Volynsky V. N. Technology of glued materials: A textbook for universities. 2nd ed., revised and expanded. Arkhangelsk : Publishing house of Arkhangelsk State Technical University, 2003. 280 p.

Информация об авторах

- К. В. Носоновских – аспирант;
М. В. Газеев – доктор технических наук, доцент;
А. В. Свиридов – кандидат технических наук, доцент;
С. В. Щепочкин – кандидат технических наук.

Information about the authors

K. V. Nosonovskikh – postgraduate student;

M. V. Gazeev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;

A. V. Sviridov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

S. V. Shchepochkin – Candidate of Technical Sciences.

Статья поступила в редакцию 13.09.2024; принята к публикации 19.10.2024.

The article was submitted 13.09.2024; accepted for publication 19.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 178–187.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 178–187.

Научная статья

УДК 630.323

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.019

ПРОЕКТНАЯ ЛЕСОСЕКА: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФАКТОРНОЕ ОПИСАНИЕ

Сергей Борисович Якимович¹, Юрий Владимирович Лукин²,
Андрей Викторович Мякотников³

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ yakimovichsb@m.usfeu.ru, , <http://orcid.org/0000-0003-1013-6473>

² reidkom@mail.ru, , <http://orcid.org/0009-0009-0465-0514>

³ majkotnikova.80@yandex.ru, , <http://orcid.org/0009-0009-2141-4626>

Аннотация. Выполнен анализ способов оценки природно-производственных условий арендуемых лесных участков предприятия для проектирования технологий заготовки древесины, представлены их достоинства и недостатки. Дано понятие проектной лесосеки. Представлены разработанная методика и модель проектной лесосеки на основе корректируемых статистических оценок и пример ее использования для природно-производственных условий реального предприятия. Получены статистические оценки и законы распределения объемов заготовки и таксационных характеристик арендованных лесных участков и лесосек предприятия на основе снятия стохастической неопределенности методами математической статистики. Дан пример анализа результатов статистической обработки и корректировки статистических оценок лесосек. На основе анализа определены корректные параметры проектной лесосеки.

Ключевые слова: проектная лесосека, факторы и статистические оценки

Для цитирования: Якимович С. Б., Лукин Ю. В., Мякотников А. В. Проектная лесосека: моделирование и факторное описание // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 178–187.

Original article

PROJECT LOGGING AREA: MODELING AND FACTOR DESCRIPTION

Sergey B. Yakimovich¹, Yuri V. Lukin², Andrey V. Myakotnikov³

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

¹ yakimovichsb@m.usfeu.ru, , <http://orcid.org/0000-0003-1013-6473>

² reidkom@mail.ru, , <http://orcid.org/0009-0009-0465-0514>

³ majkotnikova.80@yandex.ru, , <http://orcid.org/0009-0009-2141-4626>

Abstract. The analysis of methods for assessing the natural and production conditions of leased forest areas of the enterprise for the design of wood harvesting technologies is carried out, their advantages and disadvantages are presented. The concept of a project cutting area is given. The developed methodology

and model of the project cutting area based on adjusted statistical estimates and an example of its use for the natural production conditions of a real enterprise are presented. Statistical estimates and laws of the distribution of harvesting volumes and taxation characteristics of leased forest plots and cutting areas of the enterprise are obtained based on the removal of stochastic uncertainty by methods of mathematical statistics. An example of the analysis of the results of statistical processing and correction of statistical estimates of logging sites is given. Based on the analysis, the correct parameters of the project cutting area were determined.

Keywords: project logging area, factors and statistical estimates

For citation: Yakimovich S. B., Lukin Yu. V., Myakotnikov A. V. Project logging area: modeling and factor description // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 178–187.

Введение

Основой проектирования технологии заготовки древесины являются три составных части:

- предмет труда, или проектная лесосека, под которой понимается множество факторов и соответствующих статистических оценок, определяющих и влияющих на обоснование систем машин, способов и технологических схем их работы;
- процесс и способы заготовки древесины;
- комплекты или системы машин для реализации этих способов.

Логистика транспорта древесины, включающая транспортные пути, промежуточные и иные погрузочно-разгрузочные промежуточные площадки, склады первичной переработки, подробно представлена в нашей ранее опубликованной работе (Якимович, Мехренцев, 2023) и в данной статье не рассматривается. Проектная лесосека есть статистическая модель совокупности реальных лесосек на арендуемых лесных участках, представленная формализованным математическим описанием, отражающем все требуемые факторы для проектирования технологии заготовки древесины. Параметрическое соответствие и совпадение, принадлежность факторов проектируемой системы машин к проектной лесосеке есть критерий качества проектирования, определяемый выражением $MCM_j \subseteq MPR_i$, где MCM_j – j -е множество факторов системы машин, MPR_i – i -е множество факторов проектной лесосеки. Совпадение j -го и i -го множеств обеспечивает функционирование с минимальными запасами и максимальной эффективностью. Проектирование технологии заготовки древесины определяется множеством факторов проектной лесосеки, большей частью стохастиче-

ских (Якимович, Тетерина, 2008; Якимович, 2022), в том числе объемами заготовок, таксационными характеристиками арендуемых лесных участков, включающей в себя: породный состав, ликвидный запас, объем хлыста, а также размеры лесосек и расстояние трелевки, определяемые требованиями правил заготовки древесины (Правила..., 2020; Правила..., 2021) и выделенными в рубку лесными участками.

Для отдельно взятых лесосек учет стохастической неопределенности реализован (Барановский, Некрасов, 1977; Захариков, 1981) моделированием параметров каждой лесосеки. Однако в связи с различием параметров множества лесосек предприятия этот подход носит теоретический характер без возможности практического приложения. Большей частью параметры проектной лесосеки реализуются определением средних значений (Типизация..., 1986). Изложенное не позволяет выполнять выбор наиболее эффективных систем машин для всей совокупности лесосек конкретного предприятия в связи с тем, что невозможно содержать на предприятии соответствующий парк машин, чтобы каждой лесосеке соответствовал определенный комплект, а средние значения характеристик лесосек недостаточны для учета стохастической неопределенности условий функционирования машин. Для снятия стохастической неопределенности выбора систем машин для заготовки древесины имеется подход, основанный на группировке лесосек, отведенных в рубку, на основе законов распределения или кластеризации (Якимович, Тетерина, 2007). В определенной мере подобная группировка позволяет выбрать приемлемый комплект машин, но требует существенных

затрат при моделировании и персонала, владеющего этими компетенциями. Имеются подходы управления целочисленными значениями машин в системах по факту обнаружения неравномерности посредством подключения дополнительных машин на отстающих операциях (Заикин, Рыжикова, 2015). Однако подобное управление влечет значительные, не окупаемые в ряде случаев, издержки по причине нахождения в резерве (простое) дополнительных машин.

Полное исчерпывающее и автоматизированное моделирование лесосек с разработанным программным кодом на основе лазерных, оптических и геоинформационных систем представлено в монографии «Моделирование лесосечных работ» (Казаков, Рябухин, 2017). Однако при корректных моделях с функциями управления системами имеются существенная сложность и размерность моделей, а также требуются ресурсоемкие системы больших данных. Отметим также, что для каждой уникальной лесосеки потребуется уникальная машина для заготовки древесины, что весьма ресурсоемко. Практика этого подхода реализуется со временем при появлении систем датчиков с достоверной оценкой параметров лесосек под пологом леса и систем машин-трансформеров с изменяемой массой и энергосиловыми параметрами в пространстве и времени этих систем.

В этой связи особую значимость для совершенствования технологии заготовки древесины приобретает простая достоверная оценка природно-производственных условий для лесосек, т.е. создание проектной лесосеки как модели реальной совокупности лесосек и, как следствие, повышение эффективности предпроектного обоснования систем машин с обеспечением неистощительного лесопользования и сохранения биоразнообразия (Рябухин, 2016; Методические рекомендации..., 2020; Савиных и др., 2021). При этом необходимо, чтобы результат моделирования был бы достаточно прост и понятен. Возможно это на основе анализа распределения случайных переменных факторов с последующей корректировкой статистических оценок (Типизация, 1986) и законов распределения (Якимович, Тетерина, 2007, 2008) наиболее значимых факторов для обоснования

систем машин заготовки древесины. Для моделирования проектной лесосеки использованы природно-производственные условия ООО «Рейд», Пермский край.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Цель работы – обоснование методики достоверного факторного описания проектной лесосеки на основе корректируемых статистических оценок и повышение эффективности заготовки древесины на примере арендуемых лесных участков ООО «Рейд». Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи:

- выполнен анализ способов оценки природно-производственных условий арендуемых лесных участков предприятия для проектирования технологий заготовки древесины, представлены их достоинства и недостатки;

- разработана методика достоверного факторного описания проектной лесосеки, включающая сбор природно-производственных данных по лесосекам и лесным участкам текущего и будущего периодов;

- статистическая обработка полученных результатов; обоснование параметров для проектирования на основе анализа законов распределения с корректировкой оценок среднего, медианы и других статистических оценок факторов проектной лесосеки;

- представление факторной модели проектной лесосеки, проектные рекомендации. Рассмотрено практическое приложение разработанной методики применительно к объекту исследования и проектирования.

Объект исследования – методика факторного описания проектной лесосеки на основе арендуемых лесных участков. Методологическая основа исследований определялась системным подходом, объединяющим в приложении к объектам исследования инвариантные разделы математической статистики для получения законов распределения, статистических оценок основных факторов проектной лесосеки с последующей корректировкой этих оценок. В практической апробации скорректированные оценки использованы для анализа

и совмещения факторного множества проектной лесосеки и параметров известных систем машин. Методы математической статистики использовались в рамках описательной статистики при определении статистических оценок рассматриваемых множеств и оценки распределений переменных факторов. Системный подход реализован посредством системного представления факторов разнообразия рассматриваемых множеств объектов лесного комплекса (Редькин, Якимович, 2005).

Статистические исходные данные текущего и будущих периодов заготовки древесины арендуемых лесных участков представлены для обоснования параметров лесосек и систем машин фраг-

ментом таблицы на рис. 1. Количество лесных участков – 42. Значения, представленные в таблице, обработаны в программной среде Statistica для получения данных по статистическим оценкам средних значений, медианы и законов распределения. На этой основе получены статистические оценки для выбора системы машин.

