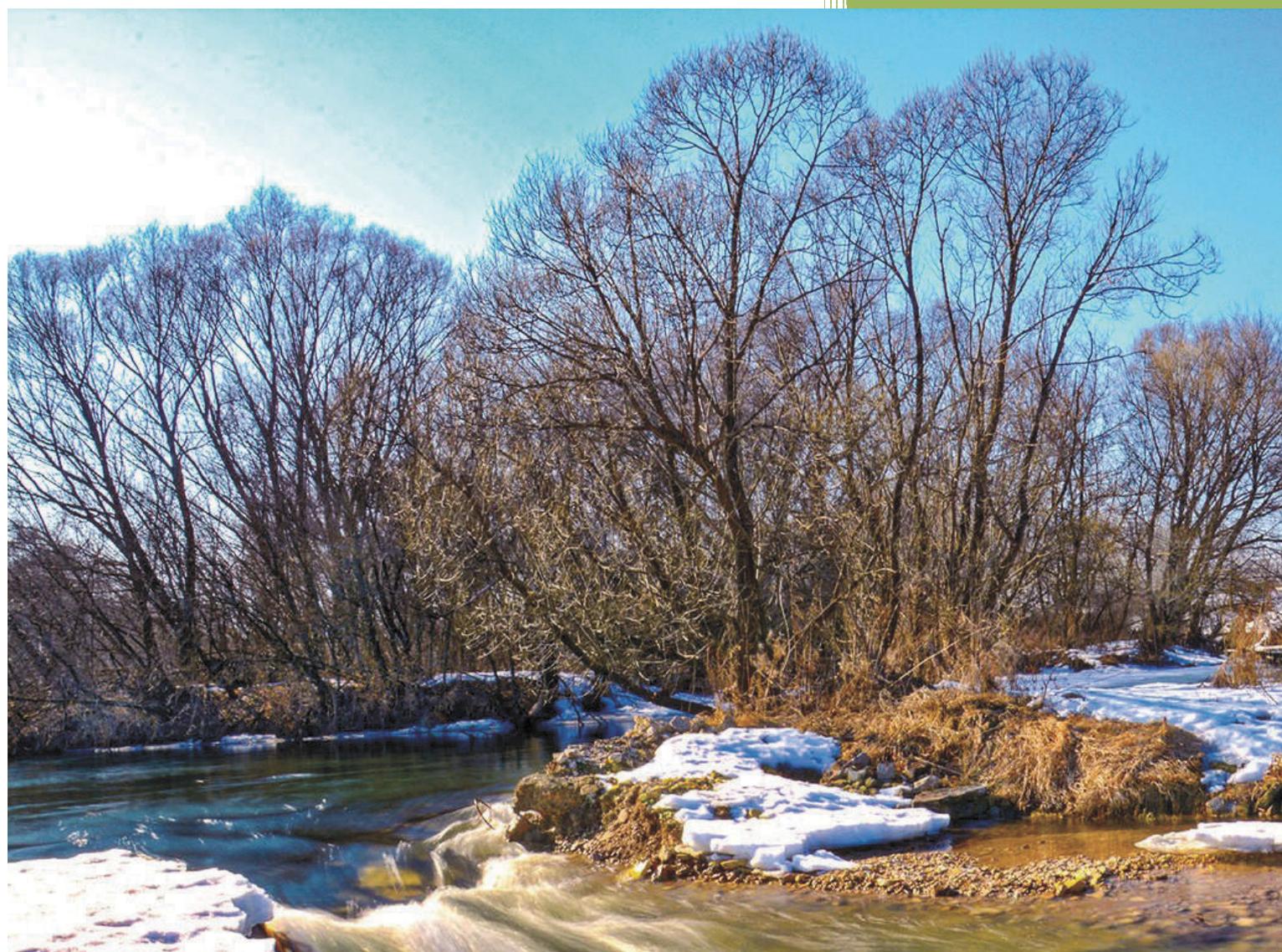


ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ



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



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 16.03.2026.
Дата выхода в свет 23.03.2026.
Формат 60×84/8. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 17,89. Усл. печ. л. 22,78.
Тираж 100 экз. (1-й завод 29 экз.).
Заказ № 8300.

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, пер. Лобачевского, 1, оф. 15

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2026

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.

Недокомплектованный 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., Михайлович А. П., Агапитов Е. М., Рогачев В. Е., Костоусова Е. А., Коритняк Е. Б., Паршин С. П., Стратонов Д. Д., Сайко Ю. О. Автоматизированное картирование древостоев	4
Новожиллов А. С., Беспалов Ю. В., Игнатовский О. А., Залесов С. В. Влияние сортиментной заготовки древесины на сохранность подроста при сплошнолесосечных рубках	16
Осипенко А. Е., Осипенко Р. А., Чермных А. И., Медведев С. А. Инвентаризация лесных культур с применением БПЛА в условиях Алтае-Новосибирского района лесостепей и ленточных боров	29
Сенькова Л. А., Астафьева О. М. Влияние промышленных поллютантов на свойства почв	40
Панин И. А. Пищевые и лекарственные ресурсы постпирогенных насаждений подзоны Средней тайги Свердловской области	49
Осипенко Р. А., Котова В. С., Медведев С. А., Осипенко А. Е., Залесов С. В. Характеристика живого напочвенного покрова после рекультивации выработанного гранитного карьера	61
Любимов М. А. Оптимизация тепличных условий выращивания семян сосны с закрытой корневой системой на Среднем Урале	72
Дауленова М. Ж. Адаптация размноженных in vitro растений кизильника черноплодного при пересадке на различные субстраты	79
Матвеева Р. Н., Григорьева С. О. Фенология, показатели роста и плодоношения 16-летних гибридов яблони	86
Новиков Я. А., Новикова М. А. Исследование взаимосвязей лесорастительных условий и растительности в местообитаниях тетерева полевого	97
Примаков Н. В., Караева Д. В. Метод прогнозных оценок ландшафтных и лесных пожаров Краснодарского края	104
Гаврилова О. И., Грязькин А. В. Сравнительные характеристики подроста, произрастающего под пологом древостоя и на вырубке ...	115
Алферова О. М., Морозов А. Е. Контроль за транспортировкой древесины. Проблемы и противоречия нормативно-правового регулирования	124
Сродных Т. Б., Камынина Е. В. Структура и особенности системы озеленения города Уфы	130
Аткина Л. И., Деревянкина Е. А., Галиулина А. Ф. Устойчивость к низким температурам древесных растений, высаженных при оформлении территории «УГМК-Арена» города Екатеринбурга	138
Лукаш А. А., Пыкин А. А., Романов В. А., Максименко Д. М., Чернышев О. Н. Условия получения композиционных материалов из березового лущеного шпона при изготовлении напольных планок	144
Теринов Н. Н., Побединский В. В., Герц Э. Ф., Мехренцев А. В., Ляхова М. М. Разработка имитационной модели лесообразовательного процесса в темнохвойных лесах	154
Чекасин М. С., Яцун И. В. Модификация древесины: методы и подходы	163
Цубикс В. О., Долматов С. Н., Цубикс А. А. Имитационное моделирование процесса движения сыпучих материалов при разгрузке бункера	169
Суслопаров А. В., Залесов С. В. Экономическая эффективность рубок спелых и перестойных насаждений	187

Content

Fomin V. V., Mikhailovich A. P., Agapitov E. M., Rogachev V. E., Kostousova E. A., Koritnyak E. B., Parshin S. P., Stratonov D. D., Saiko Yu. O. Automated forest stand mapping	5
Novozhilov A. S., Bepalov Yu. V., Ignatovsky O. A., Zalesov S. V. The influence of cut-to-length of wood on the preservation of undergrowth during clear cutting	17
Osipenko A. E., Osipenko R. A., Chermnykh A. I., Medvedev S. A. Forest crops inventory using UAV in the Altai-Novosibirsk region of the forest steppe and ribbon forests	30
Senkova L. A., Astafieva O. M. The influence of industrial pollutants on soil properties	41
Panin I. A. Food and medicinal resources of post-pyrogenic plantations of the Middle Taiga subzone of the Sverdlovsk region	50
Osipenko R. A., Kotova V. S., Medvedev S. A., Osipenko A. E., Zalesov S. V. Characteristics of the living ground cover after reclamation of a depleted granite quarry	62
Lyubimov M. A. Optimizing greenhouse conditions for growing closed-root Scots pine seedling in the Middle Urals	73
Daulenova M. Zh. Adaptation of in vitro propagated plants of blackfruit cotoneaster when transplanting to different substrates	80
Matveeva R. N., Grigorieva S. O. Phenology, growth and fruiting indicators of 16-year-old apple tree hybrids	87
Novikov Ya. A., Novikova M. A. Research of the relationships between forest conditions and vegetation in the habitats of the field grouse	98
Primakov N. V., Karaeva D. V. Method for predictive assessments of landscape and forest fires in the Krasnodar Region	105
Gavrilova O. I., Gryazkin A. V. Comparative characteristics of undergrowth growing under the forest stand canopy and in a cutting area ...	116
Alferova O. M., Morozov A. E. Wood transportation control. Problems and contradictions of regulatory and legal regulation	125
Srodnykh T. B., Kamynina E. V. Structure and features of the landscaping system of Ufa	131
Atkina L. I., Derevyankina E. A., Galiulina A. F. Low temperature resistance of woody plants planted during the development of the "UMMC-ARENA" in Yekaterinburg	139
Lukash A. A., Pykin A. A., Romanov V. A., Maksimenko D. M., Chernyshev O. N. Conditions for obtaining composite materials from birch peeled veneer in the manufacture of floor slats	145
Terinov N. N., Pobedinsky V. V., Hertz E. F., Mehrentsev A. V., Lyakhova M. M. Development of a simulation model of the forest formation process in the dark coniferous forests	155
Chekasin M. S., Yatsun I. V. Wood modification: methods and approaches	163
Tsubiks V. O., Dolmatov S. N., Tsubiks A. A. Simulation modeling of the process of bulk materials movement during bunker unloading	170
Susloparov A. V., Zalesov S. V. Economical efficiency of cutting mature and overmature plantations	188

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 4–15.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 4–15.

Научная статья

УДК 630*181.5

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.001

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ КАРТИРОВАНИЕ ДРЕВОСТОЕВ

**В. В. Фомин¹, А. П. Михайлович², Е. М. Агапитов³, В. Е. Рогачев⁴,
Е. А. Костоусова⁵, Е. Б. Коритняк⁶, С. П. Паршин⁷, Д. Д. Стратонов⁸, Ю. О. Сайко⁹**

¹⁻⁸ Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

¹⁻⁴ Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

⁹ Свердловский областной медицинский колледж, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Валерий Владимирович Фомин,

fominvv@m.usfeu.ru

Аннотация. Разработана и апробирована методика автоматизированного картирования древостоев на основе точно распределенных данных о местоположении деревьев в пространстве. В основу методики положен оригинальный алгоритм, основанный на разбиении исследуемого пространства на ячейки Вороного с последующей их классификацией по густоте древостоя и объединением в выделы следующих типов фитоценозов: лес, редколесье, редина и тундра с отдельно стоящими деревьями. Разработанная методика картирования растительности на основе точно распределенных данных и пороговых значений густоты древостоев и площади выделов решает проблему субъективности традиционного геоботанического картирования за счет формализации всех его этапов. На примере района исследований, расположенного на юго-восточном макрослоне горного массива Рай-Из, создана карта фитоценозов с использованием разработанной методики данных, полученных в результате дешифрирования крон деревьев лиственницы сибирской на аэрофотоснимках, снятых при помощи беспилотного летательного аппарата.

Ключевые слова: древостой, густота, алгоритм выделения однородных участков, полигоны Вороного, картирование фитоценозов, экотон верхней границы древесной растительности, Полярный Урал

Финансирование: результаты исследований получены в рамках выполнения государственной госбюджетной темы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (шифр проекта FEUG-2023-0002).

Для цитирования: Автоматизированное картирование древостоев / В. В. Фомин, А. П. Михайлович, Е. М. Агапитов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 4–15.

Original article

AUTOMATED FOREST STAND MAPPING

Valery V. Fomin¹, Anna P. Mikhailovich², Egor M. Agapitov³, Vladimir E. Rogachev⁴,
Ekaterina A. Kostousova⁵, Egor B. Koritnyak⁶, Sergey P. Parshin⁷,
Dmitriy D. Stratonov⁸, Yulia O. Saiko⁹

¹⁻⁸ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹⁻⁴ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

⁹ Sverdlovsk Regional Medical College, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Valery V. Fomin,
fominvv@m.usfeu.ru

Abstract. A method for automated forest stand mapping based on point-distributed spatial tree location data has been developed and tested. The method's core is an original algorithm based on dividing the research area into Voronoi cells, their subsequent classification by stand density, and combining the following types of phytocenochores into selections: forest, sparse forest, light forest and tundra with isolated trees. The developed vegetation mapping method, which uses point-distributed data and thresholds values for stand density and selections area, solves the problem of subjectivity of traditional geobotanical mapping by formalizing all its stages. Using the example of the research area located on the southeastern macroslope of the Rai-Iz mountain range, a phytocenochore map has been created using the developed data method obtained by decoding the crowns of Siberian larch trees on aerial photographs acquired by an unmanned aerial vehicle.

Keywords: forest stands, density, homogeneous area delineation algorithm, Voronoi polygons, phytocenochore mapping, upper treeline ecotone, Polar Urals

Finding: the research results were obtained as part of the implementation of the state budget theme of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project code FEUG-2023-0002).

For citation: Automated forest stand mapping / V. V. Fomin, A. P. Mikhailovich, E. M. Agapitov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 4–15.

Введение

Одной из ключевых проблем геоботанического картирования является дуальная природа растительного покрова, обладающая свойствами дискретности и континуальности. Достаточно длительное время в научной среде шла дискуссия между исследователями, придерживающимися одной из двух полярных концепций. Одни рассматривали единицы растительного покрова в качестве дискретных единиц (парадигма Ф. Клементса), другие рассматривали растительный покров как континуум (идеи Л. Г. Раменского и Г. Глизна). В первом случае границы между фитоценозами понимаются как объективная реальность, во втором – как условность, которая вводится

исследователем для решения конкретных научных или практических задач (Заугольнова, 1999; Field methods..., 1994; Puzachenko, 2008). Границы между двумя и более сообществами представляют собой экотоны – переходные зоны, ширина и выраженность которых зависят от градиентов экологических факторов и уровня детализации представления объекта исследований (Gosz, 1993; Issues related..., 2002).

В процессе геоботанического картирования могут выделяться фитоценозы и территориальные единицы растительности (фитоценохоры), которые являются модельными представлениями исследуемых сложных систем. Их границы зависят не только от объективных характеристик растительности

(состава, структуры, взаимодействий между растениями), но и от выбранного методологического подхода (популяционного, ценотического, экотопического) и даже от субъективного восприятия исследователя (Миркин и др., 1989; Осипов, 2002).

При картировании в зонах переходов между сообществами достаточно часто встречается терминологическая и методическая неоднозначность. Например, при выделении границ в экотоне тундра – лес можно встретить термин «граница леса», который может трактоваться как линия, экотон или физиологический предел. При этом показатели, используемые для их выделения, например высота дерева или древостоя, сомкнутость крон деревьев, густота древостоя, а также пороговые значения этих показателей варьируют у разных авторов (Körner, 1998; Holtmeier, 2009; A concise scheme..., 2014). Это препятствует сравнительному анализу данных о динамике границ, являющихся важным индикатором изменения климата.

При проведении ручного дешифрирования аэро- и космоснимков и создании картографических материалов возникает проблема объективности и воспроизводимости полученных результатов, которая частично может решаться тренировкой операторов. При этом остаются проблема высокой трудоемкости и, соответственно, времени выполнения и стоимости таких работ, а также сложности масштабирования проектов, требующих увеличения количества квалифицированных операторов.

Любая геоботаническая карта является графической моделью, отражающей авторскую концепцию растительного покрова (Полежаев, 2009) или субъективный взгляд на интерпретацию параметров и/или порогов, используемых при картировании. Поэтому ключевыми вызовами остаются разработка унифицированных объективных методик, позволяющих получать воспроизводимые результаты.

Цель, объекты

и методика исследований

Цель исследования – разработка методики автоматизированного картирования древостоев на основе данных о местоположении пробных площадей и его реализация для картирования древес-

ной растительности вблизи верхнего предела ее произрастания на Полярном Урале.

Исследуемая территория – участок юго-восточного макросклона горного массива Рай-Из (Ямало-Ненецкий автономный округ, Полярный Урал). Район исследований находится границах $66^{\circ}30'28''$ – $66^{\circ}47'42''$ с. ш. и $65^{\circ}33'59''$ – $65^{\circ}49'28''$ в. д. Его рельеф сформировался под воздействием ледника, который покрывал земную поверхность территории в ходе последнего глобального оледенения примерно десять тысяч лет назад.

Снижение высоты местности на исследуемом участке макросклона происходит в направлении с северо-запада на юго-восток. Значения абсолютных высот лежат в интервале от 172 до 318 м н. у. м. Гидрографическая сеть развития включает реку Енгаю с притоками, множество временных водотоков, множество небольших водоемов, часть которых пересыхает летом. В экотоне верхней границы древесной растительности доминируют лиственничники (*Larix sibirica* Ledeb.). Ближе к реке изредка встречаются ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) и береза извилистая (*Betula tortuosa* Ledeb.). В подлеске распространены карликовая береза (*Betula nana* L.) и можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica* Bugsd.). В травяно-кустарничковом ярусе встречается голубика (*Vaccinium uliginosum* L.), а в напочвенном покрове – зеленые мхи и лишайники.

В районе исследований проведена аэрофото съемка. Общая площадь отснятой при помощи беспилотного летательного аппарата Phantom 4 Advanced (DJI, Китай) с высоты 50 м области составила 7,32 км². На основе полученных снимков в программе Metashape Professional (Agisoft LLC, Россия) был создан ортофотоплан. Дешифрирование крон экземпляров лиственницы от подростка до взрослых деревьев проведено ручным способом. Отказ от автоматизированных методов дешифрирования обусловлен необходимостью обеспечения высокой точности определения местоположения экземпляров и границ их крон.

Для оценки качества результатов дешифрирования использовали данные наземных измерений горизонтальной проекции кроны, определяемые путем установления максимального значения диаметра в двух взаимно перпендикулярных

направлениях на девяти пробных площадях, расположенных в районе исследований, в градиенте высоты и густоты древостоев соответственно (рис. 1).

Ранее была разработана методика оценки вероятности отнесения экземпляра лиственницы к трем возрастным интервалам (1–40; 41–100

и старше 100) лиственницы сибирской по размеру крон (Carbon Storage..., 2025). При величине радиуса кроны до 0,56 м включительно вероятность того, что возраст экземпляра лиственницы не будет превышать 40 лет, выше вероятности того, что его возраст будет старше 40 лет.

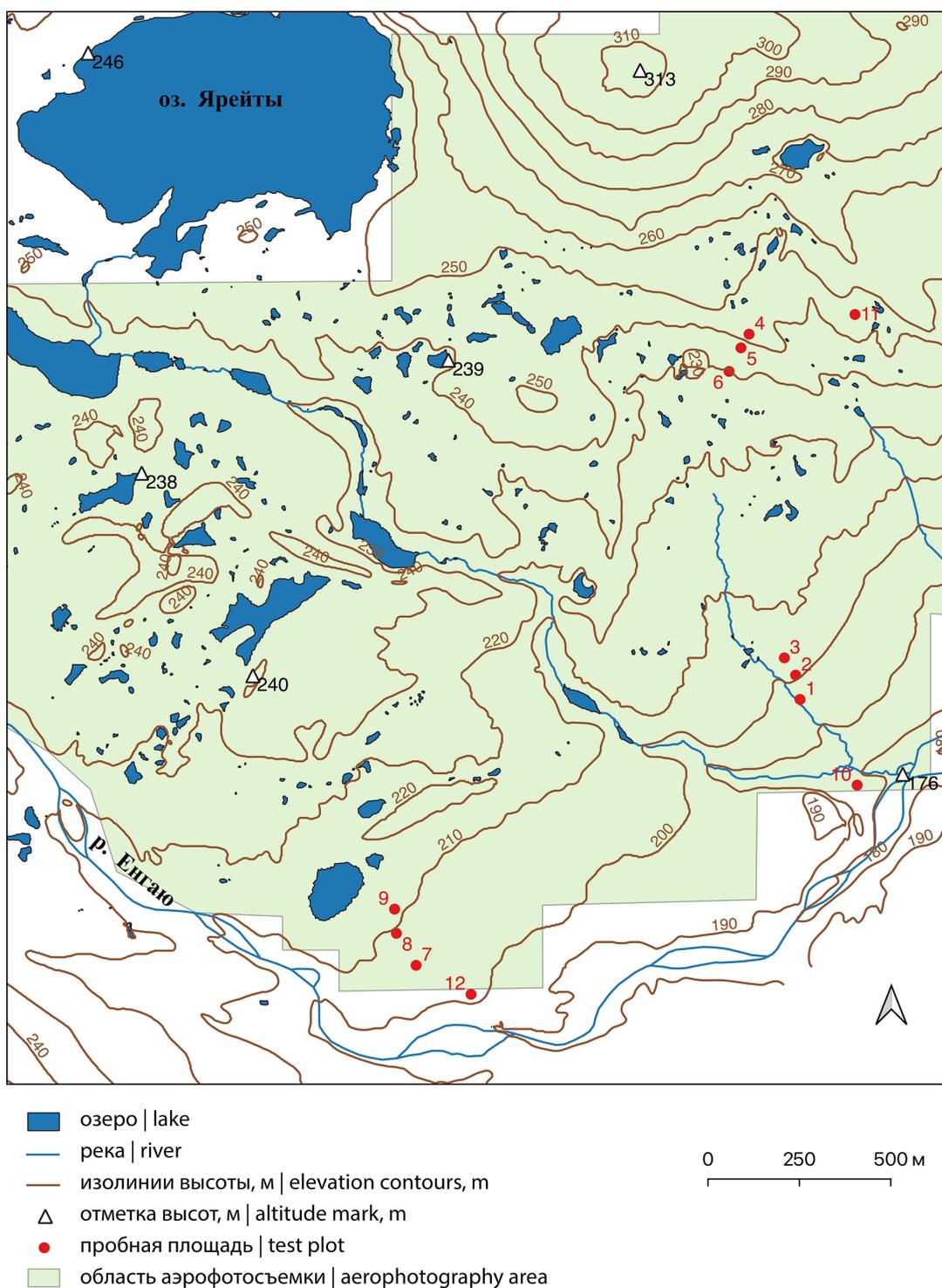


Рис. 1. Картограмма района исследований
 Fig. 1. Schematic map of the research area

Если радиус кроны лежит в интервале от 0,56 до 1,416 м включительно, то наиболее вероятно, что возраст дерева будет находиться в интервале 41–100 лет, а если радиус будет больше 1,416 м, то – старше 100 лет.

На основе полигонального слоя крон деревьев создан точечный слой с использованием функции расчета координат центра для каждого полигона, представляющего крону дерева. Апробацию разработанного в ходе исследований алгоритма, положенного в основу метода автоматизированного картирования, осуществляли с использованием векторного точечного слоя, каждая точка которого обозначает местоположение дерева старше 40 лет.

На рис. 2 приведена картосхема распределения экземпляров лиственницы сибирской в районе исследований. Цветом обозначены два возрастных интервала: до 40 лет включительно и старше.

Создание карты распределения типов фитоценоз лес, редколесье, редины, тундра с отдельно стоящими деревьями в районе исследований проводили на основе количественных критериев, разработанных для редкостойных древостоев (Шиятов и др., 2005).

Под фитоценозой понимается участок земной поверхности, который характеризуется относительной однородностью по одному или нескольким параметрам растительного покрова и условиям

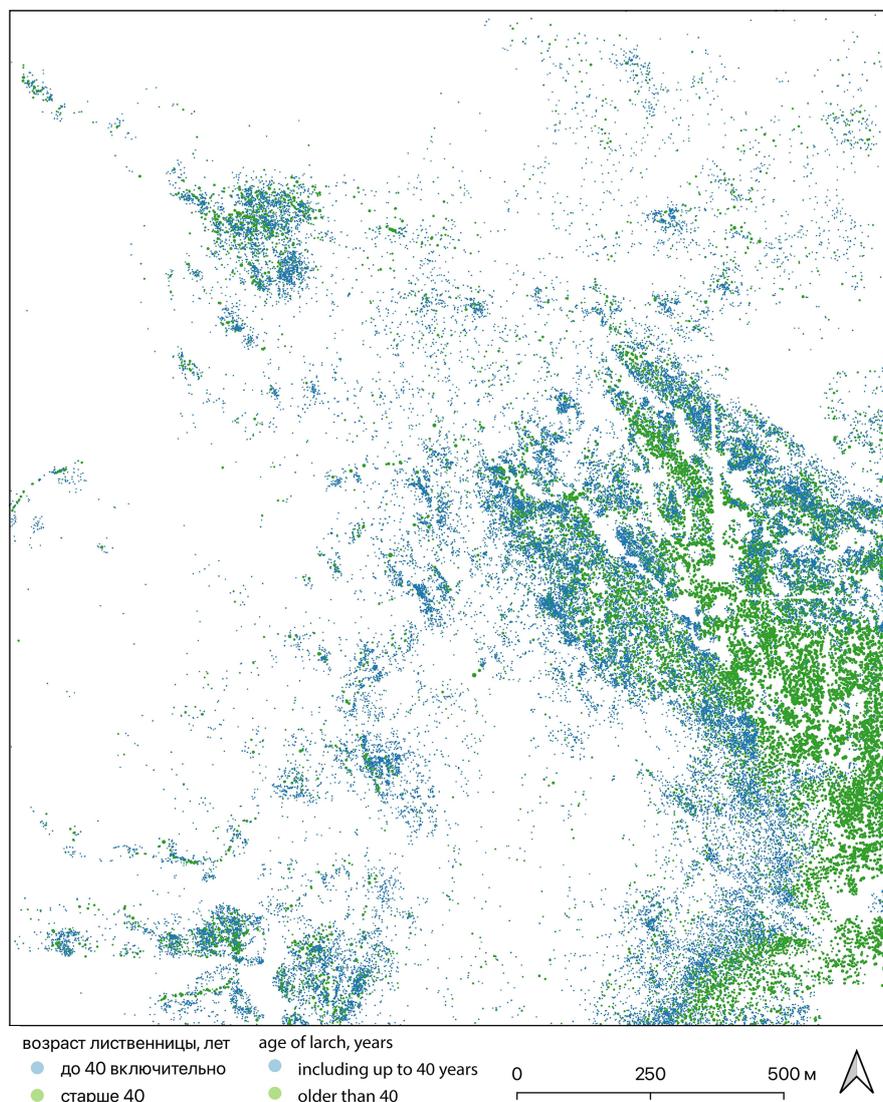


Рис. 2. Картосхема экземпляров лиственницы сибирской в районе исследований. Цветом обозначены два возрастных интервала: до 40 лет включительно и старше
Fig. 2. Schematic map of the spatial distribution of Siberian larch individuals in the research area. Colors denote two age intervals: up to and including 40 years and older

местопроизрастания. В рамках данной работы в качестве ключевого критерия для выделения типов фитоценохор использовали густоту древостоя.

В качестве исходных количественных критериев для отнесения участков исследуемой территории к одному из типов фитоценохор использовали ранее предложенные пороговые значения расстояния между деревьями при наземном картировании лесных и лесотундровых сообществ (Шиятов и др., 2005): лес – до 10 м включительно; редколесье – от 10 до 30 м включительно; редина – от 30 до 60 м включительно; тундра с отдельно стоящими деревьями – больше 60 м.

Реализацию алгоритма автоматизированного картирования выполняли в географической информационной системе QGIS (qgis.org).

Результаты и их обсуждение

На основе пороговых значений расстояний между деревьями были рассчитаны соответствующие диапазоны густоты древостоя (шт./га) и определены минимальные значения площади выделов (m^2) для каждого типа фитоценохоры:

лес – свыше 400 шт./га, минимальная площадь 400 m^2 ;

редколесье – 44–400 шт./га, минимальная площадь 900 m^2 ;

редина – 11–44, минимальная площадь 14 400 m^2 ;

тундра с отдельно стоящими деревьями – 0–11, минимальная площадь > 14 400 m^2 .

Минимальные пороговые значения площади выдела установлены из условия, чтобы количество деревьев в выделе с типами фитоценохор редколесье, редина и тундра с отдельно стоящими деревьями было не меньше, чем в самом маленьком по площади выделе фитоценохоры лес.

Для автоматизированного картирования был разработан алгоритм, созданный на базе ранее предложенного (Fomin et al., 2020). Ниже приведено описание его этапов.

Качественное описание алгоритма

1. Построение полигонов Вороного для точечного слоя, каждая точка которого обозначает местоположение дерева старше 40 лет.

2. Расчет густоты для каждой ячейки Вороного.

3. Классификация ячеек по пороговым значениям густоты и создание векторных слоев для каждого типа фитоценохоры.

4. Объединение группы ячеек одного типа, имеющих общие границы, в полигоны – выделы путем удаления внутренних границ смежных ячеек.

5. Фильтрация полученных полигонов по пороговым значениям площади участка для каждого типа фитоценохоры: разделение на валидные, площадь которых равна или превышает пороговое значение, и невалидные, площадь которых меньше этого значения.

6. Пространственный анализ невалидных полигонов: поиск смежных (касающихся) валидных полигонов ближайшего и меньшего по густоте типа фитоценохоры, их присоединение к последним.

7. Объединение перераспределенных участков в полигоны путем удаления общих границ.

8. Объединение полигонов всех типов фитоценохор в один слой.

9. Сглаживания границ полигонов.

Математическое описание алгоритма

1. Обозначения и исходные параметры

Множества и переменные:

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ – множество точек, обозначающих местоположение деревьев старше 40 лет, где $t_i = (x_i, y_i)$ – координаты i -го дерева.

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ – множество ячеек Вороного, соответствующих точкам T .

$S(v_i)$ – площадь ячейки v_i , m^2 .

$\rho(v_i)$ – густота древостоя в полигоне v_i , шт./га.

Пороговые значения густоты, шт./га:

$\rho_{\text{лес}} > 400$

$\rho_{\text{редколесье}} \in [44; 400]$

$\rho_{\text{редина}} \in [11; 44]$

$\rho_{\text{тундра}} \in [0; 11]$

Минимальные площади выделов, m^2 :

$S_{\text{min_лес}} = 400$

$S_{\text{min_редколесье}} = 900$

$S_{\text{min_редина}} = 14\,400$

$S_{\text{min_тундра}} > 14\,400$

Условие согласования площадей выделов:

минимальное число деревьев в выделе любого типа ≥ 160 (так как $400 \text{ шт./га} \times 400 \text{ м}^2 = 160$ деревьев).

2. Формализация этапов алгоритма

2.1. Построение ячеек Вороного

Вход: $T = \{(x_i, y_i)\} (i = 1, \dots, n)$.

Выход: $V = \{v_i\} (i = 1, \dots, n)$, где v_i – ячейка, содержащая все точки плоскости, ближайšie к t_i .

Формально: $v_i = \{(x, y) \in R^2 \mid \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \leq \sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2} \text{ для всех } j \neq i\}$.

2.2. Расчет густоты древостоя для каждой ячейки Вороного

Для каждого $v_i \in V$ вычисляется:

$$\rho(v_i) = 10\,000 / S(v_i) \text{ [шт./га]},$$

где $S(v_i)$ – площадь v_i , м²;

коэффициент 10 000 переводит м² в га.

2.3. Классификация ячеек по густоте. Определяется функция типа фитоценохоры $\tau: V \rightarrow \{\text{лес, редколесье, реди́на, тундра с отдельно стоящими деревьями}\}$:

$$\tau(v_i) = \text{лес, если } \rho(v_i) > 400;$$

$$\tau(v_i) = \text{редколесье, если } 44 \leq \rho(v_i) \leq 400;$$

$$\tau(v_i) = \text{редина, если } 11 \leq \rho(v_i) < 44;$$

$\tau(v_i) = \text{тундра с отдельно стоящими деревьями, если } \rho(v_i) < 11$.