Методика сбора и обработки случайной величины подробно представлена в работе «Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок» (Редькин, Якимович, 2005). Обработка реализована в программной среде Statistica. Копии экранов результатов обработки представлены на рис. 2–7.

Статистические данные параметров лесосек на сплошных рубках ООО "Рейд"							
Номер по порядку, как в табл.2.1 ВКФ	1 Участковое лесничество	2 Номер квартала	3 Номер выдела/лесосе ки	4 Запас на га, м ³	5 Объем хлыста, м ³	6 Высота древостоя, м	7 Объем заготовки, м ³
1	Комарихинское	3	7	210	0,36	20	1032
2	Комарихинское	3	9	220	0,29	18	3303
3	Комарихинское	79	19	240	0,59	21	778
4	Комарихинское	79	22	180	0,32	18	3159
5	Комарихинское	79	23	150	0,324	18	1040
6	Комарихинское	80	3	200	0,528	22	1440
7	Комарихинское	80	4	240	0,4	20	1620
8	Комарихинское	80	5	180	0,324	18	940
9	Комарихинское	90	12	220	0,3	18	2198
10	Комарихинское	90	18	180	0,36	18	1409
11	Комарихинское	3	2	190	0,42	21	2855
12	Верхне-Городков	130	1	190	0,36	20	4429
13	Верхне-Городков	174	3	200	0,484	22	1548
14	Верхне-Городков	174	4	220	0,38	19	1544
15	Верхне-Городков	173	11	200	0,484	22	2790
16	Верхне-Городков	174	14	170	0,48	22	2356
17	Верхне-Городков	174	20	240	0,42	21	1102
18	Верхне-Городков	175	2	200	0,42	21	5094
19	Верхне-Городков	175	8	270	0,572	22	1895
20	Верхне-Городков	175	12	250	0,484	22	1238
21	Верхне-Городков	175	13	140	0,324	18	265
22	Верхне-Городков	181	3	130	0,462	21	456
23	Верхне-Городков	181	4	220	0,42	21	455
24	Верхне-Городков	181	17	180	0,572	22	178
25	Верхне-Городков	181	20	210	0,528	22	775
26	Верхне-Городков	181	21	190	0,462	21	1214
27	Верхне-Городков	150	29	260	0,44	22	3370
28	Верхне-Городков	153	31	280	0,552	23	3402
29	Верхне-Городков	153	32	260	0,644	23	211
30	Верхне-Городков	153	33	220	0,42	21	2534

Рис. 1. Копия экрана фрагмента исходных данных параметров лесных участков
 Fig. 1. A copy of the screen of a fragment of the initial data of the parameters of forest areas

Переменная	Описательные статистики лесных участков ООО "Рейд"								
	N набл.	Среднее	Медиана	Минимум	Максим.	Дисперсия	Ст.откл.	Коэф. Вар.	Станд. ошибки
Запас на га, м ³	42,0000	210,2381	210,0000	130,0000	280,0000	1163,3566	34,1080	16,2235	5,2630
Объем хлыста, м ³	42,0000	0,4460	0,4200	0,2900	0,6440	0,0091	0,0954	21,3832	0,0147
Высота древостоя, м	42,0000	20,7619	21,0000	18,0000	23,0000	2,5761	1,6050	7,7306	0,2477
Объем заготовки, м ³	42,0000	2154,4524	1757,5000	178,0000	5119,0000	2049763,1318	1431,6994	66,4531	220,9160

Рис. 2. Копия экрана статистических оценок основных факторов лесных участков
 Fig. 2. A copy of the screen of statistical estimates of the main factors of forest areas

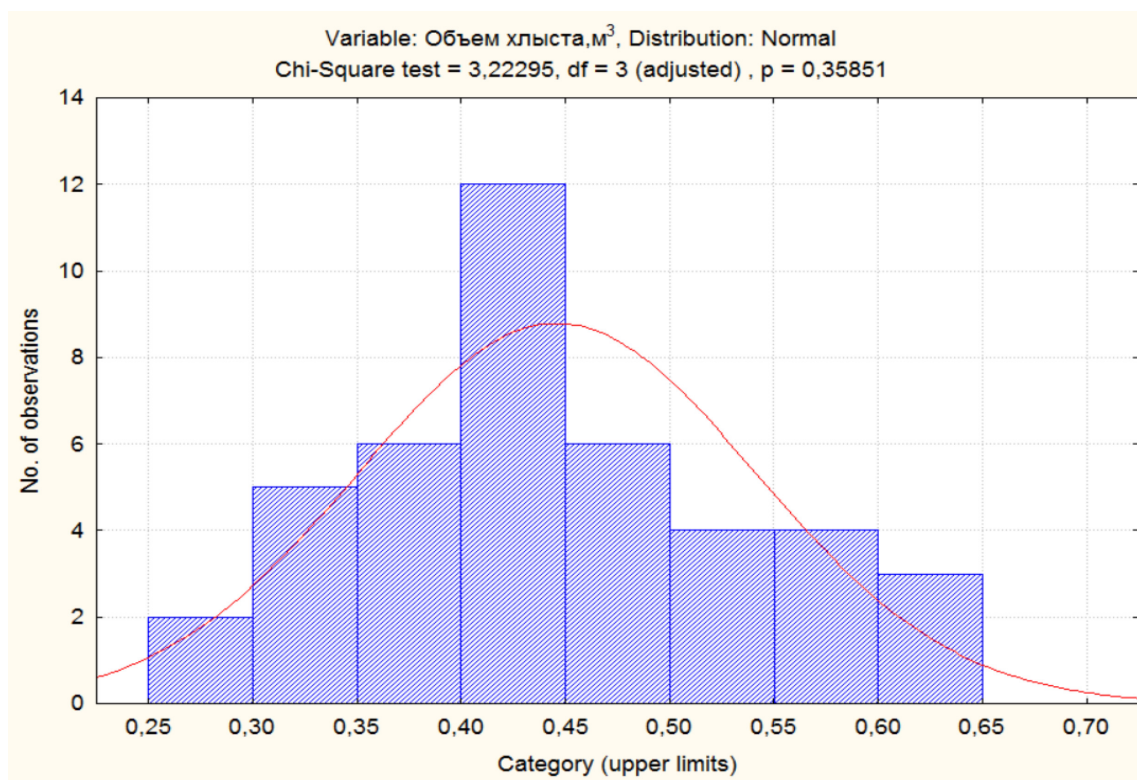


Рис. 3. Копия экрана закона распределения с гистограммой значений объема хлыста
 Fig. 3. A copy of the distribution law screen with a histogram of whip volume values

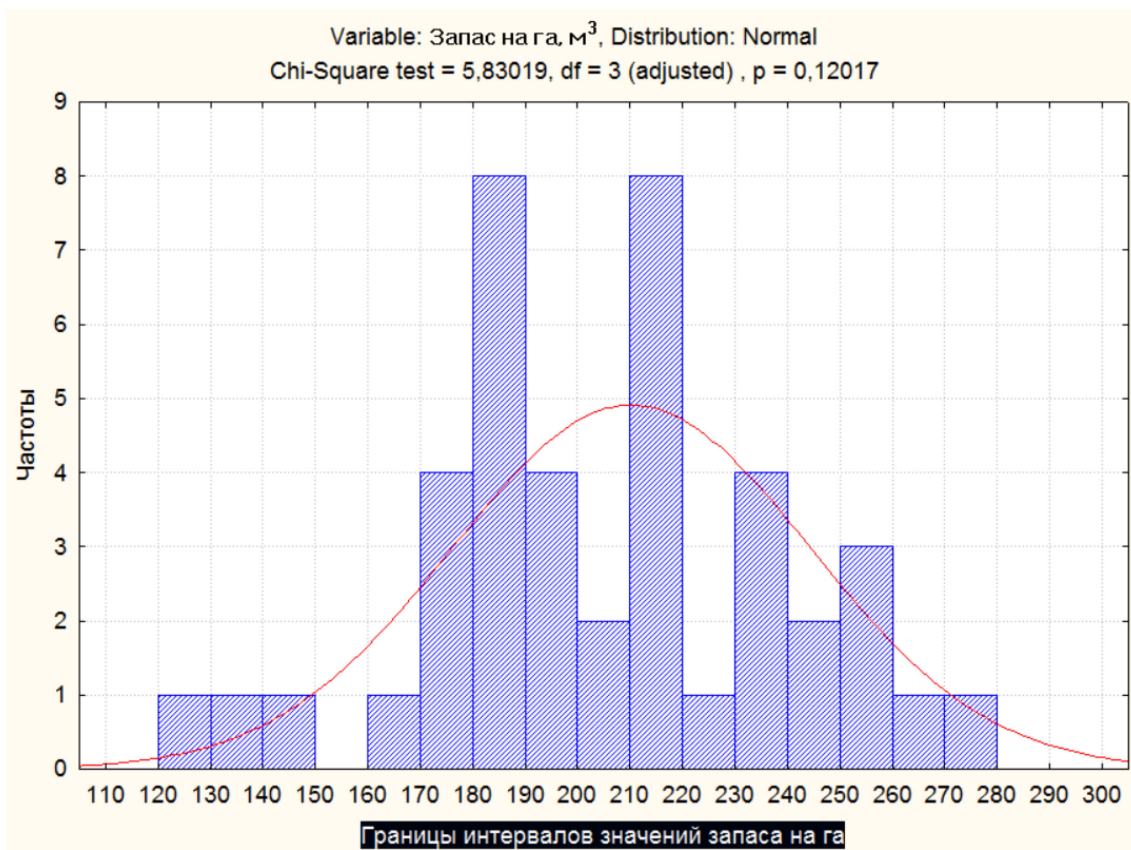


Рис. 4. Копия экрана закона распределения с гистограммой значений запаса на гектар
Fig. 4. A copy of the distribution law screen with a histogram of the values per hectare

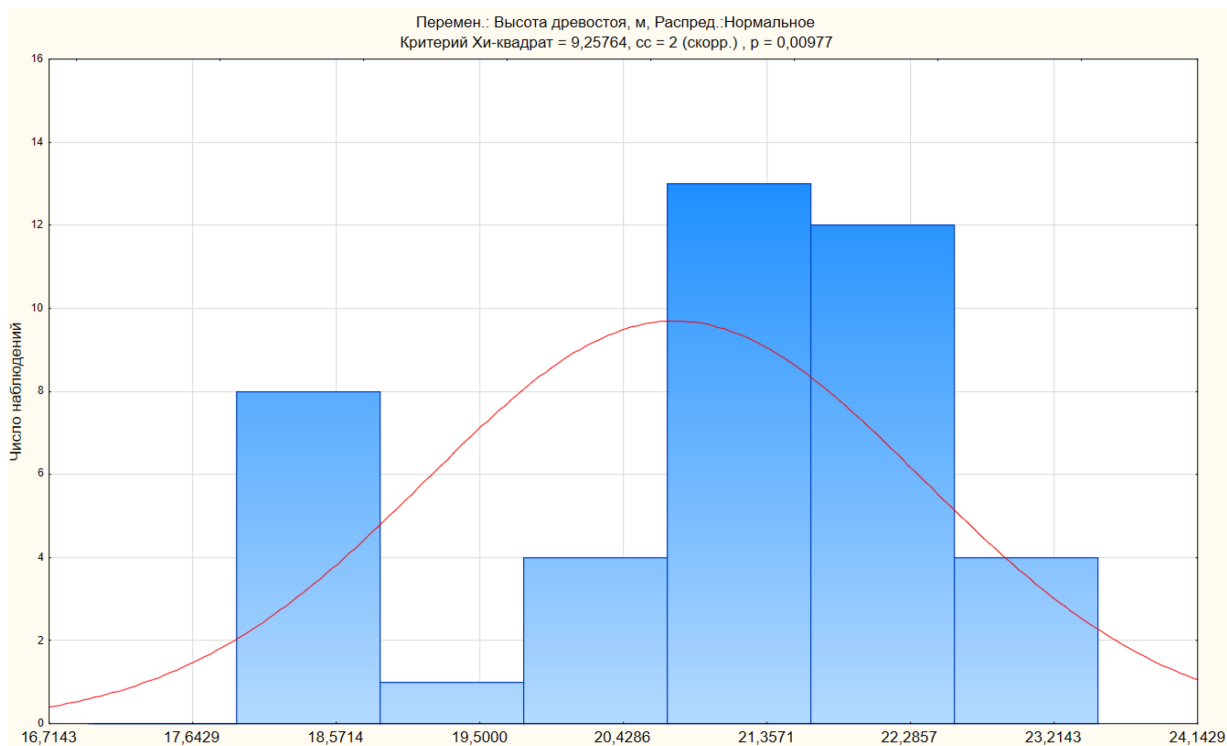


Рис. 5. Копия экрана закона распределения с гистограммой значений высоты древостоя
Fig. 5. A copy of the distribution law screen with a histogram of stand height values

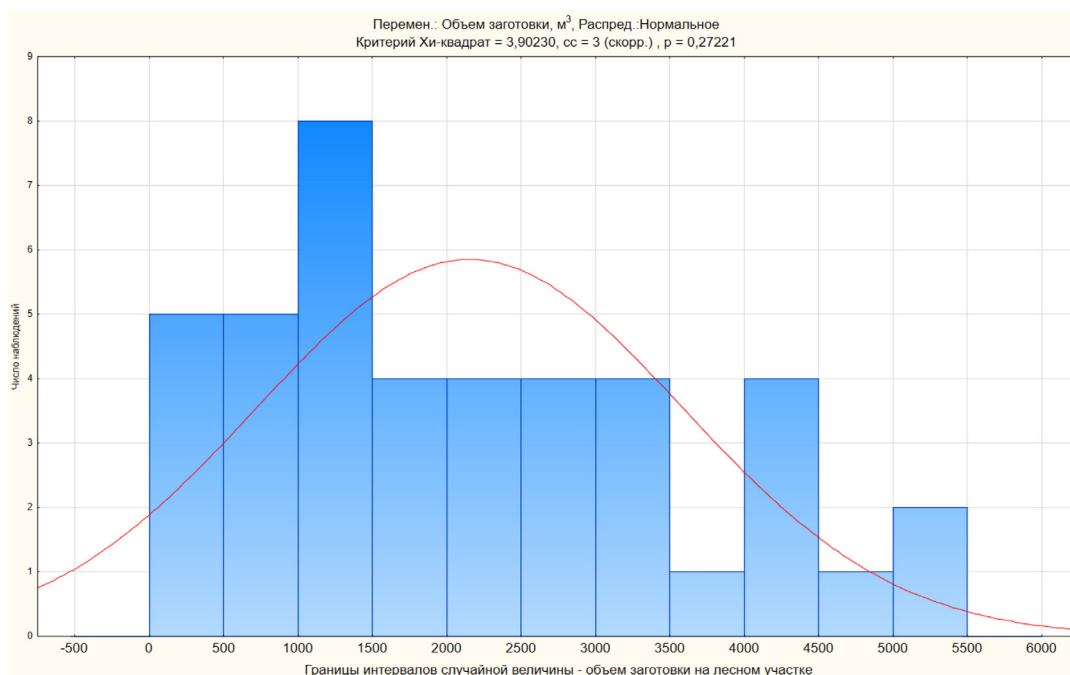


Рис. 6. Копия экрана закона распределения с гистограммой значений объема заготовки по лесным участкам

Fig. 6. A copy of the distribution law screen with a histogram of the values of the volume of harvesting by forest areas

Перемен.: Объем заготовки, м³, Распред.: Нормальное ООО "Рейд" Хи-квадрат = 3,90230, cc = 3 (скорр.), p = 0,27221									
Верхняя Граница	Наблюд. Частота	Кумул. Наблюд.	Процент Наблюд.	Кумул. % Наблюд.	Ожидаем. Частота	Кумул. Ожидаем.	Процент Ожидаем.	Кумул. % Ожидаем.	Наблюд.- Ожидаем.
<= 0,00000	0	0	0,00000	0,0000	2,779768	2,77977	6,61850	6,6185	-2,77977
500,00000	5	5	11,90476	11,9048	2,425089	5,20486	5,77402	12,3925	2,57491
1000,00000	5	10	11,90476	23,8095	3,615991	8,82085	8,60950	21,0020	1,38401
1500,00000	8	18	19,04762	42,8571	4,778495	13,59934	11,37737	32,3794	3,22150
2000,00000	4	22	9,52381	52,3810	5,596557	19,19590	13,32513	45,7045	-1,59656
2500,00000	4	26	9,52381	61,9048	5,809217	25,00512	13,83147	59,5360	-1,80922
3000,00000	4	30	9,52381	71,4286	5,344186	30,34930	12,72425	72,2602	-1,34419
3500,00000	4	34	9,52381	80,9524	4,357247	34,70655	10,37440	82,6346	-0,35725
4000,00000	1	35	2,38095	83,3333	3,148533	37,85508	7,49651	90,1312	-2,14853
4500,00000	4	39	9,52381	92,8571	2,016357	39,87144	4,80085	94,9320	1,98364
5000,00000	1	40	2,38095	95,2381	1,144424	41,01587	2,72482	97,6568	-0,14442
5500,00000	2	42	4,76190	100,0000	0,575657	41,59152	1,37061	99,0274	1,42434
< бесконеч.	0	42	0,00000	100,0000	0,408478	42,00000	0,97257	100,0000	-0,40848

Рис. 7. Копия экрана статистической обработки значений объема заготовки по лесным участкам для выбора закона распределения с гистограммой в табличной форме

Fig. 7. A copy of the screen for statistical processing of the values of the volume of logging in forest areas for selecting the distribution law with a histogram in tabular form

Результаты и их обсуждение

Анализ статистической обработки основных параметров лесосек (см. рис. 1–7) выявил следующее.

1. Объем хлыста имеет незначительную дисперсию (разброс значений мал), что означает практическое его постоянство и для расчетов допустимо использование среднего значения, равного 0,45 м³ (см. рис. 2). Закон распределения объема

хлыста нормальный (см. рис. 3). Для каждой конкретной лесосеки целесообразно уточнение норм выработки. Анализ распределения по рис. 3 определил, что частоты расположены симметрично относительно среднего, наблюдается незначительный сдвиг в зону меньших значений. При необходимости следует использовать квартили распределения.

2. Анализ распределения запаса на 1 га (см. рис. 4) определил, что доля значений от среднего запаса, равного 210, до значения 270 м³/га составляет 43 % в общем объеме. Отсюда следует вывод о принятии для расчетов суммы значений среднего и среднеквадратического отклонения $210 + 34 = 244$ м³/га в связи с тем, что значение среднего определяет заниженные значения параметра запаса на 1 га и, как следствие, заниженные производительность и норму выработки. Возможен вариант расчета производительности по интервалам значений от 120 до 210, от 210 до 280 м³/га с последующим взвешиванием (для вычисления производительности с весовыми коэффициентами) этих значений по вероятности.

3. Высота древостоя имеет незначительную дисперсию (см. рис. 2, рис. 5, разброс значений не более 5 м), и для расчетов допустимо использование среднего значения или медианы в связи с отсутствием практических различий. Дополнительный анализ формы гистограммы и закона распределения (см. рис. 5) приводит к выводу о необходимости использования значения высоты, равной 22 м, в связи со сдвигом частот основных значений в большую сторону от среднего. Возможен вариант расчета по интервалам.

4. Объем заготовки (ликвидный запас) по каждой лесосеке имеет существенный разброс, и до-

стоверность определения этих данных скажется на достоверности годовой производительности в связи с необходимостью учета времени на перебазировки. Среднее (см. рис. 2) составляет 2154,452, медиана – 1757,5. Наибольшая доля значений (см. рис. 6, 7) приходится на малые объемы – 76 % с объемом до 3000 м³, и при данной ситуации расчет годовой производительности следует вести с учетом значительного количества перебазировок по интервалам значений с последующим взвешиванием (вычисление производительности с весовыми коэффициентами) этих значений по вероятности.