Формируются подмножества:

$$V_{\text{лес}} = \{v_i \mid \tau(v_i) = \text{лес}\},$$

$$V_{\text{редколесье}} = \{v_i \mid \tau(v_i) = \text{редколесье}\} \text{ и т. д.}$$

2.4. Объединение смежных ячеек в выделы

Для каждого подмножества V_k (где k – тип фитоценохоры) выполняется операция объединения полигонов с общими границами:

$W_k = \bigcup \{v_i \in V_k\} v_i$ (с удалением внутренних границ). Результат: множество выделов $W = \bigcup_k W_k$.

2.5. Фильтрация выделов по площади

Для каждого выдела $w \in W_k$ вычисляется $S(w)$.

Выделы разделяются:

$$\text{на валидные: } S(w) \geq S_{\text{min}_k}$$

$$\text{невалидные: } S(w) < S_{\text{min}_k}$$

Обозначим эти выделы:

$$W_k^{\text{вал}} = \{w \in W_k \mid S(w) \geq S_{\text{min}_k}\}$$

$$W_k^{\text{невал}} = \{w \in W_k \mid S(w) < S_{\text{min}_k}\}$$

2.6. Пространственный анализ невалидных выделов. Для каждого невалидного выдела $w \in W_k^{\text{невал}}$ ищется смежный (касающийся) валидный выдел $w' \in W_k^{\text{вал}}$, где k' – тип фитоценохоры с меньшей густотой, чем k ;

w и w' имеют общую границу ($w \cap w' \neq \emptyset$).

Если такой w' найден, w присоединяется к w' : $w'_{\text{новый}} = w' \cup w$. Иначе w остается без изменений.

2.7. Объединение перераспределенных полигонов

Для всех присоединенных невалидных полигонов выполняется объединение с целевыми валидными полигонами:

$$W_k^{\text{вал_новый}} =$$

$$= W_k^{\text{вал}} \cup \left(\bigcup \{w \in W_k^{\text{невал}} \mid w \sim w'\} w \right),$$

где $w \sim w'$ означает смежность и соответствие правилам присоединения.

2.8. Объединение всех выделов в один слой

Формируется итоговое множество выделов:

$$U = \bigcup_k W_k^{\text{вал_новый}}.$$

2.9. Сглаживание границ полигонов. К каждому полигону $u \in U$ применяется оператор сглаживания S на основе сплайна:

$$u_{\text{сгл}} = S(u).$$

Результат:

слой сглаженных выделов

$$U_{\text{сгл}} = \{u_{\text{сгл}} \mid u \in U\}.$$

3. Выходные данные

Векторный слой $U_{\text{сгл}}$ с атрибутами:

$\tau(u)$ – тип фитоценохоры;

$S(u)$ – площадь, м²;

$\rho(u)$ – средняя густота, шт./га.

Свойства алгоритма

1. Согласованность критериев для выделения типов фитоценохоры и площади выделов.

2. Алгоритм при заданных фиксированных входных данных и пороговых значений обеспечивает воспроизводимость получаемых результатов.

3. Решение задачи устранения вырожденных случаев – малых по площади полигонов при формировании выделов. Разделение выделов по пороговым значениям площади и их перераспределение позволяет эффективно удалить из окончательной карты нерепрезентативные по площади участки фитоценохор: менее 400 м² для леса, менее 900 м² для редколесья, менее 14 400 м² для реди́н.

4. Перераспределение полигонов, площадь которых меньше порогового значения, изменяет только их принадлежность к типу фитоценохоры,

сохраняя общую площадь карты и положение валидных выделов каждого типа. Исследуемая область Ω сохраняется с точностью до обработки граничных ячеек Вороного. Присоединение невалидных полигонов происходит только к касающимся валидными полигонами. Этим обеспечиваются

топологическая целостность и пространственная связность всех выделов.

На рис. 3 в качестве иллюстрации приведены картосхемы, полученные в ходе реализации этапов алгоритма, а на рис. 4 – картосхема фитоценохор.

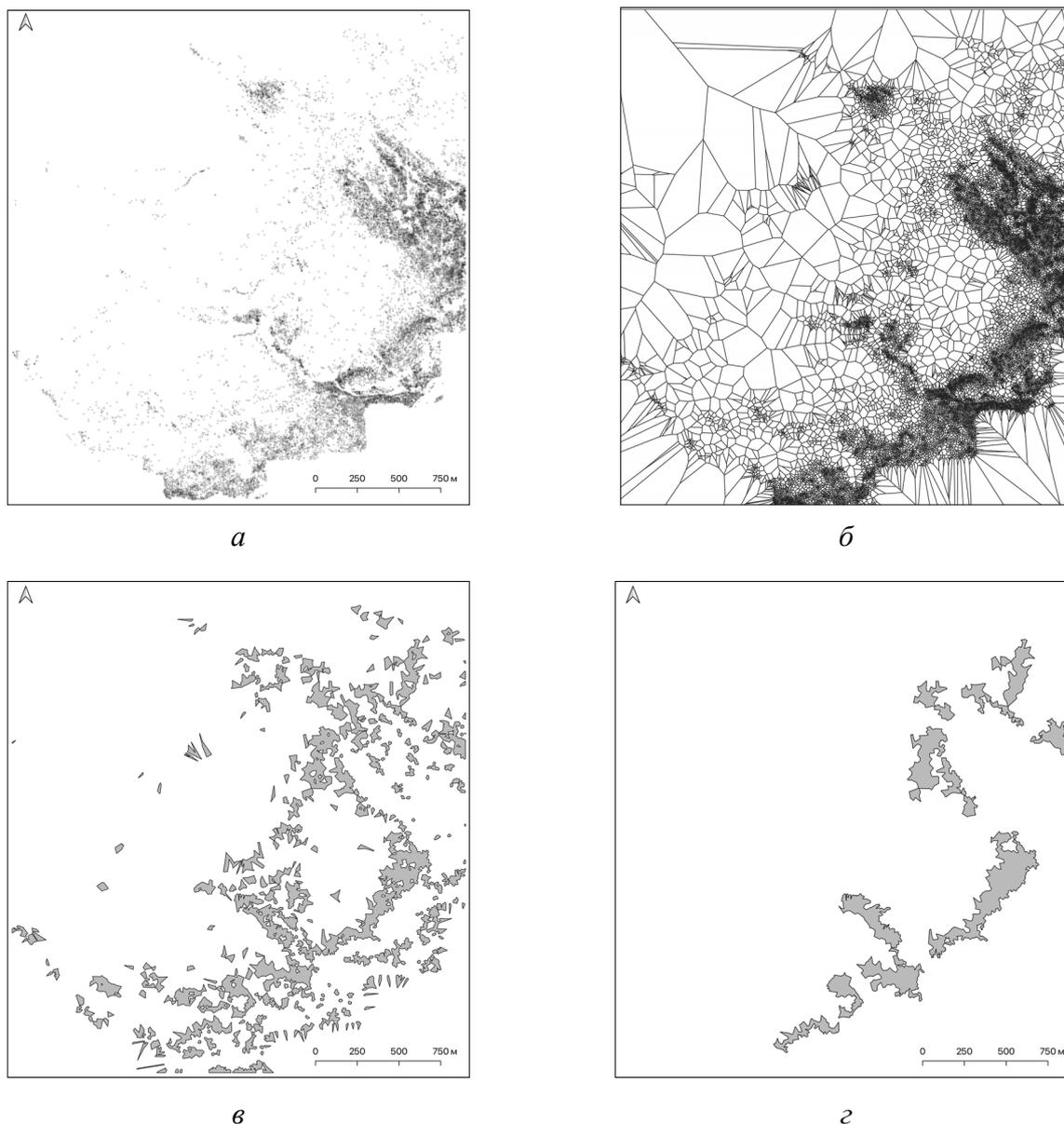


Рис. 3. Картосхемы, иллюстрирующие этапы разработанного алгоритма обработки пространственных данных: *а* – исходный векторный точечный слой, каждая точка которого обозначает местоположение дерева старше 40 лет; *б* – векторный слой с ячейками Вороного; *в* – векторный слой с полигонами редина, полученными в результате устранения внутренних границ; *г* – выделы редина, которые получены после выполнения всех этапов алгоритма

Fig. 3. Schematic maps illustrating the stages of the algorithm: *a* – original vector point layer, where each point represents the location of a tree older than 40 years; *б* – vector layer with Voronoi polygons; *в* – vector layer with light forest polygons obtained by dissolving internal boundaries; *г* – light forest stands identified after completing all algorithm stages

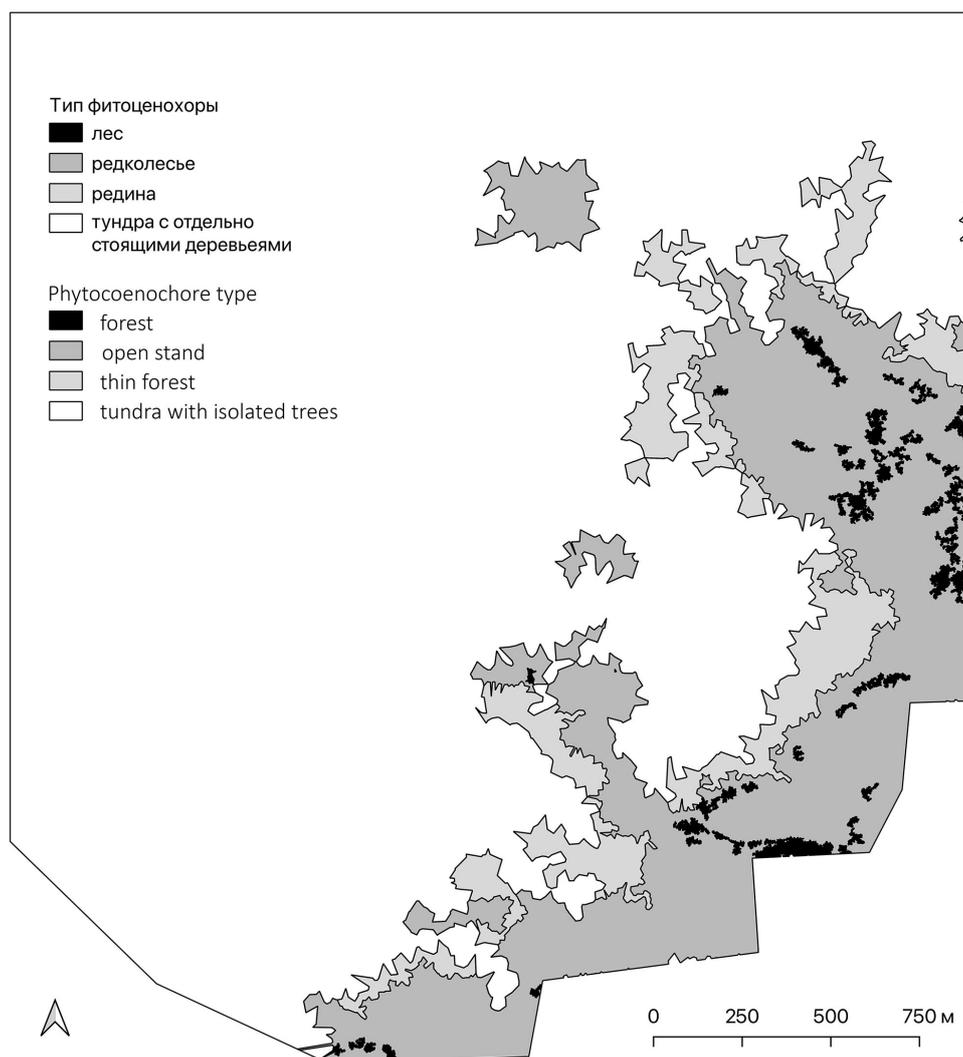


Рис. 4. Картограмма фитоценозов, созданная с использованием разработанного алгоритма автоматизированного картирования

Fig. 4. A phytocenochore schematic map created using the developed automated mapping algorithm

Выводы

Разработана методика автоматизированного картирования редкостойных древостоев вблизи верхнего предела произрастания древесной растительности. В ее основу положен итеративный алгоритм, использующий в качестве входных данных точечный векторный слой, каждая точка которого характеризует местоположение древесного растения. Этапы алгоритма включают: разбиение исследуемого пространства на ячейки Вороного; первичную классификацию ячеек на принадлежность к одному из типов фитоценозов лес, редколесье, редина, тундра с отдельно стоящими деревьями; объединение групп ячеек одного типа в полигон; разделение полигонов по пороговым значениям

минимальной площади участка на валидные и невалидные (малые полигоны); пространственное перераспределение невалидных полигонов путем присоединения к соседним по густоте древостоя полигонам.

Разработанный алгоритм детерминирован при фиксированных входных данных и пороговых значениях площади участков, что обеспечивает воспроизводимость получаемых результатов. Он также позволяет решить задачу вырожденных случаев, связанных с малым размером выделов, путем их перераспределения по другим типам фитоценозов. При этом перераспределение малых полигонов не изменяет общую площадь картируемого района.

На примере района исследований, расположенного на юго-восточном макросклоне горного массива Рай-Из (Полярный Урал), проведено картирование редкостойных лиственничных древостоев при помощи разработанной методики на основе данных дешифрирования лиственницы сибирской по данным аэросъемки с использованием беспилотного летательного аппарата.

Список источников

- Заугольнова Л. Б. Современные представления о структуре растительного покрова : концепция иерархического покрова // Успехи современной биологии. 1999. № 2 (119). С. 115–127.
- Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М. : Наука, 1989. 223 с.
- Осипов С. В. Структура растительного покрова таежно-гольцового ландшафта (на примере Буреинского нагорья) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.05 / Осипов Сергей Владимирович. Владивосток : Биолого-почвенный институт ДВО РАН, 2002. 26 с.
- Полежаев А. Н. Растительность севера Дальнего Востока России в информационных системах // Экология. 2009. № 3. С. 180–186.
- Шиятов С. Г., Терентьев М. М., Фомин В. В. Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале // Экология. 2005. № 2. С. 1–8.
- A concise scheme of vegetation boundary terms in subtropical high mountains / C.-A. Chiu, M.-F. Lee, H.-Y. Tzeng [et al.] // African Journal of Agricultural Research. 2014. Vol. 9. P. 1560–1570.
- Carbon Storage by Siberian Larch in the Upper Treeline Ecotone in the Polar Urals / A. P. Mikhailovich, V. V. Fomin, D. Yu. Golikov [et al.] // Russian Journal of Ecology. 2025. Vol. 56, № 3. P. 200–207. DOI: 10.1134/S106741362503010X
- Fomin V. V., Mikhailovich A. P., Shiyatov S. G. Trees in the Upper Treeline Ecotone in the Polar Urals : Centuries-Old Change and Spatial Patterns // Mountain Research and Development. 2020. Vol. 40, № 2. P. R32–R40. DOI: 10.1659/MRD-JOURNAL-D-20-00002.1
- Gosz J. R. Ecotone Hierarchies // Ecological Applications. 1993. № 3 (3). P. 369–376.
- Field methods for vegetation mapping : report to: United States Department of Interior, NBS / NPS Vegetation Mapping Program. The Nature Conservancy, Arlington, VA. on the Aravalli hills / D. Grossman, K. Goodin, X. Li [et al.] // Tropical Ecology. 1994. № 2 (43). P. 325–335.
- Holtmeier F.-K. Mountain Timberlines. Ecology, Patchiness, and Dynamics. Dordrecht ; Boston ; London : Kluwer Academic Publishers, 2009. 369 p.
- Issues related to the detection of boundaries / M.-J. Fortin, R. J. Olson, S. Ferson [et al.] // Landscape Ecology. 2002. Vol. 15. P. 453–466.
- Körner C. A Re-Assessment of High Elevation Treeline Positions and Their Explanation // Oecologia. 1998. № 115. P. 445–459.
- Puzachenko Y. Biogeocoenosis as an Elementary Unit of Biogeochemical Work in the Biosphere // Encyclopedia of Ecology / ed. by S. E. Jorgensen, B. D. Fath. Elsevier, 2008. P. 396–402.

References

- A concise scheme of vegetation boundary terms in subtropical high mountains / C.-A. Chiu, M.-F. Lee, H.-Y. Tzeng [et al.] // African Journal of Agricultural Research. 2014. Vol. 9. P. 1560–1570.
- Carbon Storage by Siberian Larch in the Upper Treeline Ecotone in the Polar Urals / A. P. Mikhailovich, V. V. Fomin, D. Yu. Golikov [et al.] // Russian Journal of Ecology. 2025. Vol. 56, № 3. P. 200–207. DOI: 10.1134/S106741362503010X

- Dictionary of concepts and terms of modern phytocenology / *B. M. Mirkin, G. S. Rosenberg, L. G. Naumova*. Moscow : Nauka, 1989. 223 p.
- Field methods for vegetation mapping : report to: United States Department of Interior, NBS / NPS Vegetation Mapping Program. The Nature Conservancy, Arlington, VA. on the Aravalli hills / *D. Grossman, K. Goodin, X. Li* [et al.] // *Tropical Ecology*. 1994. № 2 (43). P. 325–335.
- Fomin V. V., Mikhailovich A. P., Shiyatov S. G.* Trees in the Upper Treeline Ecotone in the Polar Urals : Centuries-Old Change and Spatial Patterns // *Mountain Research and Development*. 2020. Vol. 40, № 2. P. R32–R40. DOI: 10.1659/MRD-JOURNAL-D-20-00002.1
- Gosz J. R.* Ecotone Hierarchies // *Ecological Applications*. 1993. № 3 (3). P. 369–376.
- Field methods for vegetation mapping : report to: United States Department of Interior, NBS / NPS Vegetation Mapping Program. The Nature Conservancy, Arlington, VA. on the Aravalli hills / *D. Grossman, K. Goodin, X. Li* [et al.] // *Tropical Ecology*. 1994. № 2 (43). P. 325–335.
- Holtmeier F.-K.* Mountain Timberlines. Ecology, Patchiness, and Dynamics. Dordrecht ; Boston ; London : Kluwer Academic Publishers, 2009. 369 p.
- Issues related to the detection of boundaries / *M.-J. Fortin, R. J. Olson, S. Ferson* [et al.] // *Landscape Ecology*. 2002. Vol. 15. P. 453–466.
- Körner C.* A Re-Assessment of High Elevation Treeline Positions and Their Explanation // *Oecologia*. 1998. № 115. P. 445–459.
- Mirkin B. M., Rosenberg G. S., Naumova L. G.* Dictionary of concepts and terms of modern phytocenology. Moscow : Nauka, 1989. 223 p.
- Osipov S. V.* The structure of the vegetation cover of the Taiga-char landscape (on the example of the Bureinsky highlands) : abstract of the dissertation. ... Doctor of Biology : 03.00.05 / *Osipov Sergey Vladimirovich*. Vladivostok : Biological and Soil Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002. 26 p.
- Polezhaev A. N.* Vegetation of the north of the Russian Far East in information systems // *Ecology Rus*. 2009. № 3. P. 180–186. (In Russ.)
- Puzachenko Y.* Biogeocoenosis as an Elementary Unit of Biogeochemical Work in the Biosphere // *Encyclopedia of Ecology* / ed. by S. E. Jorgensen, B. D. Fath. Elsevier, 2008. P. 396–402.
- Zaugolnova L. B.* Modern ideas about the structure of vegetation cover: the concept of hierarchical cover // *Successes of modern biology*. 1999. № 2 (119). P. 115–127. (In Russ.)

Информация об авторах

Валерий Владимирович Фомин – доктор биологических наук, доцент,

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

Анна Павловна Михайлович – старший преподаватель,

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

Егор Михайлович Агапитов – старший преподаватель,

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

Владимир Евгеньевич Рогачев – старший преподаватель,

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

Екатерина Антоновна Костоусова – студент,

koustousova-katya@mail.ru

Егор Богданович Коритняк – студент,

koritnyak@bk.ru

*Сергей Павлович Паршин – начальник отдела администрирования
и эксплуатации компьютерных сетей,
psp@m.usfeu.ru*

*Дмитрий Дмитриевич Стратонов – преподаватель Уральского лесотехнического колледжа,
stratonovdd@m.usfeu.ru*

*Юлия Олеговна Сайко – преподаватель Свердловского областного медицинского колледжа,
julia.saiko.elk@ya.ru*

Information about the authors

*Valery V. Fomin – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor,
fominvv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9211-5627>*

Anna P. Mikhailovich – senior lecturer,

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

Egor M. Agapitov – senior lecturer,

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

Vladimir E. Rogachev – senior lecturer,

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

Ekaterina A. Kostousova – student,

kostousova-katya@mail.ru

Egor B. Koritnyak – student,

koritnyak@bk.ru

*Sergey P. Parshin – head of the department of administration and operation of computer networks,
psp@m.usfeu.ru*

*Dmitiy D. Stratonov – teacher at the Ural Forestry College,
stratonovdd@m.usfeu.ru*

*Yulia O. Saiko – teacher at the Sverdlovsk Regional Medical College,
julia.saiko.elk@ya.ru*

Статья поступила в редакцию 08.12.2025; принята к публикации 26.01.2026.

The article was submitted 08.12.2025; accepted for publication 26.01.2026.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 16–28.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 16–28.

Научная статья

УДК 630.231.32:630.221.2

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.002

ВЛИЯНИЕ СОРТИМЕНТНОЙ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ НА СОХРАННОСТЬ ПОДРОСТА ПРИ СПЛОШНОЛЕСОСЕЧНЫХ РУБКАХ

Андрей Сергеевич Новожилов¹, Юрий Владимирович Беспалов²,
Олег Александрович Игнатовский³, Сергей Вениаминович Залесов⁴

¹⁻⁴ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ Koking321@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-0194-746X>

² Yuriy.bespalov.79@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-3765-5857>

³ Zamdir@kldk.altailles.com, <https://orcid.org/0009-0000-0945-7603>

⁴ zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Аннотация. На основании материалов трех пробных площадей, заложенных в хвойных и мягколиственных спелых и перестойных насаждениях, проанализирована сохранность подроста при сплошнолесосечных рубках, выполненных по сортиментной технологии лесосечных работ. Работы выполнялись на территории Новолялинского лесничества, которая относится к Средне-Уральскому таежному лесному району. Заготовка древесины производилась с использованием на валке, обрезке сучьев и раскряжевке харвестера, а на трелевке древесины – форвардера. В процессе проведения лесосечных работ порубочные остатки укладывались на волок. Исследования показали, что на долю трелевочных волоков приходится 30 % площади лесосеки. Кроме того, от 3 до 5 % занимают погрузочные площадки. Количество подроста до рубки в хвойных насаждениях составляет от 2,4 до 2,6 тыс. шт./га с преобладанием в составе пихты и ели. В мягколиственном насаждении количество подроста составляет в пересчете на крупный 2,5 тыс. шт./га при доминировании липы 1,3 тыс. шт./га, при этом количество хвойного подроста – 1,0 тыс. шт./га, или 40,4 % от общего количества. Сохранность подроста после рубки составила в хвойных насаждениях 51,9 и 52,4 %, в мягколиственном – 39,7 %. Показатели сохранности подроста позволяют рекомендовать на вырубках хвойных насаждений комбинированный, а в лиственных насаждениях – искусственный способы лесовосстановления. Применяемая сортиментная технология не обеспечивает выполнения требований действующего нормативного документа по сохранению подроста.

Ключевые слова: рубки спелых и перестойных насаждений, сортиментная технология, подрост, сохранность, густота, состав

Для цитирования: Влияние сортиментной заготовки древесины на сохранность подроста при сплошнолесосечных рубках / А. С. Новожилов, Ю. В. Беспалов, О. А. Игнатовский, С. В. Залесов // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 16–28.

Original article

THE INFLUENCE OF CUT-TO-LENGTH OF WOOD ON THE PRESERVATION OF UNDERGROWTH DURING CLEAR CUTTING

Andrey S. Novozhilov¹, Yuri V. Bespalov², Oleg A. Ignatovsky³,
Sergey V. Zalesov⁴

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

¹ Koking321@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-0194-746X>

² Yuriy.bespalov.79@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-3765-5857>

³ Zamdir@kldk.altaires.com, <https://orcid.org/0009-0000-0945-7603>

⁴ zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Abstract. Based on materials of three sample plots established in mature and overgrown coniferous and softwood deciduous plantations, the preservation of undergrowth during clear cutting operations performed using the cut-to-length technology was analyzed. The researches was carried out in the Novolyalinsky forestry area, which is part of the Middle Ural taiga forest region. The wood production was carried out using a swathe, branch cutting, and crosscutting of harvester and a forwarder for yarding. During the cutting operation, cutting residues were placed on skid roads. Research showed that yarding skid roads account for 30 % of the cutting site area. In addition, loading areas account for 3 to 5 %. The amount of undergrowth before cutting in coniferous plantations ranges from 2,4 to 2,6 thousand trees per hectare, predominantly fir and spruce. In the softwood plantations the amount of undergrowth, calculated as large trees, is 2,5, thousand per hectare with linden dominating at 1,3 thousand per hectare, coniferous undergrowth accounts for 1,0 thousand per hectare or 40,4 % of the total. Preservation of undergrowth after cutting was 51,9 % and 52,4 % in the coniferous forests, respectively, and 39,7 % in the softwood plantations. These undergrowth preservation indicators suggest the use of combined reforestation methods in coniferous plantations, and artificial reforestation in deciduous plantations. The current assortment-based technology does not ensure compliance with the requirements of the current regulatory document for undergrowth preservation.

Keywords: cutting of mature and overgrown plantations, assortment-based technology, undergrowth, preservation, density, composition

For citation: The influence of cut-to-length of wood on the preservation of undergrowth during clear cutting / A. S. Novozhilov, Yu. V. Bespalov, O. A. Ignatovsky, S. V. Zalesov // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 16–28.

Введение

Важнейшим мероприятием, во многом определяющим таксационные показатели будущих насаждений, являются рубки спелых и перестойных насаждений. В научных работах характеризуются более ста различных видов указанных рубок. Однако в действующих нормативных документах и учебниках допускается проведение двух видов сплошнолесосечных и семи видов выборочных рубок (Об утверждении Правил..., 2020; Залесов, 2020). При этом в защитных лесах допускается проведение только выборочных рубок.

При правильном выборе вида рубок с учетом лесорастительных условий и таксационных показателей древостоев до минимума сокращается период перевода вырубки в покрытые лесной растительностью земли, происходит лесовосстановление целевой древесной породой и даже осуществляется переформирование производных мягколиственных насаждений в коренные хвойные (Казанцев и др., 2006; Черноольховые леса..., 2008; Оплетаев, Залесов, 2014; Восстановление..., 2020).

Положительный результат рубок спелых и перестойных насаждений во многом определяется

тем обстоятельством, что большинство указанных насаждений обеспечено подростом предварительной генерации (Залесов и др., 1996; Луганский, Залесов, 1997; Обеспеченность подростом..., 2019; Обеспеченность..., 2019). Сохранение подроста в процессе проведения лесосечных работ позволяет выполнить замену вырубаемого древостоя молодым поколением, даже не прибегая к искусственному лесовосстановлению. Однако сохранение подроста вызывает необходимость адаптации существующих технологий лесосечных работ к конкретным лесорастительным условиям (Герц, Залесов, 2003; Последствия применения..., 2013; Сортиментная заготовка..., 2015; Бачурина и др., 2021). Для ряда регионов в настоящее время разработаны технологии лесосечных работ (Справочник..., 2009; Рекомендации..., 2010). Однако разнообразие лесорастительных условий и таксационных показателей насаждений вызывает необходимость продолжения исследований в данном направлении.

Цель, объекты и методика исследований

Цель работы – анализ влияния сортиментной технологии заготовки древесины на сохранность подроста предварительной генерации.

Исследования проводились на территории Новолялинского лесничества, которая в соответствии с лесорастительным районированием Б. П. Колесникова, Р. С. Зубаревой и Е. П. Смолоногова (1973) относится к южно-таежному округу Зауральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области. В соответствии с действующим Перечнем лесорастительных зон и лесных районов (Об утверждении..., 2014) район проведения исследований относится к Средне-Уральскому таежному лесному району таежной зоны.

В основу исследований положен метод пробных площадей (ПП), которые закладывались в соответствии с нормативными документами и апробированными рекомендациями (ОСТ 56-69-83; Основы..., 2007; Данчева и др., 2023).

Все ПП имели прямоугольную форму, и при длине 50 м их ширина равнялась 25 м. Учет подро-

ста производился на учетных площадках размером 2×2 м, расстояние между учетными площадками в ленте – 5 м. Всего на каждой ПП закладывалось по пять лент, две из которых (1-я и 5-я) закладывались на будущих волоках, средняя (3-я) лента – на середине пасаки, которая имела ширину 15 м. Две ленты (2-я и 4-я) закладывались в 1 м от трелевочных волоков.

При перечеке весь подрост подразделялся по жизненному состоянию, породному составу и группам высот. При анализе сохранности подроста последний пересчитывался на крупный с использованием переводных коэффициентов: 0,5 для мелкого, 0,8 для среднего и 1,0 для крупного жизнеспособного подроста. Встречаемость подроста каждой породы устанавливалась по выраженному в процентах количеству учетных площадок с наличием жизнеспособного подроста данной породы к общему количеству заложенных учетных площадок.

Результаты и их обсуждение

В соответствии с приведенной методикой на лесосеках, отведенных под сплошнолесосечную рубку, было заложено три пробных площади (ПП), каждая из которых характеризовалась насаждением определенного типа леса. На ПП 1 в составе доминировали хвойные породы, а на ПП 3 – мягколиственные. Общее представление о таксационных показателях ПП позволяют получить данные, приведенные в табл. 1.

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что хвойные насаждения имели возраст 90 и 130 лет, а мягколиственные – 85 лет. При этом древостои всех ПП обладали примерно равным запасом стволовой древесины – 304–320 м³/га. Все древостои характеризовались хорошим санитарным состоянием и имели значительную долю тонкомерных деревьев (рис. 1).

Особо следует отметить, что древостой на ПП 3 был производным и сформировался в условиях сосняка мшисто-ягодникового после пожара. На момент проведения рубки, т. е. в 85-летнем возрасте, в нем имелось, как и в хвойных насаждениях, довольно много тонкомерных деревьев, которые впоследствии не были назначены в рубку и удалены (рис. 2).

Таблица 1
Table 1Таксационная характеристика древостоев пробных площадей
Taxation characteristics of forest stands of sample plots

№ ПП № PP	Порода Wood species	Возраст, лет Age, years	Ср. H, м Av. H, m	Ср. D, см Av. D, cm	Густота, шт./га Density, pcs./ha	Полнота Completeness		Класс бонитета Bonus class	Запас по породам, м ³ /га Stock by wood species, m ³ /ha
						абсолют- ная, м ² /га absolute, m ² /ha	относи- тельная relative		
Тип леса: СЗМТР Type of forest: mossy and grassy pine forests									
1	3С 3Р	130	26	28	54	26,6	0,6	II	83
	3П 3F	130	22	24	225				83
	1Е 1S	90	20	20	120				36
	3Б 3В	70	25	28	107				82
	+К +С	130	24	44	13				17
	+Л +L	130	20	16	13				3
Итого Total					532				304
Тип леса: СБР Type of forest: cowberry pine forest									
2	4С 4Р	90	24	36		29,2	0,7	II	127
	2Е 2S	90	22	24					55
	1К 1С	90	23	36					42
	1Л 1L	90	26	40					33
	2Б 2В	90	23	20					57
	+П +F	90	18	18					6
Итого Total									320
Тип леса: СЗМЯГ Type of forest: mossy and berry pine									
3	6Ос 6As	85	25	28		27,5	0,7	II	177
	4Б4В	85	24	20					135
	+Е +S	85	16	16					4
Итого Total									316

Примечание. С – сосна, П – пихта, Е – ель, Б – береза, К – кедр, О – осина, Л – лиственница.
Note. P – pine, F – fir, S – spruce, B – birch, C – cedar, A – aspen, L – larch.

Как было отмечено ранее, насаждения ПП были отведены под сплошнолесосечную рубку. В процессе проведения лесосечных работ использовалась сортиментная технология с валкой деревьев харвестером и трелевкой сортиментов форвардером. Распределение лесосеки по техническим элементам приведено в табл. 2.