Выводы

Таким образом, получены статистические оценки и законы распределения объемов заготовки и таксационных характеристик арендованных лесных участков и лесосек предприятия на основе снятия стохастической неопределенности методами математической статистики, что наглядно продемонстрировано в программной среде Statistica. Определены следующие наиболее простые и достоверные параметры проектной лесосеки: объем хлыста 0,45 м³; запас на 1 га $q = 244$ м³/га; породный состав – 90 % мягколиственных, 10 % хвойных; высота древостоя 22 м, объем заготовки с одной лесосеки для расчета затрат времени на перебазировки 3000 м³.

Список источников

- Барановский В. А., Некрасов Р. М. Системы машин для лесозаготовок. М. : Лесн. пром-сть, 1977. 248 с.
- Заикин А. Н., Рыжикова Е. Г. Методика расчета продолжительности и оценки энергозатрат работы лесосечных машин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 1 (343). С. 94–102.
- Захариков В. М. Определение эффективных систем машин лесосечных работ на расчетных и оптимизационных моделях // Сб. науч. тр. Московского лесотехнического института. 1981. № 118. С. 5–8.
- Казаков Н. В., Рябухин П. Б. Моделирование лесосечных работ : монография. Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2017. 206 с.
- Методические рекомендации по сохранению биологического разнообразия при заготовке древесины в лесах Пермского края / С. В. Залесов, А. С. Попов, Л. А. Белов [и др.]. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 24 с.
- Правила заготовки древесины и особенности заготовки древесины в лесничествах, лесопарках, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации : утв. приказом Мин-ва природ. ресурсов и экологии РФ от 01.12.2020 № 993. URL : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371476/ (дата обращения: 12.04.2024).

- Правила 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 Мин-ва природ. ресурсов и экологии РФ от 29 декабря 2021 г. № 1024. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409248/ (дата обращения: 12.04.2024).
- Редькин А. К., Якимович С. Б.* Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок : учебник для вузов. М. : Московский государственный университет леса, 2005. 504 с.
- Рябухин П. Б.* Экологические аспекты при эксплуатации лесозаготовительных машин // Леса России и хозяйство в них. 2016. № 3 (58). С. 68–71.
- Савиных Т. И., Савиных М. А., Якимович С. Б.* Сравнительный анализ способов заготовки древесины харвестером по критерию производительности и удельной энергоёмкости // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 4 (79). С. 69–74.
- Типизация природно-производственных условий лесозаготовительных районов : рекомендации. Химки : ЦНИИМЭ, 1986. 23 с.
- Якимович С. Б.* Методика типизации и выделения однородных совмещенных множеств объектов лесного комплекса // RusForest 2022: I Ежегодн. междунар. науч.-практ. конф. «Устойчивое и инновационное развитие лесопромышленного комплекса», Екатеринбург, 03–04 февраля 2022. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. URL: <https://disk.yandex.ru/d/gDEnugXlzCWmJw> (дата обращения: 12.04.2024).
- Якимович С. Б., Мехренцев А. В.* Типизация факторных множеств объектов лесного комплекса и предпроектное обоснование их размещения // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2023. Т. 27, № 6. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-6-114-125
- Якимович С. Б., Тетерина М. А.* Выбор систем заготовки древесины в условиях неопределенности // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2008. № 185. С. 263–268.
- Якимович С. Б., Тетерина М. А.* Моделирование стохастических обрабатывающе-транспортных систем с перемещаемыми запасами // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2007. № 6. С. 71–76.

References

- Baranovsky V. A., Nekrasov R. M.* Systems of machines for logging. Moscow : Forest industry, 1977. 248 p.
- Kazakov N. B., Ryabukhin P. B.* Modeling of logging operations : Monograph. Khabarovsk : Pacific State University, 2017. 206 p.
- Methodological recommendations for the conservation of biological diversity in timber harvesting in the forests of the Perm Territory / *S. V. Zalesov, A. S. Popov, L. A. Belov* [et al.]. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering UN-t, 2020. 24 с.
- Redkin A. K., Yakimovich S. B.* Mathematical modeling and optimization of logging technologies : Textbook for universities. Moscow : Moscow State University of Forestry, 2005. 504 p.
- Rules of timber harvesting and features of timber harvesting in forestry, forest parks specified in Article 23 of the Forest Code of the Russian Federation. Approved by the Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated 01.12.2020 № 993. URL : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371476/ (accessed 12.04.2024).
- Ryabukhin P. B.* Ecological aspects in the operation of logging machines // Forests of Russia and economy in them. 2016. № 3 (58). P. 68–71. (In Russ.)
- Savinykh T. I., Savinykh M. A., Yakimovich S. B.* Comparative analysis of harvesting methods by harvester according to the criterion of productivity and specific energy intensity // Forests of Russia and economy in them. 2021. № 4 (79). P. 69–74. DOI: 10.51318/FRET.2021.95.37.006 (In Russ.)

- The rules of reforestation, the form, composition, procedure for the approval of the reforestation project, the grounds for refusal of its approval, as well as the requirements for the format in electronic form of the reforestation project : Approved by Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation № 1024. 7 dated December 29, 2021. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409248/ (accessed 12.04.2024). (In Russ.)
- Typification of the natural production conditions of logging areas : recommendations. Khimki : TSNIIME, 1986. 23 p.
- Yakimovich S. B.* Methodology of typification and allocation of homogeneous combined sets of objects of the forest complex // RusForest 2022: I Annual International Scientific and practical Conference “Sustainable and innovative development of the timber industry complex”, Yekaterinburg, February 03–04, 2022. Yekaterinburg : UGLTU Publishing House, 2022. URL: <https://disk.yandex.ru/d/gDEnugXlzCWmJw> (accessed 12.04.2024). (In Russ.)
- Yakimovich S. B., Mehrentsev A. V.* Typification of factor sets of forest complex objects and pre-design justification of their placement // Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin. 2023. Vol. 27, № 6. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-6-114-125 (In Russ.)
- Yakimovich S. B., Teterina M. A.* The choice of wood harvesting systems in conditions of uncertainty // Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy. 2008. № 185. P. 263–268. (In Russ.)
- Yakimovich S. B., Teterina M. A.* Modeling of stochastic processing and transport systems with movable stocks // Bulletin of the Moscow State University of the Forest. Lesnoy Vestnik. 2007. № 6. P. 71–76. (In Russ.)
- Zaikin A. N., Ryzhikova E. G.* Methodology for calculating the duration and evaluation of energy consumption of cutting machines // Izvestia of higher educational institutions. Forest magazine. 2015. № 1 (343). P. 94–102. (In Russ.)
- Zakharikov V. M.* Determination of effective systems of machines for logging operations on computational and optimization models // Collection of scientific tr. of the Moscow Forestry Institute. 1981. № 118. P. 5–8. (In Russ.)

Информация об авторах

- С. Б. Якимович – доктор технических наук, профессор;*
Ю. В. Лукин – магистрант;
А. В. Мякотников – магистрант.

Information about the authors

- S. B. Yakimovich – Doctor of Technical Sciences, Professor;*
Yu. V. Lukin – undergraduate;
A. V. Myakotnikov – undergraduate.

Статья поступила в редакцию 01.04.2024; принята к публикации 15.05.2024.

The article was submitted 01.04.2024; accepted for publication 15.05.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 188–200.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 188–200.

Научная статья

УДК 674.8+628.3

DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.020

УГЛЕРОДНЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ КАК ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ

Даниил Юрьевич Дворянкин¹, Ирина Анатольевна Веключ²,
Инна Геннадьевна Первова³, Ирина Андреевна Клепалова⁴

¹⁻⁴ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ daniil.dvoryankin.02@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5906-5787>

² irinavekluch@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-8710-1446>

³ pervovaig@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1635-8643>

⁴ klepaloia@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1635-8643>

Аннотация. Очистка сточных вод от ионов металлов в соответствии с международными экологическими требованиями активно способствует спросу на расширение производства углеродных сорбентов из дешевых видов органического сырья с одновременным системным изучением их свойств и характеристик. Однако стоит учитывать, что основополагающим моментом при выборе фильтрующего материала для сорбционной очистки является эффективность и экономичность его эксплуатации. В работе представлено исследование возможности применения химически и термохимически модифицированных сосновых опилок (ДО) и скорлупы кедрового ореха (СКО) фракции 0,75–2,00 мм в качестве фильтрующих сорбционных материалов в циклах сорбция – десорбция при извлечении ионов металлов из водных сред. Отмечено, что наиболее эффективным методом модификации лигноцеллюлозосодержащего сырья является термохимическая обработка в результате последовательно проведенных стадий обжига в муфельной печи при температуре 300 ± 10 °С и окисления 5н HNO₃ в течение 5 ч при температуре 80 ± 3 °С. Такая модификация нативных СКО и ДО способствует росту как содержания кислородсодержащих групп в составе получаемых углеродных сорбентов, так и величины их сорбционной емкости по отношению к ионам меди(II), цинка(II), никеля(II), кадмия(II). Выявлено, что термохимически обработанная СКО может использоваться как эффективный сорбционный материал для извлечения ионов меди(II) в статических условиях при однократном извлечении ($A = 15,36$ мг/г). Особенностью реализации трех циклов сорбция – десорбция с применением модифицированной СКО является увеличение эффективности извлечения меди раствором 5н H₂SO₄ с каждым новым этапом – от 52,63 до 83,33 %. Углеродные сорбенты на основе термохимически модифицированных ДО могут быть рекомендованы для сорбционного извлечения в динамических условиях ионов никеля(II) и кадмия(II) с эффективностью цикла сорбция – десорбция 5н H₂SO₄, достигающей 90,44 и 80,30 % соответственно.

Ключевые слова: углеродные сорбенты, скорлупа кедровых орехов, сосновые опилки, фильтрующие материалы, адсорбция, очистка сточных вод

Для цитирования: Углеродные сорбенты на основе отходов деревообработки как фильтрующие материалы для сорбционного извлечения ионов металлов / Д. Ю. Дворянkin, И. А. Веключ, И. Г. Первова, И. А. Клепалова // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 188–200.