В процессе проведения лесосечных работ порубочные остатки укладывались на трелевочные волокна (рис. 3).

При этом уже сразу после рубки часть оставленных на доращивание тонкомерных деревьев была наклонена и даже повалена ветром (рис. 4).

В то же время оставление тонкомерных деревьев на вырубке в виде биогрупп увеличивает их устойчивость против ветра.

Выполненные нами исследования показали, что до проведения рубок спелых и перестойных насаждений на анализируемых лесосеках имели место экземпляры подроста пихты, ели, кедра

(сосны сибирской), осины всех категорий крупности и жизнеспособности. Данные о количестве жизнеспособного подростка на лентах в пересчете на крупный приведены в табл. 3.



Рис. 1. Состояние насаждения до рубки спелых и перестойных насаждений (ПП 1)
Fig. 1. The state of the plantation before cutting mature and overgrown plantations (SP 1)



Рис. 2. Состояние насаждения до рубки спелых и перестойных насаждений (ПП 3)
Fig. 2. The state of the plantation before cutting mature and overgrown plantations (SP 3)

Таблица 2

Table 2

Применяемая технология и распределение площади элементов лесосеки
The applied technology and the distribution of the area of the cutting area elements

№ ПП № PP	Общая площадь лесосеки, га Total area of the cutting area, ha	Площадь, га/% Area, ha/%		
		Пасеки, га Apiaries, ha	Погрузочные площадки, га Loading areas, ha	Трелевочные волоки, га Skidding tracks, ha
1	9,1	$\frac{6,07}{67}$	$\frac{0,3}{3}$	$\frac{2,73}{30}$
2	15,6	$\frac{10,14}{65}$	$\frac{0,78}{5}$	$\frac{4,68}{30}$
3	24,6	$\frac{15,99}{65}$	$\frac{1,23}{5}$	$\frac{7,38}{30}$



Рис. 3. Состояние лесосеки, пройденной рубкой спелых и перестойных насаждений (ПП 2)

Fig. 3. The state of the cutting area completed by cutting mature and overgrown plantations (PP 2)

Рис. 4. Состояние лесосеки, пройденной рубкой спелых и перестойных насаждений (ПП 3)

Fig. 4. The state of the cutting area completed by cutting mature and overgrown plantations (PP 3)

Таблица 3
Table 3

Количество жизнеспособного подроста на лентах пробных площадей, шт./га
The number of viable undergrowth on the tapes of the sample plots, pcs/ha

Местоположение Location	Порода Breed	Количество подроста Number of undergrowth			
		Мелкий Small	Средний Average	Крупный Large	Итого Total
Пробная площадь № 1 Trial area № 1					
Волок Skidding track	Пихта Spruce	438	688	437	1563
	Кедр Cedar	63	0	0	63
	Ель Spruce	125	375	313	813
	Липа Linden	0	0	250	250
	Итого Total	626	1063	1000	2689
Около волока Near the skidding track	Пихта Spruce	875	313	625	1813
	Ель Spruce	813	375	312	1500
	Итого Total	1688	688	937	3313
Середина пасеки Middle swathe	Пихта Fir	375	750	750	1875
	Ель Spruce	250	0	1125	1375
	Итого Total	625	750	1875	3250

Окончание табл. 3
The end of the table 3

Местоположение Location	Порода Breed	Количество подроста Number of undergrowth			
		Мелкий Small	Средний Average	Крупный Large	Итого Total
Пробная площадь № 2 Trial area № 2					
Волок Skidding track	Сосна Pine	63	0	0	63
	Пихта Spruce	688	250	813	1751
	Ель Spruce	125	188	500	813
	Лиственница Larch	0	0	63	63
	Кедр Cedar	0	188	0	188
	Итого Total	876	626	1376	2878
Около волока Near the skidding track	Сосна Pine	188	0	0	188
	Пихта Spruce	313	1000	500	1813
	Кедр Cedar	125	313	0	438
	Ель Spruce	125	250	0	375
	Береза Birch	63	438	0	501
	Итого Total	814	2001	500	3315
Середина пасеки Middle swathe	Сосна Pine	375	0	0	375
	Пихта Spruce	125	1000	1125	2250
	Кедр Cedar	500	375	0	875
	Ель Fir	0	0	500	500
	Итого Total	1000	1375	1625	4000
Пробная площадь № 3 Trial area № 3					
Волок skidding track	Осина Aspen	125	0	0	125
	Пихта Spruce	0	0	63	63
	Кедр Cedar	125	313	312	750
	Ель Fir	0	0	250	250
	Липа Linden	1500	313	0	1813
	Сосна Pine	0	375	0	375
	Итого Total	1750	1001	625	3376
Около волока Near the skidding track	Пихта Spruce	0	0	63	63
	Кедр Cedar	125	438	375	938
	Ель Fir	0	0	250	250
	Липа Linden	625	1063	250	1938
	Осина Aspen	0	500	0	500
	Итого Total	750	2001	938	3689
Середина пасеки Middle swathe	Береза Birch	125	0	0	125
	Кедр Cedar	250	250	0	500
	Липа Linden	250	875	750	1875
	Итого Total	625	1125	750	2500

Материалы табл. 3 свидетельствуют, что общее количество жизнеспособного подроста на ПП 1 составляет 3,1 тыс. шт./га, на ПП 2 – 3,1 тыс. шт./га и на ПП 3 – 2,4 тыс. шт./га. При этом на ПП 1 и 2 в составе подроста доминирует пихта, а на ПП 3 – липа мелколистная.

Более наглядную картину о количестве жизнеспособного подроста в пересчете на крупный позволяют получить материалы табл. 4.

Таблица 4
Table 4

Состав и встречаемость подроста на ПП в пересчете на крупный
Composition and occurrence of undergrowth in SP in terms of the large undergrowth

№ ПП № SP	Состав Composition	Густота, шт./га Density, pcs./ha	Встречаемость, % Occurrence, %
1	5,6 П 5,6 F	1315	58
	3,9 Е 3,9 S	928	44
	0,4 ЛП 0,4 Lin	100	2
	0,1 К 0,1 С	12	2
Итого Total	6П4Е+ЛП+К 6F4Е+ Lin +С	2355	–
2	5,9 П 5,9 F	1523	64
	1,9 Е 1,9 S	490	34
	1,2 К 1,2 С	295	16
	0,6 Б 0,6 В	152	10
	0,3 С 0,3 Р	88	10
	0,1 Л 0,1 L	25	2
Итого Total	6П2Е1К1Б+С+Л 6F2S1С1В+P+L	2573	–
3	5,2 ЛП 5,2 Lin	1280	44
	0,7 ОС 0,7 As	185	8
	2,5 К 2,5 С	630	36
	0,8 Е 0,8 S	200	8
	0,5 С 0,5 Р	120	4
	0,2 П 0,2 F	50	4
	0,1 Б 0,1 В	13	2
Итого Total	5ЛП1ОС2К1Е1С+П+Б 5Lin1As2С1S1P+F+В	2478	–

Примечание. С – сосна, П – пихта, Е – ель, Б – береза, К – кедр, О – осина, Л – лиственница.
Note. P – pine, F – fir, S – spruce, B – birch, C – cedar, A – aspen, L – larch.

Количество жизнеспособного подроста после проведения лесосечных работ меняется на всех лентах ПП (табл. 5).

В соответствии с материалами табл. 5 можно констатировать, что на трелевочных волоках под-

рост практически не сохраняется. Максимальное количество подроста сохраняется на середине па-секи при наибольшем расстоянии от трелевочно-го волока. Данные о количестве жизнеспособного подроста после рубки приведены в табл. 6.

Таблица 5
Table 5

Распределение жизнеспособного подроста по категориям крупности
после проведения рубок спелых и перестойных насаждений
Distribution of viable undergrowth by size categories after cutting
of mature and overgrown plantations

Местоположение Location	Порода Wood species	Количество подроста Number of undergrowth			
		Мелкий Small	Средний Average	Крупный Large	Итого Total
Пробная площадь № 1 Trial area № 1					
Около волока Near portage	Пихта Fir	688	250	62	1000
	Ель Spruce	563	250	625	1438
	Липа Linden	0	125	0	125
	Итого Total	1251	625	687	2563
Середина пасеки Middle swathe	Пихты Fir	625	625	625	1785
	Ель Spruce	250	375	625	1250
	Итого Total	875	1000	1250	3125
Пробная площадь № 2 Trial area № 2					
Волок Portage	0	0	0	0	0
Около волока Near portage	Пихта Fir	875	688	1375	2938
	Ель Spruce	188	63	0	251
	Кедр Cedar	0	125	0	125
	Итого Total	1063	876	1375	3314
Середина пасеки Middle swathe	Сосна Pine	0	0	500	500
	Пихта Fir	500	250	1000	1750
	Ель Spruce	250	750	0	1000
	Кедр Cedar	250	0	0	250
	Береза Birch	0	125	0	125
	Итого Total	1000	1125	1500	3625
Пробная площадь № 3 Trial area № 3					
Волок Portage	0	0	0	0	0
Около волока Near portage	Осина Aspen	125	125	63	313
	Кедр Cedar	0	250	0	250
	Ель Spruce	0	0	250	250
	Липа Linden	625	500	438	1563
	Итого Total	750	875	751	2376
Середина пасеки Middle swathe	Кедр Cedar	0	250	0	250
	Ель Spruce	0	125	0	125
	Липа Linden	250	750	250	1250
	Итого Total	250	1125	250	1625

Примечание. С – сосна, П – пихта, Е – ель, Б – береза, К – кедр, О – осина, Л – лиственница.
Note. P – pine, F – fir, S – spruce, B – birch, C – cedar, A – aspen, L – larch.

Таблица 6
Table 6

Характеристика жизнеспособного подроста после рубки спелых
и перестойных насаждений в пересчете на крупный
Characteristics of viable undergrowth after cutting of mature
and overgrown plantations in terms of large

№ ПП № PP	Состав Composition	Густота, шт./га Density, pcs./ha	Встречаемость, % Occurrence, %
1	5,3 Е 5,3 S	653	38
	4,4 П 4,4 F	530	34
	0,3 ЛП 0,3 Lin	40	2
Итого Total	5Е5П+ЛП 5S5F+Lin	1223	–
2	7,1 П 7,1 F	960	34
	1,5 Е 1,5 S	203	12
	0,7 С 0,7 Р	100	2
	0,5 К 0,5 С	65	6
	0,2 Б 0,2 В	20	2
Итого Total	7П1Е1С1К+Б 7F1S1P1C+В	1348	–
3	6,7 ЛП 6,7 Lin	655	28
	0,9 ОС 0,9 As	90	8
	1,2 Е 1,2 S	120	8
	1,2 К 1,2 С	120	10
Итого Total	7ЛП1ОС1Е1К 7Lin1As1S1C	985	–

Примечание. С – сосна, П – пихта, Е – ель, Б – береза, К – кедр, О – осина, Л – лиственница.
Note. P – pine, F – fir, S – spruce, B – birch, C – cedar, A – aspen, L – larch.

Материалы табл. 6 свидетельствуют, что сохранность подроста на ПП варьируется от 39,7 до 52,4 %. Другими словами, сохранность подроста при заготовке древесины по сортиментной технологии оказалась ниже, чем этого требуют действующие нормативные документы (Об утверждении..., 2020). Однако, если учесть, что на ПП 1 сохранилось 1183 шт./га, а на ПП 2 – 1328 шт./га жизнеспособного хвойного подроста в пересчете на крупный, то можно на указанных пробных площадях рекомендовать комбинированный способ лесовосстановления. При этом посадку семян целесообразно производить рядами с трелевочными волоками, где количество сохраненного подроста значительно меньше.

Выводы

1. Общей тенденцией при заготовке древесины является замена традиционной технологии лесосечных работ на сортиментную.
2. Количество жизнеспособного подроста под пологом спелых и перестойных хвойных насаждений варьируется в пересчете на крупный от 2,4 до 2,6 тыс. шт./га, при этом количество хвойного подроста составляет 2255 и 2396 шт./га.
3. Несмотря на смешанный состав материнского древостоя и долю пихты не более трех единиц, доля данной породы в составе подроста составляет 5,6 и 5,9 единиц формулы состава.
4. Под пологом 85-летнего осинника в составе подроста доминирует липа – 1280 шт./га при

густоте хвойного подроста 1000 шт./га в пересчете на крупный.

5. Проведение сплошнолесосечных рубок в спелых и перестойных хвойных и мягколиственных насаждениях показало, что при сортиментной технологии лесосечных работ на трелевочные волокна приходится 30 % площади лесосеки. Кроме того, от 3 до 5 % занимают погрузочные площадки.

6. Подрост на трелевочных волокнах в процессе проведения лесосечных работ уничтожается полностью.

7. Густота подроста в пересчете на крупный в хвойных насаждениях после рубки составила 1223 и 1348 шт./га, при этом количество хвойного подроста – 1183 и 1328 шт./га, что позволяет рекомендовать после рубки комбинированный способ лесовосстановления.

8. При сортиментной технологии лесосечных работ в мягколиственных насаждениях сохранность подроста составляет 39,7 %, при этом на долю подроста хвойных пород приходится лишь 24,4 % (240 шт./га), что вызывает необходимость искусственного лесовосстановления.

Список источников

- Бачурина А. В., Залесов С. В., Зубова С. В.* Лесоводственная оценка различных технологий заготовки древесины в условиях ГКУ СО «Красноуфимское лесничество» Свердловской области // Вестник Бурятской сельскохозяйственной академии В. Р. Филиппова. 2021. № 2 (63). С. 63–69. DOI: 10.34655/bgsha.2021.63.2.009
- Восстановление еловых лесов: теория, отечественный опыт и методы решения / *Н. Н. Теринов, Е. М. Андреева, С. В. Залесов* [и др.] // ИВУЗ. Лесной журнал. 2020. № 3 (375). С. 9–23.
- Герц Э. Ф., Залесов С. В.* Повышение лесоводственной эффективности несплошных рубок путем оптимизации валки назначенных в рубку деревьев // Лесное хозяйство. 2003. № 5. С. 18–20.
- Данчева А. В., Залесов С. В., Попов А. С.* Лесной экологический мониторинг. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. 146 с.
- Залесов С. В.* Лесоводство. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 295 с.
- Залесов С. В., Платонов Е. П., Лопатин К. И.* Естественное лесовосстановление на вырубках Тюменского Севера // ИВУЗ. Лесной журнал. 1996. № 4–5. С. 51–58.
- Казанцев С. Г., Залесов С. В., Залесов А. С.* Оптимизация лесопользования в производных березняках Среднего Урала. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. 156 с.
- Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П.* Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1973. 178 с.
- Луганский Н. А., Залесов С. В.* Лесоведение и лесоводство. Термины, понятия, определения. Екатеринбург : УГЛТА, 1997. 101 с.
- Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации : утв. приказом Минприроды России от 18.08.2014 № 367. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74983487/> (дата обращения: 02.11.2025).
- Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, указанных в ст. 23 Лесного кодекса Российской Федерации : утв. приказом Минприроды России от 01.12.2020 г. № 993. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573123735> (дата обращения: 02.11.2025).
- Обеспеченность подростом спелых и перестойных темнохвойных насаждений Пермского края / *Е. А. Ведерников, С. В. Залесов, Е. С. Залесова* [и др.] // Лесной журнал. 2019. № 3. С. 32–42. DOI: 1017238/issn 0536-1036.2019.3.32
- Обеспеченность спелых и перестойных светлохвойных насаждений Западно-Уральского таежного лесного района подростом предварительной генерации / *Е. С. Залесова, С. В. Залесов, Г. Г. Терехов* [и др.] // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 39–44.