Original article

SAWDUST CARBON SORBENTS AS FILTER MEDIA FOR METAL REMOVAL

Daniil Yu. Dvoryankin¹, Irina A. Veklyuch², Inna G. Pervova³, Irina A. Klepalova⁴

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

¹ daniil.dvoryankin.02@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5906-5787>

² irinavekluch@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-8710-1446>

³ pervovaig@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1635-8643>

⁴ klepalovaia@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1635-8643>

Abstract. Wastewater treatment from metal ions in compliance with international environmental requirements stimulates both growing demand for obtaining carbon sorbents based on cheap organic raw materials and the simultaneous systematic study of their properties and characteristics. Furthermore, when choosing a filter material for sorption treatment, fundamental factors to be considered are the efficiency and economy of its operation. The article presents the results of a comparative study of potential for using chemically and thermochemically modified pine sawdust (PS) and Siberian pine nut shells (SPNS), particle sizes in range 0,75–2,00 mm, as filtration media in sorption – desorption cycles when extracting metal ions from aqueous solutions. It has been noted that the most effective method for modifying lignocellulose-containing raw materials is thermochemical treatment comprised of successive stages of heating in a muffle furnace at 300 ± 10 °C and oxidation with 5N HNO₃ for 5 hours at 80 ± 3 °C. Such a modification of initial PS and SPNS samples promotes an increase in both the content of oxygen-containing groups in the composition of the carbon sorbents obtained and the value of their sorption capacity with respect to copper(II), zinc(II), nickel(II), and cadmium(II) ions. It has been revealed that thermochemically treated SPNS has the great potential to be used as an effective sorption material for the extraction of copper(II) ions under static conditions with a single extraction ($A = 15,36$ mg/g). An important feature of the implementation of three sorption – desorption cycles using a modified SPNS is the increase in the efficiency of copper extraction with a 5N H₂SO₄ solution with each new cycles – from 52,63 to 83,33 %. Carbon sorbents based on thermochemically modified PS can be recommended for sorption extraction of nickel(II) and cadmium(II) ions under dynamic conditions with the efficiency of the 5N H₂SO₄ sorption-desorption cycle reaching 90,44 and 80,30 % respectively.

Keywords: carbon sorbents, pine nut shell, pine sawdust, filtration materials, adsorption, wastewater treatment

For citation: Sawdust carbon sorbents as filter media for metal removal / D. Yu. Dvoryankin, I. A. Veklyuch, I. G. Pervova, I. A. Klepalova // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 188–200.

Введение

На деревообрабатывающих и перерабатывающих производствах в зависимости от качества поставляемого сырья, техновооружения предприятия, его мощности, типа изготавливаемой продукции мелкодисперсные отходы (опилки) могут составлять до 5–10 % от исходного сырья, а, например, скорлупа кедрового ореха – 51–59 % от веса самого ореха и в дальнейшем складываются в отвалах как отход производства. Эти отходы, помимо их использования при изготовлении продукции другого вида или размера, активно исследуются в качестве сорбционных материалов для удаления из слабокислых шахтных вод, промывных сточных вод гальванических и металлообрабатывающих производств загрязняющих веществ (Adsorption of heavy..., 2009; Heavy metal..., 2009; The role of sawdust..., 2002; Костин и Рожков, 2010; Biosorption potentials..., 2021). Причем востребованность сорбентов на основе лигноцеллюлозосодержащего возобновляемого сырья постоянно увеличивается (Евстигнеев, 2015; Utilizing adsorption..., 2024; Berraksu and al., 2013), хотя до недавнего времени рынок фильтрующих средств практически полностью был заполнен минеральными сорбентами. На примере очистки сточных вод текстильного производства (Combination of pozzolan..., 2024) показана конкурентоспособность фильтра, загрузка которого представлена только древесными опилками, по сравнению с минеральной загрузкой для удаления соединений хрома.

Крупномасштабное использование углеродных сорбентов для очистки сточных вод от ионов металлов соответствует в наибольшей степени международным экологическим требованиям (Зуева и Фомин, 2003) и предполагает расширение производства сорбентов из дешевых видов органического сырья с одновременным системным изучением их свойств и характеристик. Однако стоит учитывать, что основополагающим моментом при выборе фильтрующего материала для сорбционной очистки является эффективность и экономичность его эксплуатации. Так, к сорбционным материалам предъявляются следующие требования: невысокая стоимость, хорошая технологичность, отсутствие дефицита. Лигноцеллюлозосодержа-

щие отходы полностью отвечают этим требованиям, но принято считать, что использование опилок в качестве сорбционного материала отличается одноразовостью: после сорбционного накопления извлекаемых из воды компонентов отработанный адсорбент обычно подвергается утилизации сжиганием (Heavy metal..., 2009; Евстигнеев, 2015; Очистка сточных вод..., 2022).

В то же время экономические показатели углеродных сорбентов на основе древесных и растительных отходов могут быть повышены, если они будут обладать способностью к многократной регенерации с восстановлением первоначальных свойств. Устранения недостатков, присущих нативным опилкам, и улучшения поглощающих свойств можно достичь за счет модификации их структуры в результате термо- и химической обработки. В ряде работ отмечается как увеличение сорбционной емкости лигноцеллюлозосодержащих сорбционных материалов после обжига и/или химической модификации (Utilizing..., 2024; Activated Carbons..., 2019; Adsorption of Cu(II)..., 2012; Chemical modifications..., 2016; Получение..., 2013; Functional lignocellulosic..., 2018), так и возможность их регенерации (The role..., 2002; Modification and application..., 2020; Regeneration and reusability..., 2022; Functionalized sawdust-derived..., 2020), что значительно сокращает число трудоемких операций перезагрузок фильтров. В результате применение в качестве регенерируемых адсорбентов необработанных (нативных) или подготовленных по специальной технологии (модификации) древесных и растительных отходов будет способствовать решению двух задач: выбору оптимальных направлений утилизации отходов, образующихся на деревообрабатывающих производствах, и снижению антропогенной нагрузки за счет использования биоразлагаемых сорбционных материалов в процессах удаления из воды опасных токсикантов.

Цель, объекты и методика исследования

Цель исследования – определить возможность применения модифицированных сосновых опилок и скорлупы кедрового ореха в качестве

фильтрующих сорбционных материалов в циклах сорбция – десорбция при извлечении ионов металлов из водных сред.

Особенностью материалов растительного происхождения является преобладание в их составе органических веществ: целлюлозы, лигнина и полисахаридов гемицеллюлоз, которые достаточно легко подвергаются термо- и химической обработке. В данном исследовании в качестве исходного сырья были выбраны: скорлупа (СКО) орехов сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica*) с размером частиц 0,75–2,00 мм и опилки (ДО) древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) с размером частиц 0,75–2,00 мм, полученные с деревообрабатывающих и перерабатывающих производств Свердловской области. В состав скорлупы кедрового ореха (образец 1) по результатам анализа согласно (Химия растительного сырья..., 2013) входят: 50 % целлюлозы и гемицеллюлоз, 30 % лигнина, 9 % смол и жиров, 11 % водорастворимых веществ. В составе сосновых опилок (образец 2) содержится 54 % целлюлозы и гемицеллюлоз, 28 % лигнина, 7 % смол и жиров, 11 % водорастворимых компонентов.

Термическую модификацию нативных образцов скорлупы и опилок проводили в муфельной печи марки SNOL 22/1100. Навеску сырья помещали в керамические емкости, ставили в разогретую до 300 °С печь и выдерживали в течение не более 35 мин для повышения процента сохранения органической части исходного сырья. Затем в течение 15 мин проходило охлаждение в эксикаторе с получением термомодифицированных скорлупы (образец 1.1) и опилок (образец 2.1). Выход от исходной массы сырья составляет 45–50 %.

Химическая модификация образцов СКО и ДО проводилась при перемешивании с помощью лабораторного шейкера ПЭ-6410 в течение 5 ч при температуре 80 ± 3 °С. Навеску исследуемого материала 3 г помещали в плоскодонную колбу объемом 250 мл и заливали 100 мл раствора модификатора – 5н HNO₃. Затем химически модифицированные образцы отфильтровывали и промывали до нейтральной реакции, высушивали на воздухе при комнатной температуре. На основе СКО получен образец 1.2, на основе ДО – образец 2.2.

Термохимическую модификацию образцов СКО и ДО осуществляли последовательным проведением термической и химической модификации: на первой стадии проводили обжиг образцов при температуре 300 ± 15 °С в муфельной печи марки SNOL 22/1100 в течение 35 мин, на второй стадии те же образцы после охлаждения на воздухе обрабатывали раствором 5н HNO₃, как указано выше, для условий химической модификации. В результате были получены сорбент 1.3 (исходное сырье СКО) и сорбент 2.3 (на основе ДО).

Для всех исследуемых углеродных материалов изучались сорбционные свойства в статическом режиме в условиях установления равновесия при комнатной температуре и постоянном перемешивании в водных растворах солей меди, цинка, никеля и кадмия с концентрацией ионов 500 мг/дм³. Фильтрат и промывные воды анализировали на остаточную концентрацию ионов металлов методом комплексонометрического титрования трилоном Б (Лурье, 1971).

Количество сорбированных ионов металла – сорбционную емкость (А), мг/г, рассчитывали по формуле

$$A = \frac{(C_1 - C_2) V}{m \cdot 1000}, \quad (1)$$

где C_1 – исходное содержание ионов металла в исходном растворе, мг/дм³;

C_2 – остаточное содержание ионов металла в фильтрате, мг/дм³;

V – объем исходного раствора соли металла, см³;

m – масса сорбента, г.

Десорбцию ионов меди(II) в статических условиях проводили следующим образом: 0,5 г сорбционного материала помещали в плоскодонную колбу объемом 250 мл, заливали 100 мл раствора 5н H₂SO₄, выдерживали при перемешивании с помощью лабораторного шейкера ПЭ-6410 5 ч при комнатной температуре. По истечении времени содержимое каждой колбы фильтровали и фильтрат анализировали на остаточную концентрацию ионов меди(II). Затем сорбент промывали дистиллированной водой до отрицательной реакции на кислоту и высушивали до воздушно-сухого состояния для дальнейших исследований.

Результаты и их обсуждение

Применение материалов на основе растительных отходов обусловлено не столько их низкой стоимостью, а прежде всего ежегодной возобновляемостью, экологической безопасностью и химическим составом, позволяющими получать материалы для очистки сточных вод от поллютантов различной природы. Однако сорбционные свойства нативных растительных отходов по отношению к ионам металлов могут быть весьма скромными ввиду отсутствия специальной подготовки поверхности. Для изменения структуры поверхности и увеличения сорбционной емкости исходных СКО и ДО сырья в данном исследовании осуществлена их модификация.

Для количественного определения функциональных кислородсодержащих групп в углеродных материалах до и после модификации применили упрощенный метод Боэма (Boehm, 2002). Общее количество кислородсодержащих групп (E_{total}) определялось путем взаимодействия образца с раствором NaOH. Количество карбоксильных групп (E_c) определялось путем взаимодействия образца с NaHCO_3 . Количество гидроксильных групп (E_h) определялось по разности $E_{общ} - E_c$. Функциональный состав полученных углеродных сорбентов приведен в табл. 1.

Установлено, что состав функциональных групп нативного образца 1 скорлупы кедрового ореха представлен только гидроксильными группами, а нативного образца 2 сосновых опи-

лок – только карбоксильными. При термической модификации ДО за счет деструкции полисахаридов происходит увеличение в 2,3 раза общего количества кислородсодержащих групп E_{total} в составе образца 2.1 с равным соотношением числа карбоксильных и гидроксильных групп, в то время как при термообработке СКО только снизилось в 2,5 раза содержание гидроксильных групп. Метод химической модификации раствором минеральной кислоты направлен на увеличение соотношения ионогенных групп в углеродных сорбентах, которые участвуют в процессе сорбции ионов металлов. В ходе модификации в образце 1.2 по сравнению с образцом 1 количество кислородсодержащих групп увеличилось в 1,5 раза с соотношением $E_c : E_h = 1:2,7$. Для образца 2.2 на основе ДО E_{total} увеличилось в 3 раза с преобладанием практически в 4 раза гидроксильных групп. Термохимическая модификация оказалась самым эффективным методом воздействия на изменение функционального состава углеродных сорбентов: прирост кислородсодержащих групп для сорбента 1.3 – в 2 раза, для сорбента 2.3 – в 3,5 раза, причем независимо от природы нативного сырья с преимущественным содержанием гидроксильных функциональных групп.

Адсорбционную активность углеродных сорбентов изучали в статических условиях по отношению к ионам меди(II), цинка(II), никеля(II), кадмия(II), имеющих различные ковалентный индекс X_m^{2r} (X_m – электроотрицательность иона металла,

Таблица 1
Table 1

Функциональный состав углеродных сорбентов
Functional parameters of carbon adsorbents

Показатели Functional parameters	Образец Sample							
	1	1.1	1.2	1.3	2	2.1	2.2	2.3
E_h , мг·экв/г E_h , mg·eq/g	2,5	1,0	2,7	4,0	0	2,7	5,5	4,8
E_c , мг·экв/г E_c , mg·eq/g	0,0	0,0	1,0	1,0	2,3	2,6	1,5	3,2
E_{total} , мг·экв/г E_{total} , mg·eq/g	2,5	1,0	3,7	5,0	2,3	5,3	7,0	8,0

r – ионный радиус, соответствующий наиболее часто встречающемуся координационному числу) и ионный индекс z^2/r (z – формальный заряд иона металла), которые принято считать мерой вовлечения ионов во взаимодействие с поверхностью сорбента (Nieboer et al., 1999). Значения $X_m^2 r$ в ряду $Zn(II) \rightarrow Ni(II) \rightarrow Cd(II) \rightarrow Cu(II)$ изменяются от 2,16 до 2,97 соответственно, однако значения z^2/r имеют другую последовательность: $Cd(II) \rightarrow Zn(II) \rightarrow Cu(II) \rightarrow Ni(II)$ – от 4,1 до 5,8. Результаты определения сорбционной емкости исследуемых углеродных сорбентов на основе СКО и ДО в статических условиях приведены в табл. 2.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что ионы металлов с меньшим, чем у иона меди(II), ковалентным индексом модифицированными адсорбентами на основе СКО извлекаются менее эффективно. Причем для образца 1.1, полученного в результате термомодификации при 300 °С и содержащего наименьшее количество кислородсодержащих функциональных групп, отмечено практически полное отсутствие сорбционной активности по отношению к выбранным ионам металлов. В случае же модифицированных образцов ДО однозначного вывода о влиянии на адсорбцию только ковалентного индекса ионов металлов сделать нельзя, очевидно, необходимо также учитывать и гидролиз солей металлов (Жаброва, Егоров, 1961), и особенности ионного и ковалентного взаимодействия металлов с функ-

циональными группами углеродных адсорбентов на основе древесины (Khokhotva, 2010). Стоит отметить, что наибольшую эффективность адсорбции по отношению к ионам металлов продемонстрировали сорбенты 1.3 (исходное сырье СКО) и 2.3 (на основе ДО), термохимически модифицированные 5н HNO_3 .

Поскольку сорбенты, обладающие свойством восстанавливать свою сорбционную емкость после обработки, имеют преимущество перед сорбентами без способности к регенерации (El Messaoudi, 2022; Zulu, 2020), в рамках данной работы в статических условиях была реализована схема исследования поведения углеродных сорбентов на основе СКО в циклах сорбции – десорбции на примере извлечения ионов $Cu(II)$ (рисунок). Исходная концентрация ионов $Cu(II)$ составляла 100 мг/л, в качестве реагента для десорбции использовался раствор 5н H_2SO_4 , ход операций был воспроизведен два раза для проверки точности полученных значений. Масса сорбированной меди рассчитывалась как произведение сорбционной емкости и массы сорбента, примененного в исследовании, масса десорбированной меди – как произведение концентрации меди в фильтрате и объема фильтрата после десорбции.

В результате проведения трех последовательных циклов сорбции – десорбции 5н H_2SO_4 ионов $Cu(II)$ углеродными сорбентами на основе СКО были получены данные, представленные в табл. 3.

Таблица 2

Table 2

Сорбционная емкость углеродных сорбентов
Sorption capacity of carbon sorbents

Показатели Functional parameters	Образец Sample							
	1	1.1	1.2	1.3	2	2.1	2.2	2.3
$A_{(Cu)}$, мг/г	5,12	0,64	10,24	15,36	3,13	7,68	10,88	12,60
$A_{(Cd)}$, мг/г	–	–	–	–	2,24	2,55	8,96	18,00
$A_{(Ni)}$, мг/г	4,10	0	8,30	10,60	6,85	4,80	13,70	18,50
$A_{(Zn)}$, мг/г	3,90	0	6,50	9,80	9,80	8,13	14,30	16,60

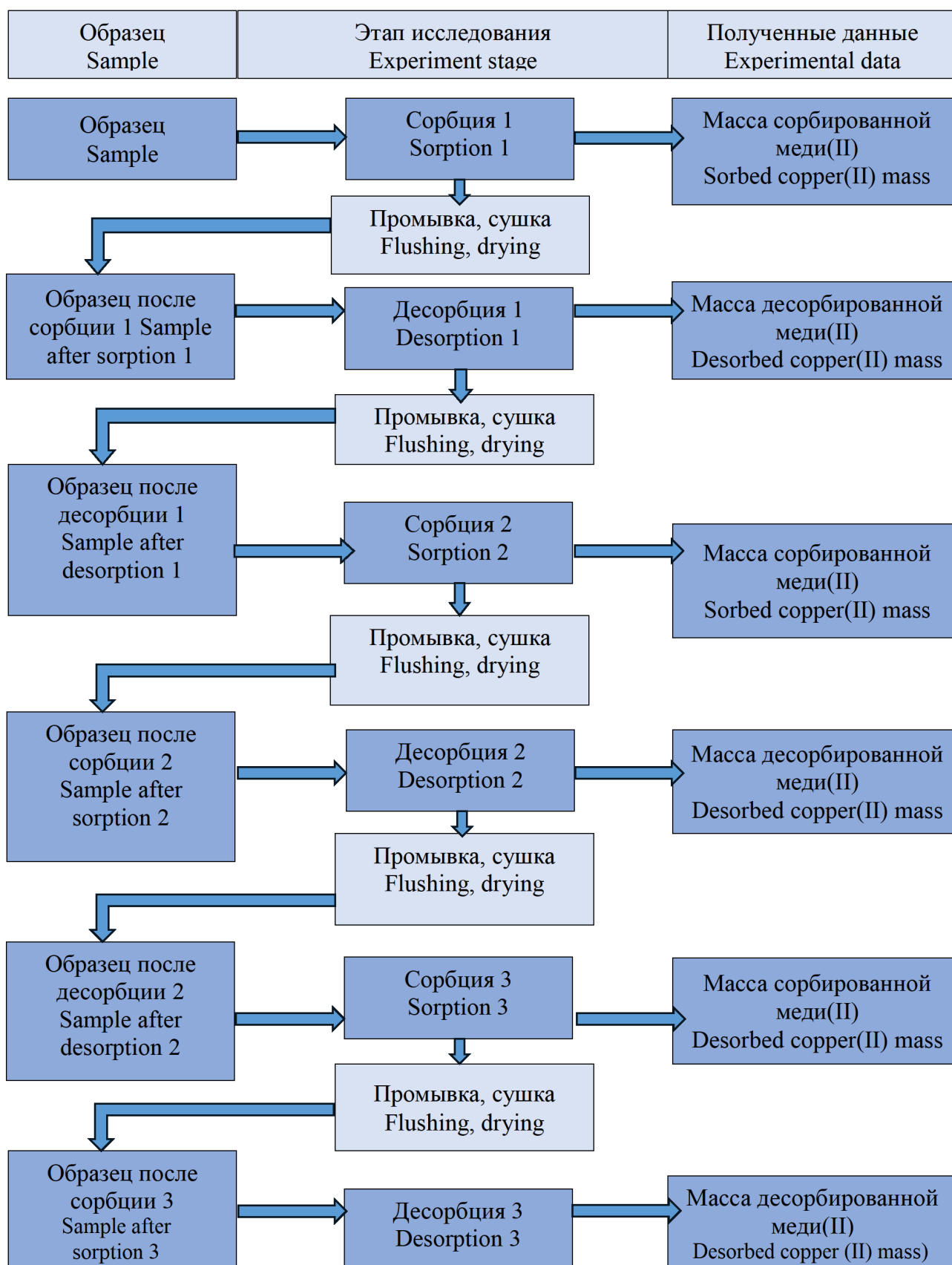


Рис. 1. Схема исследования образцов на основе СКО в циклах сорбции – десорбции ионов Cu(II)