- Оплетаев А. С., Залесов С. В. Переформирование производных мягколиственных насаждений в лиственничники на Южном Урале. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 178 с.
- Основы фитомониторинга / С. В. Залесов, Е. А. Зотеева, А. Г. Магасумова, Н. П. Швалева. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. 76 с.
- ОСТ 56-69–83. Площади пробные лесоустroительные. Методы закладки. М., 1983. 60 с.
- Последствия применения сортиментной технологии при рубках спелых и перестойных насаждений / С. В. Залесов, А. Г. Магасумова, Ф. Т. Темербулатов [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2013. № 3 (109). С. 44–46.
- Рекомендации по сортиментной заготовке древесины многооперационными машинами на территории Свердловской области. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 67 с.
- Сортиментная заготовка древесины / В. А. Азаренок, Э. Ф. Герц, С. В. Залесов, А. В. Мехренцев. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 140 с.
- Справочник сортиментных технологий заготовки древесины на базе многооперационных машин на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. 88 с.
- Черноольховые леса Волго-Донского бассейна и ведение хозяйства в них / С. В. Залесов, В. П. Воронников, В. В. Катунцова [и др.]. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008. 213 с.

References

- Bachurina A. V., Zalesov S. V., Zubova S. V. Forestry assessment of various wood harvesting technologies in the conditions of the Krasnoufimskoe Forestry State Institution of the Sverdlovsk region // Bulletin of the Buryat Agricultural Academy by V. R. Filippov. 2021. № 2 (63). P. 63–69. DOI: 10.34655/bgsha.2021.63.2.009 (In Russ.)
- Black walnut forests of the Volga-Don basin and their management / S. V. Zalesov, V. P. Vorotnikov, V. V. Katunova [et al.]. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2008. 213 p.
- Consequences of the use of sorting technology in logging of mature and overgrown plantations / S. V. Zalesov, A. G. Magasumova, F. T. Temerbulatov [et al.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 3 (109). P. 44–46. (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Popov A. S. Forest ecological monitoring. Yekaterinburg : USFEU, 2023. 146 p.
- Forest availability of ripe and over-ripe dark coniferous plantations in the Perm region / E. A. Vedernikov, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova [et al.] // Forest Journal. 2019. № 3. P. 32–42. DOI: 1017238/issn 0536-1036.2019.3.32 (In Russ.)
- Fundamentals of phytomonitoring / S. V. Zalesov, E. A. Zoteeva, A. G. Magasumova, N. P. Shvaleva. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2007. 76 p.
- Handbook of sorting technologies for harvesting wood based on multi-operational machines in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2009. 88 p.
- Hertz E. F., Zalesov S. V. Improving the forestry efficiency of non-large-scale logging by optimizing the felling of trees assigned to logging // Forestry. 2003. № 5. P. 18–20. (In Russ.)
- Kazantsev S. G., Zalesov S. V., Zalesov A. S. Optimization of forest use in derived birch forests of the Middle Urals. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2006. 156 p.
- Kolesnikov B. P., Zubareva R. S., Smolonogov E. P. Forest conditions and types of forests in the Sverdlovsk region. Sverdlovsk : UNC of the USSR Academy of Sciences, 1973. 178 p.
- Lugansky N. A., Zalesov S. V. Forest science and forestry. Terms, concepts, definitions. Yekaterinburg : USFEA Publ., 1997. 101 p.

- On approval of the List of Forest-growing Zones of the Russian Federation and the List of Forest Regions of the Russian Federation : Approved by the Government of the Russian Federation. By Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 18.08.2014, № 367. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74983487/> (accessed 02.11.2025).
- On approval of the Rules for Harvesting wood and the Specifics of Harvesting Wood in Forestry, specified in art. 23 of the Forest Code of the Russian Federation: Approved by By Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated December 01, 2020, № 993. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573123735> (accessed 02.11.2025).
- Opletaev A. S., Zalesov S. V.* Reformulation of softwood derivatives in larch forests in the Southern Urals. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2014. 178 p.
- OST 56-69-83. Trial forest management areas. Masonry methods. Moscow, 1983. 60 p.
- Provision of ripe and over-ripe light coniferous plantations of the West Ural taiga forest region with a teenager of preliminary generation / *E. S. Zalesova, S. V. Zalesov, G. G. Terekhov* [et al.] // Successes of modern natural science. 2019. № 1. P. 39–44. (In Russ.)
- Recommendations on the sorting of wood by multi-operational machines in the Sverdlovsk region. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2010. 67 p.
- Restoration of spruce forests: theory, domestic experience and solution methods // *N. N. Terinov, E. M. Andreeva, S. V. Zalesov* [et al.] // NHEI. Forest journal. 2020. № 3 (375). P. 9–23. (In Russ.)
- Wood sorting / *V. A. Azarenok, E. F. Hertz, S. V. Zalesov, A. V. Mehrentsev*. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2015. 140 p.
- Zalesov S. V.* Forestry. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2020. 295 p.
- Zalesov S. V., Platonov E. P., Lopatin K. I.* Natural reforestation in the cuttings of the Tyumen North // NHEI. Forest Journal. 1996. № 4–5. P. 51–58. (In Russ.)

Информация об авторах

- A. С. Новожилов – аспирант;*
Ю. В. Беспалов – аспирант;
О. А. Игнатовский – аспирант;
С. В. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

- A. S. Novozhilov – graduate student;*
Yu. V. Bepalov – graduate student;
O. A. Ignatovsky – graduate student;
S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Статья поступила в редакцию 12.11.2025; принята к публикации 15.12.2025.
The article was submitted 12.11.2025; accepted for publication 15.12.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 29–39.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 29–39.

Научная статья

УДК: 630.232:630.587:528.88

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.003

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА В УСЛОВИЯХ АЛТАЕ-НОВОСИБИРСКОГО РАЙОНА ЛЕСОСТЕПЕЙ И ЛЕНТОЧНЫХ БОРОВ

Алексей Евгеньевич Осипенко¹, Регина Александровна Осипенко²,
Артем Игоревич Чермных³, Семен Александрович Медведев⁴

¹⁻⁴ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ osipenkoae@m.usfeu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6148-1747>

² osipenkora@m.usfeu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3359-3079>

³ chermnyhai@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5573-0092>

⁴ medvedevsa@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4211-605X>

Аннотация. Проведено сравнение таксационных характеристик культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), определенных методами наземного обследования и аэрофотосъемки с использованием беспилотного летательного аппарата в условиях юго-западной части ленточных боров Алтайского края. Исследование выполнено на семи участках лесных культур, созданных на крупноплощадных гарях, со средним биологическим возрастом культивируемых растений от 3 до 11 лет. На пробных площадях фиксировались возраст, густота, высота растений и диаметр их крон. Аэрофотосъемка выполнялась БПЛА DJI Phantom 4 Pro+ на высотах 50 и 85 м при пространственном разрешении 1,36–2,32 см/пикс. На ортофотопланах идентифицировались культивируемые растения с определением площади проекций их крон и эквивалентного диаметра. Метод аэрофотосъемки выявил в среднем на 18,7 % меньше растений. Не удалось зафиксировать преимущественно мелкие растения 2–3-летнего возраста, высаженные при дополнениях лесных культур. Средние диаметры крон по данным аэрофотосъемки в четырех из семи случаев были статистически значимо выше по сравнению с результатами наземных измерений (на 4,9–18,1 см), особенно велики различия оказались в культурах третьего года роста. Для культур пятого и десятого года роста различия не превышали 2,6–8,2 см и значимых различий между методами измерений в большинстве случаев выявлено не было. Сделан вывод о возможности применения апробированной методики при инвентаризации лесных культур пятого года роста и при отнесении несомкнувшихся лесных культур к землям, на которых расположены леса. Рекомендовано снизить высоту полета до 30–40 м при обследовании культур первого и третьего года роста, проводить съемку в период отсутствия зеленой травянистой растительности при солнечной погоде. Предложено увеличить густоту посадки лесных культур на крупноплощадных гарях района исследований до 5–6 тыс. шт./га.

Ключевые слова: лесные культуры, сосна обыкновенная, беспилотный летательный аппарат, ортофотоплан, крона, высота, густота

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-76-00009, <https://rscf.ru/project/24-76-00009/>

Для цитирования: Инвентаризация лесных культур с применением БПЛА в условиях Алтай-Новосибирского района лесостепей и ленточных боров / А. Е. Осипенко, Р. А. Осипенко, А. И. Чермных, С. А. Медведев // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 29–39.

Original article

FOREST CROPS INVENTORY USING UAV IN THE ALTAI-NOVOSIBIRSK REGION OF THE FOREST STEPPES AND RIBBON FORESTS

Alexey E. Osipenko¹, Regina A. Osipenko², Artyom I. Chermnykh³,
Semyon A. Medvedev⁴

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

¹ osipenkoae@m.usfeu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6148-1747>

² osipenkora@m.usfeu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3359-3079>

³ chermnyhai@m.usfeu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5573-0092>

⁴ medvedevsa@m.usfeu.ru; <https://orcid.org/0009-0004-4211-605X>

Abstract. A comparison of the taxation characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest crops, obtained by ground survey and aerial photography using an unmanned aerial vehicle (UAV) in the southwestern part of the ribbon forests of the Altai Krai was conducted. The research was conducted on seven forest crops plots established on large-scale burnt forest plots with an average biological age of the cultivated plants from 3 to 11 years. On the sample plots, age, density, tree height, and crown diameter were recorded. Aerial photography was performed by DJI Phantom 4 Pro+ UAV at altitudes of 50 and 85 m with a spatial resolution of 1,36–2,32 cm/pixel. Cultivated plants were identified on image maps determining the projected area of their crowns and their equivalent diameter. The aerial photography method detected, on average, 18,7 % fewer plants. Predominantly small 2–3-year-old plants planted during supplements to forest crops could not be reliably recorded. The average crown diameters derived from the aerial data were statistically higher in 4 of the 7 cases, by 4,9–18,1 cm, compared with ground measurements, with the largest discrepancies observed in third-year forest crops. For fifth- and tenth-year growth forest crops, differences did not exceed 2,6–8,2 cm, and significant differences between measurement methods were not detected in most cases. The research concluded that the tested methodology could be applied for inventory of fifth-year growth forest crops and for classifying non-closed forest crops as lands bearing forests. It is recommended to reduce flight altitude to 30–40 m when surveying first- and third-year growth forest crops and to conduct imaging in periods without green herbaceous vegetation. It was proposed to increase the planting density of forest crops on large-scale burnt forest plots in the research area to 5,000–6,000 trees per hectare.

Keywords: forest crops, Scots pine, unmanned aerial vehicle, orthophotomap, crown, height, density

Funding: the research was supported by the Russian Science Foundation grant № 24-76-00009, <https://rscf.ru/project/24-76-00009/>

For citation: Forest crops inventory using UAV in the Altai-Novosibirsk region of the forest steppes and ribbon forests / A. E. Osipenko, R. A. Osipenko, A. I. Chermnykh, S. A. Medvedev // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 29–39.

Введение

В последние годы беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно внедряются в практику лесного хозяйства России и зарубежных стран, становясь важным инструментом мониторинга состояния лесов (UAV-Based..., 2019; Филатов и др., 2022; Potential of..., 2024). Их применение существенно повышает оперативность получения и точность информации о различных лесных участках, а также сокращает трудозатраты при выполнении полевых работ (Опыт применения..., 2020; Перевод лесных культур..., 2022).

Исследования показывают, что БПЛА успешно применяются для оценки процесса формирования молодняков на вырубках и гарях (Ольхин и др., 2023; Оценка..., 2022; Денисов и др., 2016), для инвентаризации и оценки опытных лесных культур (Опыт применения..., 2020), а также для анализа структуры и состояния подроста и молодняков (Филатов и др., 2022). Использование беспилотных систем позволяет проводить пространственный анализ и строить цифровые модели насаждений и крон отдельных деревьев для получения данных о видовом составе, высоте, полноте, густоте, площади крон и других таксационных показателях (Determining tree..., 2016; Опыт применения..., 2017; Демидов, 2021; Использование..., 2025; Применение..., 2023).

В зарубежных работах исследования направлены на повышение точности построения фотограмметрических моделей для определения высоты деревьев и структуры древостоев (Automated inventory..., 2022; UAV Photogrammetry..., 2023; Potential..., 2024). Кроме того, БПЛА применяются для оценки состояния плантаций (Corbin, Bataineh, 2024; UAV-enabled..., 2025), автоматического распознавания отдельных деревьев (Tree recognition..., 2021), а также для мониторинга санитарного состояния насаждений (Иванчина и др., 2018; The use of..., 2025). Особое значение при дистанционной оценке имеет измерение параметров крон деревьев (диаметр, форма, высота, площадь проекции), так как они тесно связаны с таксационными показателями и физиологическим состоянием растений (Фомин и др., 2015; Determining tree..., 2016; UAV-Based..., 2019; Unmanned aerial..., 2021).

Анализ современных исследований показывает, что применение БПЛА для инвентаризации и оценки лесных культур является одним из наиболее динамично развивающихся направлений лесной науки. Вместе с тем число работ, в которых результаты аэрофотосъемки непосредственно сопоставляются с данными наземных измерений, остается ограниченным, а исследования, выполненные в условиях Алтай-Новосибирского района лесостепей и ленточных боров, отсутствуют.

Цель, методика и объекты исследования

Цель исследования – сравнение таксационных характеристик лесных культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), определенных по данным наземного обследования и аэрофотосъемки с использованием БПЛА в условиях Алтай-Новосибирского района лесостепей и ленточных боров.

Обследование лесных культур проведено в июле 2024 г. на территории Ракитовского лесничества Алтайского края. Объектом исследования являлись культуры сосны обыкновенной 1–9-го года роста, созданные на крупноплощадных гарях в условиях типа леса сухой бор пологих всхолмлений. Для лесовосстановления использовались семена с открытой (участки 1–3) и закрытой коновыми системами (участки 4–7). Возраст посадочного материала составлял 1 год – для ПП 5 и 6 и 2 года для остальных участков. Посадка осуществлялась в дно борозд с использованием меча Колесова и лесопосадочной трубы Pottiputki. Густота посадки составляла от 2,4 на ПП 5 до 6,0 тыс. шт./га на ПП 1.

Для проведения измерений на территории опытных участков закладывались пробные площади (ПП) прямоугольной формы площадью не менее 0,25 га. Контуры ПП обозначались кольями и сигнальными метками из цветной ткани, что обеспечивало их точную идентификацию на местности и на ортофотопланах.

На каждой ПП выполнялся сплошной учет живых экземпляров сосны с разделением по происхождению (искусственное, естественное). Для характеристики таксационных показателей проводились измерения высоты деревьев, диаметров

крон (поперек и вдоль рядов культур) и ширины междурядий. Для каждого показателя выполнялось не менее 30 измерений. Все измерения осуществлялись измерительной рулеткой с точностью до 1 см.

Аэрофотосъемка опытных участков выполнялась с использованием БПЛА DJI Phantom 4 Pro+, управляемого через приложение PIX4Dcapture Pro. Съемка проводилась на высотах 50 и 85 м со средней скоростью полета 3,8 и 4,6 м/с соответственно. Применялась камера DJI FC6310 с фокусным расстоянием 9 см. Параметры съемки: продольное и поперечное перекрытие – 80 %, угол наклона камеры 90°. Снимки сохранялись в формате JPEG с разрешением 5472×3648 пикселей. Пространственное разрешение (GSD) составляло 1,36 и 2,32 см/пикс.

Создание ортофотопланов осуществлялось в программе Agisoft PhotoScan Professional 1.4.3.6488 путем объединения снимков, полученных с двух высот. Идентификация деревьев и выделение контуров крон проводились по результатам дешифрирования ортофотопланов.

Средний диаметр кроны по данным БПЛА определялся в программе ArcGIS Pro 3.5.3 на основании расчета площади проекции кроны. После выделения контура (периметра) кроны вычислялись площадь и длина периметра, а затем в программе MS Excel определялся эквивалентный диаметр по площади d_A по формуле

$$d_A = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}},$$

где S – площадь проекции кроны;

π – математическая константа.

Статистическая обработка результатов выполнялась в программе IBM SPSS Statistics 27. Проверка нормальности распределения данных о среднем диаметре крон проводилась с использованием критериев Колмогорова – Смирнова (с коррекцией значимости по Лильефорсу) и Шапиро – Уилка.

Для сравнения средних значений парных наборов данных, полученных методами наземных измерений и с применением БПЛА, использовались следующие критерии: t -критерий Стьюдента – при нормальном распределении данных в обеих

выборках; U -критерий Манна – Уитни – при отклонении хотя бы одной выборки от нормальности. Однородность дисперсий проверялась тестом Левене.