Fig. 1. Scheme of investigation of PNS-based samples in the Cu(II) ions sorption – desorption cycles

Таблица 3
Table 3

Результаты исследования извлечения ионов меди углеродными сорбентами
на основе СКО в статических условиях
Results of the study of copper ions extraction by PNS-based carbon
sorbents in static conditions

Образец Sample	Масса сорбированной меди(II), мг Mass of sorbed copper(II), mg	Масса десорбированной меди(II), мг Mass of desorbed copper(II), mg	Эффективность цикла, % Cycle efficiency, %
Этап 1 сорбция – десорбция Phase 1 sorption – desorption			
1	1,9	0,8	42,10
1.2	3,5	1,9	54,28
1.3	4,2	2,2	52,38
Этап 2 сорбция – десорбция Phase 2 sorption – desorption			
1	1,9	0,9	47,36
1.2	3,5	2,1	60,00
1.3	4,2	2,9	69,04
Этап 3 сорбция – десорбция Phase 3 sorption – desorption			
1	1,9	1,0	52,63
1.2	3,5	2,2	62,85
1.3	4,2	3,5	83,33

Установлено, что количество сорбированной меди образцами 1, 1.2 и 1.3 на каждом этапе не изменялось, а эффективность десорбции возрастала при каждом следующем цикле, подтверждая возможность восстановления сорбционной емкости и повторного использования сорбентов на основе СКО на протяжении трех циклов сорбции – десорбции 5н H₂SO₄. Поскольку максимальную степень извлечения ионов Cu(II) демонстрирует образец 1.3 после термохимической обработки СКО азотной кислотой (эффективность цикла достигает 83,33 %), считаем целесообразным рекомендовать его в качестве фильтрующего слоя в аппаратах доочистки сточных вод.

Для образцов 2, 2.1, 2.2 и 2.3 на основе ДО была исследована аналогично (Углеродные сорбенты..., 2024) эффективность извлечения ионов цинка, никеля и кадмия в динамических условиях

с расчетом массы сорбированных и десорбированных металлов (табл. 4). Исходная концентрация ионов Zn(II), Ni(II) и Cd(II) – 100 мг/л, для десорбции использован раствор 5н H₂SO₄. Выявлено отсутствие десорбции ионов Zn(II) в условиях эксперимента, следовательно, углеродные сорбенты на основе сосновых опилок могут быть применены только для концентрационного извлечения ионов этого металла из сточных вод.

Стоит отметить, что и для динамических условий в качестве эффективного способа получения фильтрующего сорбционного материала для извлечения ионов металлов необходимо использовать последовательное проведение термической и химической модификации сосновых опилок, при этом эффективность цикла сорбция – десорбция 5н H₂SO₄ для ионов никеля и кадмия составляет 90,44 и 80,30 % соответственно.

Таблица 4
Table 4

Результаты исследования извлечения ионов цинка, никеля и кадмия углеродными сорбентами на основе ДО в динамических условиях
Results of the study of zinc, nickel and cadmium ions extraction by PNS-based carbon sorbents in dynamic conditions

Образец Sample	Масса сорбированных ионов металла, мг Mass of sorbed metal ions, mg	Масса десорбированных ионов металла, мг Mass of desorbed metal ions, mg	Эффективность цикла, % Cycle efficiency, %
Извлечение ионов Zn(II) Zn(II) ion extraction			
2	1,79	0	0
2.1	2,12	0	0
2.2	5,12	0	0
2.3	16,60	0	0
Извлечение ионов Ni(II) Ni(II) ion extraction			
2	0,39	0,23	58,97
2.1	0,65	0,41	63,08
2.2	1,04	0,87	83,65
2.3	6,75	6,105	90,44
Извлечение ионов Cd(II) Cd(II) ion extraction			
2	0,19	0,12	63,16
2.1	1,76	1,26	71,59
2.2	2,31	1,56	67,53
2.3	2,59	2,08	80,30

Выводы

Исследована возможность применения химически и термохимически модифицированных основных опилок и скорлупы кедрового ореха в качестве фильтрующих сорбционных материалов в циклах сорбция – десорбция при извлечении ионов металлов из водных сред. Установлено, что термическая модификация СКО при температуре 300 °С приводит к уменьшению кислородсодержащих функциональных групп на поверхности сорбента, снижая величину сорбционной емкости по отношению к ионам металлов. Наибольшую эффективность показал метод термохимической модификации с применением 5н HNO₃ как для СКО, так и для ДО, в результате применения ко-

торого были получены углеродные сорбенты, сорбционная емкость которых в 3–8 раз выше, чем для нативных, в зависимости от извлекаемых ионов металла. На примере модифицированной скорлупы кедрового ореха исследованы циклы сорбция – десорбция 5н H₂SO₄ в статических условиях по отношению к ионам меди(II). Выявлено, что количество сорбированной меди образцами СКО на каждом этапе не изменялось, а эффективность десорбции возрастала при каждом следующем цикле, подтверждая возможность восстановления сорбционной емкости и повторного использования сорбентов на основе СКО на протяжении трех циклов сорбция – десорбция 5н H₂SO₄.

Образцы ДО были исследованы в качестве сорбционно-фильтрующих материалов для извлечения ионов металлов в динамических условиях. Отмечено, что эти материалы можно рекомендовать для сорбционного концентрирования ионов цинка(II), поскольку отсутствует десорбция. В случае же ионов никеля(II) и кадмия(II) термодимически модифицированные сосновые опилки могут быть успешно повторно применены в сорбционной очистке, так как эффективность цикла сорбция – десорбция $5n \text{ H}_2\text{SO}_4$ для ионов никеля и кадмия достигает 90,44 и 80,30 % соответственно.

Список источников

- Евстигнеев В. Д.* О перспективах применения отходов лесопиления в качестве фильтрующего материала локальных очистных сооружений // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 9–3 (20–3). С. 52–56.
- Жаброва Г. М., Егоров Е. В.* Закономерности сорбции и ионного обмена на амфотерных окисях и гидроокисях // Успехи химии. 1961. Вып. 6. С. 764–776.
- Зуева Е. Т., Фомин Г. С.* Питьевая и минеральная вода. Требования мировых и европейских стандартов к качеству и безопасности. М. : Протектор, 2003. 320 с.
- Костин В. П., Рожков А. Н.* Оценка древесностружечного материала в качестве фильтрующего при очистке поверхностного стока с производственных территорий // Природообустройство. 2010. № 4. С. 73–77.
- Лурье Ю. Ю.* Справочник по аналитической химии. М. : Химия, 1971. 456 с.
- Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов нативными и модифицированными опилками акации ушковидной / Т. К. Т. Нгуен, Р. З. Галимова, В. О. Дряхлов [и др.] // Экономика строительства и природопользования. 2022. № 1–2 (82–83). С. 185–192.
- Получение активных углей из скорлупы кедрового ореха / А. В. Богаев, И. А. Лебедев, Д. Ф. Карчевский [и др.] // Ползуновский вестник. 2013. № 1. С. 282–284.
- Углеродные сорбенты на основе древесных и растительных отходов / Д. Ю. Дворянкин, М. Е. Сафонова, И. А. Клепалова, И. Г. Первова // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 171–180. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.018
- Химия растительного сырья : учеб. пособие / А. В. Вураско, А. Р. Минакова, А. К. Жвирблите, И. А. Блинова. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. 90 с.
- Activated Carbons Derived from Teak Sawdust-Hydrochars for Efficient Removal of Methylene Blue, Copper, and Cadmium from Aqueous Solution / H. D. Nguyen, H. N. Tran, H.-P. Chao, C.-C. Lin // Water. 2019. Vol. 11. 25881. DOI: 10.3390/w11122581
- Adsorption of Cu(II) onto HNO₃-Modified Cedar Sawdust (Cedrus deodara) FTIR Analysis, Kinetics and Adsorption Isotherms Modeling / H. M. Deng, Y. H. Cheng, X. Y. Chang [et al.] // Advanced Materials Research. 2012. Vol. 396–398. P. 2388–2393. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.396-398.2388
- Adsorption of heavy metal ions by sawdust of deciduous trees / D. Bozić, V. Stanković, M. Gorgievski [et al.] // Journal of Hazardous Materials. 2009. Vol. 171. Issues 1–3. P. 684–692. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.06.055
- Berraksu N., Ayan E. M., Yanik J.* Use of forestry wastes for biosorption of dyes and Cr(VI) // Journal of chemistry. Vol. 2013 article ID427586. DOI: 10.1155/2013/427586
- Biosorption potentials of sawdust in removing zinc ions from aqueous solution / K. M. Ogunjobi, V. F. Jayeola, O. F. Gakenou [et al.] // International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM). 2021. Vol. 9. № 10. P. 191–198. DOI: 10.18535/ijrm/v9i10.fe01
- Boehm H. P.* Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment // Carbon. 2002. Vol. 40. P. 145–149. DOI: 10.1016/S0008-6223(01)00165-8