Результаты и их обсуждение

Результаты наземного обследования лесных культур и дешифрирования ортофотопланов приведены в табл. 1. Пример ортофотоплана с обведенными границами пробной площади (желтый цвет) и контурами проекций крон культивируемых растений (красный цвет) представлен на рис. 1.

В соответствии с действующими правилами лесовосстановления (Приказ Минприроды России от 29.12.2021 г. № 1024) в Алтае-Новосибирском районе лесостепей и ленточных боров в условиях лишайниковой группы типов леса, к которой относится исследуемый тип леса, к сосновым молоднякам, площади которых подлежат отнесению к землям, на которых расположены леса, предъявляются следующие требования: средний возраст (давность посадки) – не менее 6 лет; густота – не менее 2,5 тыс. шт./га; средняя высота – не менее 0,9 м.

Указанным требованиям соответствуют только лесные культуры на ПП 1, где давность посадки составляла 10 лет. На ПП 2–4 обследовались культуры пятого года роста, а на ПП 5–6 – третьего года роста. Однако в связи с неоднократным дополнением исследуемых лесных культур более молодыми растениями средний биологический возраст растений на всех ПП, кроме 5 и 6, оказался на 1–2 года ниже ожидаемого. При этом установлено, что густота лесных культур на участках 2–7 не соответствует требованиям правил лесовосстановления, что указывает на необходимость очередного приема дополнения культур.

Согласно результатам аэрофотосъемки, на всех пробных площадях количество выявленных культивируемых растений оказалось в среднем на 18,7 % меньше по сравнению с данными наземного обследования. На ортофотоплане не были отражены преимущественно мелкие растения 2–3-летнего возраста, высаженные при дополнениях лесных культур.

Таблица 1
Table 1Средние таксационные показатели культур сосны обыкновенной
Average taxation indicators of Scots pine forest crops

№ ПП № SP	Возраст биологический, лет Biological age, years	Густота, тыс. шт./га Density, thousand trees/ha	Приживаемость (сохранность), % Survival rate, %	Высота, м Height, m	Диаметр кроны, см Crown diameter, cm	Проективное покрытие крон, % Crown cover, %
По данным наземного обследования From ground survey data						
1	11	4,7	78	1,97 ± 0,15	83,7 ± 7,0	26,34
2	6	2,3	53	0,57 ± 0,03	46,8 ± 2,5	4,00
3	5	1,1	37	0,29 ± 0,03	25,3 ± 2,4	1,56
4	5	1,7	52	0,36 ± 0,03	34,1 ± 2,9	0,57
5	4	1,7	71	0,17 ± 0,01	15,3 ± 0,9	0,32
6	4	1,4	47	0,18 ± 0,01	16,4 ± 1,1	0,29
7	3	0,3	9	0,13 ± 0,01	10,6 ± 1,2	0,02
По данным аэрофотосъемки From aerial survey data						
1	11	3,8	63	1,34 ± 0,02	76,4 ± 0,7	18,54
2	6	2,3	52	0,71 ± 0,01	49,4 ± 0,6	4,66
3	5	0,7	24	0,60 ± 0,03	43,4 ± 1,3	1,21
4	5	1,3	39	0,57 ± 0,02	42,3 ± 0,8	2,02
5	4	1,3	54	0,20 ± 0,01	20,5 ± 0,5	0,52
6	4	1,2	41	0,20 ± 0,01	21,3 ± 0,5	0,49
7	3	0,1	5	0,27 ± 0,02	25,9 ± 1,4	0,08

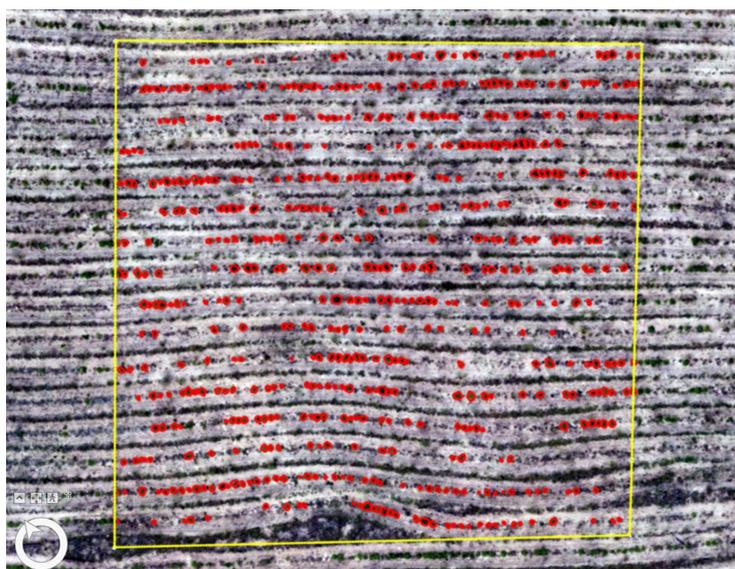


Рис. 1. Ортофотоплан участка лесных культур (ПП 2) с обозначением границ ПП и контуров проекций крон культивируемых растений
Fig. 1. Orthophotomap of the forest crops plot (Sample Plot 2) with its boundaries SP and the crown projection contours of the cultivated plants

Выявленные различия обусловлены совокупностью факторов. Во-первых, недостаточная детализация исходных снимков приводит к слиянию мелких семян с травянистой растительностью, что затрудняет их идентификацию. Во-вторых, при построении ортофотоплана часть информации теряется вследствие объединения снимков, при котором размер пикселя на местности увеличивается примерно на 5–15 %. В-третьих, близкое расположение некоторых деревьев приводит к наложению крон, что визуально формирует единую проекцию и снижает точность подсчета.

С целью оценки высоты культивируемых растений по данным ортофотоплана на основе результатов наземных измерений и их статистического обобщения была установлена зависимость между высотой деревьев и диаметром их крон (рис. 2).

В табл. 2 приведены результаты проверки нормальности распределения диаметров крон сосны обыкновенной, полученные на основе данных наземного обследования и аэрофотосъемки.

Анализ нормальности распределения диаметров крон показал, что в большинстве случаев нет оснований для отклонения нулевой гипотезы. В случае аэрофотосъемки отклонения могут быть

обусловлены потерей части растений при дешифрировании. На ПП 2 распределение, по данным аэрофотосъемки, несмотря на разнонаправленные результаты тестов, было признано нормальным. При больших выборках (>200) тест Колмогорова – Смирнова чрезмерно чувствителен, поэтому в подобных случаях целесообразно использовать тест Шапиро – Уилка.

Результаты проверки значимости различий средних значений диаметров крон сосны, полученных по данным наземного обследования и аэрофотосъемки, приведены в табл. 3.

Метод обследования статистически значительно повлиял на средние диаметры крон в четырех из семи случаев, при этом значения, полученные по данным аэрофотосъемки, были завышены. Существенные различия выявлены преимущественно для растений возрастом до 4 лет, тогда как результаты обмера более старших растений (5 лет и более) разными методами сопоставимы для большей части ПП. При значимых различиях аэрофотосъемка давала превышение средних диаметров на 4,9–18,1 см (30–144 %), максимум зафиксирован на ПП 7 (возраст растений – 3 года). При отсутствии статистически значимых различий разница составила 2,6–8,2 см (<25 %).

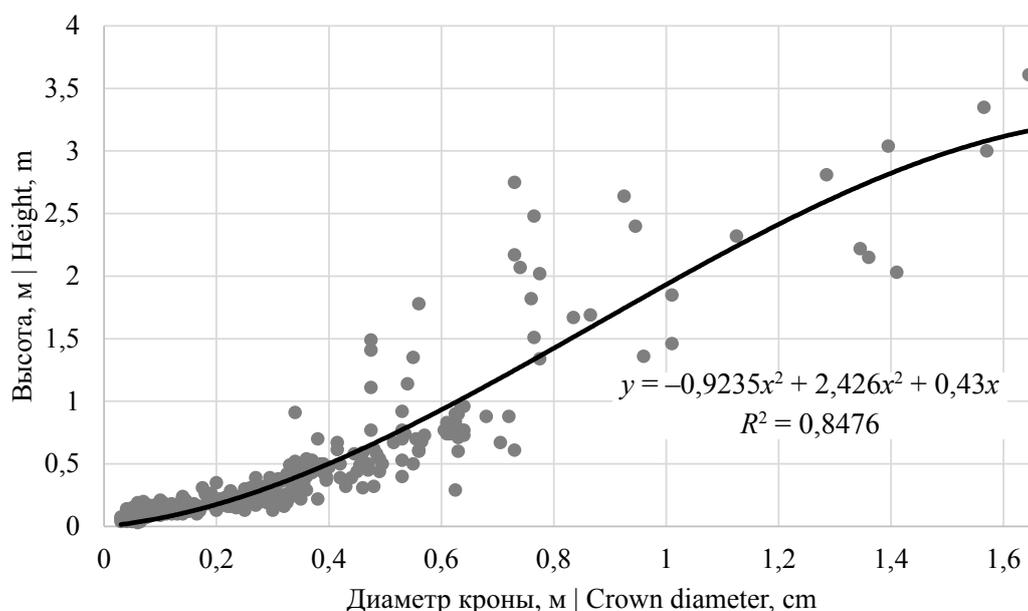


Рис. 2. Зависимость высоты деревьев сосны обыкновенной от диаметра кроны на участках лесных культур

Fig. 2. Dependence of Scots pine tree height on crown diameter in the forest crops plots

Таблица 2

Table 2

Проверка нормальности распределения диаметров крон сосны
Normality test for the distribution of Scots pine crown diameters

№ ПП № SP	Количество учтенных растений, шт. Number of recorded plants, pcs.	Критерий Колмогорова – Смирнова Kolmogorov–Smirnov test		Критерий Шапиро – Уилка Shapiro – Wilk test	
		<i>D</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>
По данным наземного обследования From ground survey data					
1	30	0,186	0,012	0,908	0,016
2	30	0,135	0,165	0,945	0,124
3	52	0,121	0,056	0,930	0,005
4	32	0,086	0,200*	0,966	0,389
5	94	0,230	< 0,001	0,842	< 0,001
6	64	0,214	< 0,001	0,897	< 0,001
7	30	0,241	< 0,001	0,834	< 0,001
По данным аэрофотосъемки From aerial survey data					
1	977	0,045	< 0,001	0,983	< 0,001
2	568	0,051	0,001	0,995	0,059
3	180	0,079	0,009	0,971	< 0,001
4	330	0,040	0,200*	0,994	0,256
5	338	0,140	< 0,001	0,924	< 0,001
6	315	0,120	< 0,001	0,931	< 0,001
7	35	0,097	0,200*	0,949	0,108

Примечание. 0,200* – нижняя граница истинного *p*-значения; жирным шрифтом выделены *p*-значения, при которых распределение признается нормальным.

Note. 0,200* – denotes lower bound of the true *p*-value; bold font indicates *p*-values at which the distribution is considered normal.

Таблица 3

Table 3

Проверка значимости различий средних значений диаметров крон сосны
по данным наземного обследования и аэрофотосъемки
Test of differences in the average crown diameter values of Scots pine according
to ground survey and aerial photography

№ ПП № SP	<i>U</i> -критерий Манна – Уитни Mann – Whitney <i>U</i> test		<i>t</i> -критерий <i>t</i> -test		Различие значимо Significant difference
	<i>Z</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	
1	0,300	< 0,764	–	–	Нет No
2	–	–	0,949	0,343	Нет No
3	–5,000	< 0,001	–	–	Да Yes
4	–	–	0,396	0,692	Нет No
5	–5,471	< 0,001	–	–	Да Yes
6	–4,566	< 0,001	–	–	Да Yes
7	–5,789	< 0,001	–	–	Да Yes

Выводы

1. Апробированная методика инвентаризации лесных культур с применением БПЛА показала высокую эффективность при обследовании культур со средним возрастом культивируемых растений 5 лет и старше, но не обеспечила достоверных результатов для более молодых растений.

2. Значительная часть сеянцев, высаженных при дополнении лесных культур на исследуемых участках, не была идентифицирована на ортофотопланах, что существенно снизило точность измерений с применением БПЛА.

3. Для повышения точности обследования культур 1-го и 3-го года роста рекомендуется снижать высоту полета БПЛА до 30–40 м и проводить

съемку в весенний или осенний периоды при солнечной погоде, что улучшит дешифрирование за счет отсутствия зеленой травянистой растительности и наличия теней.

4. На обследованных участках лесных культур густота посадки 2,4–4,4 тыс. шт./га не обеспечила количество растений, достаточное для отнесения несомкнувшихся культур к землям, на которых расположены леса. В связи с этим рекомендуется увеличить густоту посадки на крупноплощадных гарях района исследований до 5–6 тыс. шт./га.

5. Дальнейшие исследования могут быть направлены на испытание алгоритмов машинного обучения для автоматического распознавания мелких сеянцев на снимках сверхвысокого разрешения.

Список источников

- Демидов Д. Н. Исследование алгоритма оценки параметров предполетной ориентации средств управления беспилотного летательного аппарата при мониторинге молодых лесных насаждений // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11. № 4 (44). С. 100–111. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/9
- Денисов С. А., Домрачев А. А., Елсуков А. С. Опыт применения квадрокоптера для мониторинга возобновления леса // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. : Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 4 (32). С. 34–46. DOI: 10.15350/2306-2827.2016.4.34
- Иванчина Л. А., Залесов С. В., Калугина Д. В. Использование квадрокоптера для изучения устойчивости еловых древостоев в различных условиях местопроизрастания // Актуальные вопросы биогеографии : матер. Междунар. конф. СПб. : СПб. гос. ун-т, 2018. С. 158–160.
- Использование оптико-электронных материалов съемки с беспилотных летательных аппаратов для контроля качества несомкнувшихся лесных культур хвойных пород / С. С. Цай, М. А. Ильючик, И. В. Толкач, Е. А. Шульга // Труды БГТУ. Сер. 1 : Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2025. № 2 (294). С. 5–13. DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-1
- Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления : приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 декабря 2021 г. № 1024. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403417664/?ysclid=mivp35d1u818866750> (дата обращения: 10.10.2025).
- Ольхин Ю. В., Гаврилова О. И., Грязькин А. В. Использование беспилотного летательного аппарата для оценки процесса формирования молодняков на вырубках // Resources and Technology. 2023. Т. 20. № 3. С. 60–75. DOI: 10.15393/j2.art.2023.7163
- Опыт применения беспилотного летательного аппарата для инвентаризации и оценки опытных лесных культур Лисинской части учебно-опытного лесничества Ленинградской области / А. С. Алексеев, Ю. И. Данилов, А. А. Никифоров [и др.] // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2020. № 2. С. 46–58. DOI: 10.21178/2079-6080.2020.2.46
- Опыт применения квадрокоптера для создания трехмерной модели лесных насаждений / А. Е. Осипенко, Я. Коукал, И. А. Панин [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2017. № 4 (63). С. 16–22.