- Chemical modifications of lignocellulosic materials and their application for removal of cations and anions from aqueous solutions / *D. Q. Melo, Sousa V. O. Neto, F. C. F. Barros* [et al.] // *Journal of applied polymer science*. 2016. DOI: 10.1002/app.43286
- Combination of pozzolan and sawdust as biofilter for textile wastewater treatment / *S. S. Mulyati, N. Y. Hasan, A. Kamaludin* [et al.] // *Environmental Health Engineering and Management Journal*. 2024. Vol. 11(1). P. 9–14. DOI: 10.34172/EHEM.2024.02
- Functional lignocellulosic material for the remediation of copper(II) ions from water: towards the design of a wood filter / *S. Vitas, T. Keplinger, N. Reichholf* [et al.] // *J. Hazard Mater*. 2018. Vol. 355. P. 119–127. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2018.05.015
- Functionalized sawdust-derived cellulose nanocrystalline adsorbent for efficient removal of vanadium from aqueous solution / *B. Zulu, O. A. Oyewo, B. Sithole* [et al.] // *Frontier Environmental Science*. 2020. Vol. 8. Article 56. DOI: 10.3389/fenvs.2020.00056
- Heavy metal ions adsorption from mine waters by sawdust / *Stanković V., Gorgievski M., Božić D., Bogdanović G.* // *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*. 2009. Vol. 15 (4). P. 237–249. DOI: 10.2298/CICEQ0904237S
- Khokhotva O.* The impact of changing environmental conditions on the retention of heavy metals adsorbed by pine bark // *Linnaeus ECO-TECH, Kalmar, Sweden*. 2010. P. 278–284. DOI: 10.15626/Eco-Tech.2010.029
- Modification and application of Albizia lebbeck sawdust for the sorption of lead(II) and copper(II) from aqueous solutions / *M. Nurnabi, S. Bhowmik, MD. S. Rahman* [et al.] // *Oriental journal of chemistry*. 2020. Vol. 36. № 4. P. 591–600. DOI: 10.13005/ojc/360401
- Nieboer E., Fletcher G. G., Thomassen Y.* Relevance of reactivity determinants to exposure assessment and biological monitoring of the elements // *Journal of Environmental Monitoring*. 1999. Vol. 1. P. 1–14. DOI: 10.1039/A808849G
- Regeneration and reusability of nonconventional lowcost adsorbents to remove dyes from wastewaters in multiple consecutive adsorption-desorption cycles : a review / *El Messaoudi N., El Khomri M., El Mouden A.* [et al.] // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2022. DOI: 10.1007/s13399-022-03604-9
- The role of sawdust in the removal of unwanted materials from water / *A. Shukla, Y.-H. Zhang, P. Dubey* [et al.] // *Journal of Hazardous Materials*. 2002. Vol. 95. Issues 1–2. P. 137–152. DOI: 10.1016/S0304-3894(02)00089-4
- Utilizing adsorption of wood and its derivatives as an emerging strategy for the treatment of heavy metal-contaminated wastewater / *J. Jiang, Y. Shi, N. L. Ma* [et al.] // *Environmental Pollution*. 2024. Vol. 340 (4). 122830. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.122830

References

- Activated Carbons Derived from Teak Sawdust-Hydrochars for Efficient Removal of Methylene Blue, Copper, and Cadmium from Aqueous Solution / *H. D. Nguyen, H. N. Tran, H.-P. Chao, C.-C. Lin* // *Water*. 2019. Vol. 11. 25881. DOI: 10.3390/w11122581
- Adsorption of Cu(II) onto HNO₃-Modified Cedar Sawdust (Cedrus deodara) FTIR Analysis, Kinetics and Adsorption Isotherms Modeling / *H. M. Deng, Y. H. Cheng, X. Y. Chang* [et al.] // *Advanced Materials Research*. 2012. Vol. 396–398. P. 2388–2393. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.396-398.2388
- Adsorption of heavy metal ions by sawdust of deciduous trees / *D. Božić, V. Stanković, M. Gorgievski* [et al.] // *Journal of Hazardous Materials*. 2009. Vol. 171. Issues 1–3. P. 684–692. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.06.055
- Berraksu N., Ayan E. M., Yanik J.* Use of forestry wastes for biosorption of dyes and Cr(VI) // *Journal of chemistry*. Vol. 2013 article ID427586. DOI: 10.1155/2013/427586

- Biosorption potentials of sawdust in removing zinc ions from aqueous solution / *K. M. Ogunjobi, V. F. Jayeola, O. F. Gakenou* [et al.] // *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*. 2021. Vol. 9. № 10. P. 191–198. DOI: 10.18535/ijstrm/v9i10.fe01
- Boehm H. P.* Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment // *Carbon*. 2002. Vol. 40. P. 145–149. DOI: 10.1016/S0008-6223(01)00165-8
- Carbon sorbents based on wood and plant waste / *D. Yu. Dvoryankin, M. E. Safonova, I. A. Klepalova, I. G. Pervova* // *Forests of Russia and economy in them*. 2024. № 1 (88). P. 171–180. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.018 (In Russ.)
- Chemical modifications of lignocellulosic materials and their application for removal of cations and anions from aqueous solutions / *D. Q. Melo, Sousa V. O. Neto, F. C. F. Barros* [et al.] // *Journal of applied polymer science*. 2016. DOI: 10.1002/app.43286
- Chemistry of plant raw materials : a textbook / *A. V. Vurasco, A. R. Minakova, A. K. Zhvirblite, I. A. Blinova*. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2013. 90 p.
- Combination of pozzolan and sawdust as biofilter for textile wastewater treatment / *S. S. Mulyati, N. Y. Hasan, A. Kamaludin* [et al.] // *Environmental Health Engineering and Management Journal*. 2024. Vol. 11 (1). P. 9–14. DOI: 10.34172/EHEM.2024.02
- Combination of pozzolan and sawdust as biofilter for textile wastewater treatment / *S. S. Mulyati, N. Y. Hasan, A. Kamaludin* [et al.] // *Environmental Health Engineering and Management Journal*. 2024. Vol. 11 (1). P. 9–14. DOI: 10.34172/EHEM.2024.02
- Evstigneev V. D.* On the prospects of using sawmill waste as a filter material for local wastewater treatment plants // *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. 2015. Vol. 3. № 9–3 (20–3). P. 52–56. (In Russ.)
- Functional lignocellulosic material for the remediation of copper(II) ions from water: towards the design of a wood filter / *S. Vitas, T. Keplinger, N. Reichholf* [et al.] // *J. Hazard Mater*. 2018. Vol. 355. P. 119–127. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2018.05.015
- Functionalized sawdust-derived cellulose nanocrystalline adsorbent for efficient removal of vanadium from aqueous solution / *B. Zulu, O. A. Oyewo, B. Sithole* [et al.] // *Frontier Environmental Science*. 2020. Vol. 8. Article 56. DOI: 10.3389/fenvs.2020.00056
- Heavy metal ions adsorption from mine waters by sawdust / *V. Stanković, M. Gorgievski, D. Božić, G. Bogdanović* // *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*. 2009. Vol. 15 (4). P. 237–249. DOI: 10.2298/CICEQ0904237S
- Khokhotva O.* The impact of changing environmental conditions on the retention of heavy metals adsorbed by pine bark // *Linnaeus ECO-TECH, Kalmar, Sweden*. 2010. P. 278–284. DOI: 10.15626/Eco-Tech.2010.029
- Kostin V. P., Rozhkov A. N.* Evaluation of particle board material as a filter when cleaning surface runoff from industrial territories // *Nature management*. 2010. № 4. P. 73–77. (In Russ.)
- Lurie Yu. Yu. *Handbook of analytical chemistry*. Moscow : Chemistry, 1971. 456 p.
- Modification and application of Albizia lebeck sawdust for the sorption of lead(II) and copper(II) from aqueous solutions / *M. Nurnabi, S. Bhowmik, MD. S. Rahman* [et al.] // *Oriental journal of chemistry*. 2020. Vol. 36. № 4. P. 591–600. DOI: 10.13005/ojc/360401
- Nieboer E., Fletcher G. G., Thomassen Y.* Relevance of reactivity determinants to exposure assessment and biological monitoring of the elements // *Journal of Environmental Monitoring*. 1999. Vol. 1. P. 1–14. DOI: 10.1039/A808849G
- Obtaining active coals from the shell of a cedar nut / *A.V. Bogaev, I. A. Lebedev, D. F. Karchevsky* [et al.] // *Polzunovsky bulletin*. 2013. № 1. P. 282–284. (In Russ.)
- Regeneration and reusability of nonconventional lowcost adsorbents to remove dyes from wastewaters in multiple consecutive adsorption-desorption cycles : a review / *El Messaoudi N., El Khomri M., El Mouden A.* [et al.] // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2022. DOI: 10.1007/s13399-022-03604-9

- The role of sawdust in the removal of unwanted materials from water / *A. Shukla, Y.-H. Zhang, P. Dubey* [et al.] // *Journal of Hazardous Materials*. 2002. Vol. 95. Issues 1–2. P. 137–152. DOI: 10.1016/S0304-3894(02)00089-4
- Utilizing adsorption of wood and its derivatives as an emerging strategy for the treatment of heavy metal-contaminated wastewater / *J. Jiang, Y. Shi, N. L. Ma* [et al.] // *Environmental Pollution*. 2024. Vol. 340 (4). 122830. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.122830
- Wastewater treatment from heavy metal ions with native and modified acacia sawdust / *T. K. T. Nguyen, R. Z. Galimova, V. O. Dryakhlov* [et al.] // *Economics of construction and environmental management*. 2022. № 1–2 (82–83). P. 185–192. (In Russ.)
- Zhabrova G. M., Egorov E. V.* Regularities of sorption and ion exchange on amphoteric oxides and hydroxides // *Uspekhi khimii*. 1961. Issue. 6. P. 764–776. (In Russ.)
- Zueva E. T., Fomin G. S.* Drinking and mineral water. Requirements of world and European standards for quality and safety. Moscow : Protector, 2003. 320 p.

Информация об авторах

Д. Ю. Дворянкин – магистр;

И. А. Веключ – магистр;

И. Г. Первова – доктор химических наук, доцент, директор ХТИ;

И. А. Клепалова – старший преподаватель.

Information about the authors

D. Yu. Dvoryankin – Master's degree;

I. A. Vekluch – Master's degree;

I. G. Pervova – Doctor of Chemical Sciences, Director of KHTI;

I. A. Klepalova – senior lecturer.

Статья поступила в редакцию 29.08.2024; принята к публикации 19.10.2024.

The article was submitted 29.08.2024; accepted for publication 19.10.2024.