- Оценка естественного возобновления леса на гари с использованием данных, полученных с помощью беспилотного летательного аппарата / *А. В. Кабонен, О. И. Гаврилова, А. В. Грязькин, К. А. Пак* // Сибирский лесной журнал. 2022. № 2. С. 11–20. DOI: 10.15372/SJFS20220202
- Перевод лесных культур в покрытую лесом площадь с использованием беспилотных летательных аппаратов / *Ю. В. Ольхин, О. И. Гаврилова, А. В. Грязькин, А. В. Кабонен* // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 239. С. 89–103. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.239.89-103
- Применение ГИС-технологий при обследовании состояния лесных культур в зеленой зоне г. Астаны / *А. Н. Кабанов, А. С. Оспангалиев, С. А. Кабанова* [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. : Агронимия и животноводство. 2023. Т. 18, № 3. С. 361–372. DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-361-372
- Филатов А. А., Грязькин А. В., Гаврилова О. И.* Оценка структуры и состояния молодняков с использованием беспилотных летательных аппаратов и наземным методом // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 4. С. 21–28. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-21-28
- Фомин В. В., Залесов С. В., Магасумова А. Г.* Методики оценки густоты подроста и древостоев при за­растании сельскохозяйственных земель древесной растительностью с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения // Аграрный вестник Урала. 2015. № 1 (131). С. 25–29.
- Automated Inventory of Broadleaf Tree Plantations with UAS Imagery / *A. Chandrasekaran, G. Shao, S. Fei* [et al.] // Remote Sens. 2022. № 14 (8). P. 1931. DOI: 10.3390/rs14081931
- Corbin T., Bataineh M.* Examination of Drone Usage in Estimating Hardwood Plantations Structural Metrics // Wetlands. 2024. Vol. 44, № 51. P. 1–12. DOI: 10.1007/s13157-024-01807-6
- Determining Tree Height and Crown Diameter from High-Resolution UAV Imagery / *D. Panagiotidis, A. Abdollahnejad, P. Surový, V. Chiteculo* // International Journal of Remote Sensing. 2016. № 38 (8–10). P. 2392–2410. DOI: 10.1080/01431161.2016.1264028
- Potential of Lightweight Drones and Object-Oriented Image Segmentation in Forest Plantation Assessment / *J. Dixit, A. K. Bhardwaj, S. K. Gupta* [et al.] // Remote Sens. 2024. № 16. P. 1554. DOI: 10.3390/rs16091554
- The use of UAV-based systems in monitoring forest health: Potentials and challenges / *A. Manase, A. Manyevere, M. A. M Abd Elbasit, C. V. Mashamaite* // Scientific African. 2025. Vol. 28. P. e02724. DOI: 10.1016/j.sciaf.2025.e02724
- Tree Recognition on the Plantation Using UAV Images with Ultrahigh Spatial Resolution in a Complex Environment / *X. Guo, Q. Liu, R.P. Sharma* [et al.] // Remote Sens. 2021. Vol. 13, № 20. P. 4122. DOI: 10.3390/rs13204122
- UAV Photogrammetry for Estimating Stand Parameters of an Old Japanese Larch Plantation Using Different Filtering Methods at Two Flight Altitudes / *J. Karthigesu, T. Owari, S. Tsuyuki, T. Hiroshima* // Sensors (Basel). 2023. Vol. 18, № 23 (24). P. 9907. DOI: 10.3390/s23249907
- UAV-Based Photogrammetric Tree Height Measurement for Intensive Forest Monitoring / *S. Krause, T. G. M. Sanders, J.-P. Mund, K. Greve* // Remote Sensing. 2019. № 11 (7). P. 758. DOI: 10.3390/rs11070758
- UAV-enabled evaluation of forestry plantations: A comprehensive assessment of laser scanning and photogrammetric approaches / *R. J. L. Hartley, S. Jayathunga, J. S. Elleouet* [et al.] // Science of Remote Sensing. 2025. Vol. 12. P. 100245. DOI: 10.1016/j.srs.2025.100245
- Unmanned aerial vehicles (UAV)-based canopy height modeling under leaf-on and leaf-off conditions for determining tree height and crown diameter (case study: Hyrcanian mixed forest) / *V. Nasiri, A. A. Darvishsefat, H. Arefi* [et al.] // Canadian Journal of Forest Research. 2021. № 51 (7). P. 962–971. DOI: 10.1139/cjfr-2020-0125

References

- Application of GIS technologies in surveying the state of forest crops in the green zone of Astana / *A. N. Kabanov, A. S. Ospangaliev, S. A. Kabanova* [et al.] // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry. 2023. Vol. 18, № 3. P. 361–372. DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-361-372 (In Russ.)
- Assessment of natural forest regeneration after fire using data obtained with UAV / *A. V. Kabonen, O. I. Gavrilova, A. V. Gryazkin, K. A. Pak* // Siberian Forest Journal (Sib. J. For. Sci.). 2022. № 2. P. 11–20. DOI: 10.15372/SJFS20220202 (In Russ.)
- Automated Inventory of Broadleaf Tree Plantations with UAS Imagery / *A. Chandrasekaran, G. Shao, S. Fei* [et al.] // Remote Sens. 2022. № 14 (8). P. 1931. DOI: 10.3390/rs14081931
- Corbin T., Bataineh M.* Examination of Drone Usage in Estimating Hardwood Plantations Structural Metrics // Wetlands. 2024. Vol. 44, № 51. P. 1–12. DOI: 10.1007/s13157-024-01807-6
- Demidov D. N.* Investigation of the algorithm for estimating the parameters of the preflight orientation of the controls of an unmanned aerial vehicle when monitoring young forest stands // Forestry Engineering journal. 2021. Vol. 11, № 4 (44). P. 100–111. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/9 (In Russ.)
- Denisov S. A., Domrachev A. A., Elsuikov A. S.* Quadcopter Practical Application for Forest Regeneration Monitoring // News of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management. 2016. № 4 (32). P. 34–46. DOI: 10.15350/2306-2827.2016.4.34 (In Russ.)
- Determining Tree Height and Crown Diameter from High-Resolution UAV Imagery / *D. Panagiotidis, A. Abdollahnejad, P. Surový, V. Chiteculo* // International Journal of Remote Sensing. 2016. № 38 (8–10). P. 2392–2410. DOI: 10.1080/01431161.2016.1264028
- Experience in unmanned air vehicle application for inventory and assessment of experimental forest plantations in Lisino part of training and experimental forest district of Leningrad region / *A. S. Alekseev, Yu. I. Danilov, A. A. Nikiforov* [et al.] // Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute. 2020. № 2. P. 46–58. DOI: 10.21178/2079-6080.2020.2.46 (In Russ.)
- Filatov A. A., Gryazkin A. V., Gavrilova O. I.* Unmanned aerial vehicles and land technique assessment of young forest stands // Forest news / Forestry Bulletin. 2022. Vol. 26, № 4. P. 21–28. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-21-28 (In Russ.)
- Fomin V. V., Zalesov S. V., Magasumova A. G.* Methods of tree stands density assessment of agricultural land reforestation with the use of satellite images with high spatial resolution // Scientific Agrarian Journal. 2015. № 1 (131). P. 25–29. (In Russ.)
- Ivanchina L. A., Zalesov S. V., Kalugina D. V.* Using a quadcopter to study the stability of spruce stands under various forest growth conditions // Topical Issues of Biogeography : Proceedings of the International Conference. Saint Petersburg : Saint Petersburg State University. 2018. P. 158–160. (In Russ.)
- On approval of the Rules of Reforestation, the form, composition, procedure for approving the reforestation project, the grounds for refusal to approve it, as well as the requirements for the format in electronic form of the reforestation project : Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated December 29, 2021. № 1024. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403417664/?ysclid=mivp35d1u818866750> (accessed 10.10.2025).
- Olkhin Yu. V., Gavrilova O. I., Gryazkin A. V.* The use of unmanned aerial vehicles to assess young trees formation in clean cutting areas // Resources and Technology. 2023. Vol. 20, № 3. P. 60–75. DOI: 10.15393/j2.art.2023.7163 (In Russ.)
- Potential of Lightweight Drones and Object-Oriented Image Segmentation in Forest Plantation Assessment / *J. Dixit, A. K. Bhardwaj, S. K. Gupta* [et al.] // Remote Sens. 2024. № 16. P. 1554. DOI: 10.3390/rs16091554

- The experience of quadrupter using for three dimentional modelof forest growing stocus / *A. E. Osipenko, J. Koukal, I. A. Panin* [et al.] // *Forests of Russia and economy in them*. 2017. № 4 (63). P. 16–22. (In Russ.)
- The use of UAV-based systems in monitoring forest health: Potentials and challenges / *A. Manase, A. Manyevere, M. A. M Abd Elbasit, C. V. Mashamaite* // *Scientific African*. 2025. Vol. 28. P. e02724. DOI: 10.1016/j.sciaf.2025.e02724
- Transfer of artificial reforestfttion to a forested area using unmanned aerial vehicles / *Yu. V. Olkhin, O. I. Gavrilova, A. V. Gryazkin, A. V. Kabonen* // *Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy*. 2022. Vol. 239. P. 89–103. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.239.89-103 (In Russ.)
- Tree Recognition on the Plantation Using UAV Images with Ultrahigh Spatial Resolution in a Complex Environment / *X. Guo, Q. Liu, R.P. Sharma* [et al.] // *Remote Sens*. 2021. Vol. 13, № 20. P. 4122. DOI: 10.3390/rs13204122
- UAV Photogrammetry for Estimating Stand Parameters of an Old Japanese Larch Plantation Using Different Filtering Methods at Two Flight Altitudes / *J. Karthigesu, T. Owari, S. Tsuyuki, T. Hiroshima* // *Sensors (Basel)*. 2023. Vol. 18, № 23 (24). P. 9907. DOI: 10.3390/s23249907
- UAV-Based Photogrammetric Tree Height Measurement for Intensive Forest Monitoring / *S. Krause, T. G. M. Sanders, J.-P. Mund, K. Greve* // *Remote Sensing*. 2019. № 11 (7). P. 758. DOI: 10.3390/rs11070758
- UAV-enabled evaluation of forestry plantations: A comprehensive assessment of laser scanning and photogrammetric approaches / *R. J. L. Hartley, S. Jayathunga, J. S. Elleouet* [et al.] // *Science of Remote Sensing*. 2025. Vol. 12. P. 100245. DOI: 10.1016/j.srs.2025.100245
- Unmanned aerial vehicles (UAV)-based canopy height modeling under leaf-on and leaf-off conditions for determining tree height and crown diameter (case study: Hyrcanian mixed forest) / *V. Nasiri, A. A. Darvishsefat, H. Arefi* [et al.] // *Canadian Journal of Forest Research*. 2021. № 51 (7). P. 962–971. DOI: 10.1139/cjfr-2020-0125
- Using optical-electronic materials from unmanned aerial vehicles for quality control of unclosed coniferous forest crops / *S. S. Tsai, M. A. Ilyuchik, I. V. Tolkach, E. A. Shulga* // *Proceedings of BSTU. Issue 1 : Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*. 2025. № 2 (294). P. 5–13. DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-1 (In Russ.)

Информация об авторах

Алексей Евгеньевич Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Регина Александровна Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук;
Артем Игоревич Чермных – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Семен Александрович Медведев – магистрант.

Information about the authors

Alexey E. Osipenko – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Regina A. Osipenko – Candidate of Agricultural Sciences;
Artyom I. Chermnykh – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Semyon A. Medvedev – Master's student.

Статья поступила в редакцию 20.10.2025; принята к публикации 25.11.2025.

The article was submitted 20.10.2025; accepted for publication 25.11.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 40–48.
Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 40–48.

Научная статья

УДК 631.4

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.004

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ НА СВОЙСТВА ПОЧВ

Лидия Андреевна Сенькова¹, Ольга Михайловна Астафьева²

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

¹ senkova@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2597-662X>

² astafievaom@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9230-4380>

Аннотация. Статья посвящена изучению физико-химических и агрохимических свойств дерново-подзолистых почв сосняков искусственного происхождения на Среднем Урале. Исследование почвенного покрова в зоне промышленных выбросов предприятий важно для оценки влияния естественных и антропогенных факторов на свойства почв. Для исследования были подобраны участки в различных зонах поражения и фоновых условиях в сосновых насаждениях. Полученные данные свидетельствуют о том, что аэропромвыбросы в зонах среднего и сильного поражения проявляются в повышении гидролитической кислотности в верхних горизонтах до 10,2 и 11,3 мг-экв./100 г почвы соответственно. При этом сумма обменных оснований снижается до 10,8 и 9,8 мг-экв./100 г почвы по сравнению с таковой на контроле и в зоне слабого поражения (13,0–13,4 мг-экв./100 г почвы). Низкая степень насыщенности основаниями, характерная для гумусово-элювиального горизонта дерново-подзолистых почв (61,6 мг-экв./100 г почвы), в условиях сильного загрязнения снижается до 46,4 мг-экв./100 г почвы. Профили всех исследованных почв имеют резкую дифференциацию по содержанию и запасам гумуса. Воздействие аэропромвыбросов влияет на процесс гумификации, снижая содержание гумуса в верхнем горизонте с 4 % на контроле до 1 % при сильном поражении лесных насаждений. Низкое содержание питательных веществ естественных дерново-подзолистых почв неоднозначно подвергается изменению при воздействии промышленных отходов. Если содержание подвижного калия варьирует слабо, то содержание доступного фосфора становится выше вследствие повышения гидролитической кислотности.

Ключевые слова: агрохимические свойства почв, аэропромвыбросы, физико-химические свойства почв

Для цитирования: Сенькова Л. А., Астафьева О. М. Влияние промышленных поллютантов на свойства почв // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 40–48.

Original article

THE INFLUENCE OF INDUSTRIAL POLLUTANTS ON SOIL PROPERTIES

Lidiya A. Senkova¹, Olga M. Astafieva²

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

¹ senkova@u.sfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2597-662X>

² astafievaom@u.sfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9230-4380>

Abstract. The article is devoted to the study of physical and chemical, and agrochemical properties of sod-podzolic soils of pine forests of artificial origin in the Middle Urals. The research of soil cover in the industrial emission zones of enterprises is important for assessing the influence of natural and anthropogenic factors on soil properties. For the research sites were selected in various damage zones and background conditions in pine plantations. The data obtained indicate that industrial air emissions in zones of moderate and severe damage result in an increase of hydrolytic acidity in the upper horizons to 10,2 and 11,3 mg-eqv/100 of soils respectively. In this case the amount of exchanged bases is decreased to 10,8 and 9,8 mg-eqv/100 of soil respectively, compared to the reference value and the zone of weak soil damage (13,0–13,4 mg-eqv/100 of soil). The low degree of saturation with bases, characteristic for the humus eluvial horizon of sod-podic soils (61,6 mg-eqv/100 of soil) in conditions of heavy pollution is reduced to 46,4 mg-eqv/100 of soil. The profiles of all researched soils have a sharp differentiation in the content and reserves of humus. The impact of industrial air emissions affects the humification process, reducing the humus content in the upper horizon from 4 % to 1 % in the reference value, with severe damage to forest plantations. The low nutrient content of natural sod-podzolic soils is ambiguously altered by exposure to industrial waste. If the content of available potassium varies slightly, then the content of available phosphorus becomes higher due to an increase in hydrolytic acidity.

Keywords: agro chemical properties of soils, industrial air emissions, physical and chemical properties of soils

For citation: Senkova L. A., Astafieva O. M. The influence of industrial pollutants on soil properties // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 40–48.

Введение

Загрязнение атмосферы промышленными предприятиями – это сложный процесс, который зависит от множества факторов, влияющих на распределение вредных веществ в окружающей среде. Состав, свойства выбросов, способ поступления отходов, расстояние от источника загрязнения, роза ветров, рельеф местности, свойства почв и высота труб обуславливают локальное загрязнение природной среды (Антропогенные почвы..., 2003; Влияние продуктов..., 2006; Середина, 2015; Шепелев, 2017).

Одним из источников поступления вредных веществ в окружающую среду являются атмосферные выбросы промышленных предприятий.

Конечным пунктом на пути распространения выбросов может быть растительность, почва, вода и животные организмы. Влияние поллютантов на лесные насаждения является комплексным и может привести к изменению характеристик или свойств отдельных его компонентов (Состояние сообществ..., 2002; Залесов и др., 2008; Залесов и Кректунов, 2009; Астафьева, 2022; Астафьева и Астафьев, 2023; Залесов и др., 2017). В результате атмосферного загрязнения меняется ряд процессов, происходящих и внутри почвы. Изменение скорости разложения, путей миграции органических веществ, а также гумусообразования приводит к перераспределению веществ внутри почвенного профиля, влияет на почвообразовательные

процессы и миграцию элементов в малом и большом круговороте веществ (Хлыстов, 2016; Хлыстов и др., 2016; Химическое загрязнение..., 2025).

Тяжелые металлы, попадая в атмосферу, со временем оседают на почву. Почва «захватывает» металлы различными способами: адсорбция, осаждение, коагуляция, межпакетное поглощение глинистыми минералами. Попавшие в почву тяжелые металлы могут разлагаться органическими кислотами, связываться с органическими веществами почвы или осаждаться в виде нерастворимых солей. Однако перед этим они обязательно растворяются в воде, что делает их наиболее подвижными и доступными для растений и животных (Деградация и демутация..., 2002; Антропогенные почвы..., 2003).

Изучению влияния выбросов промышленных предприятий на почвы и почвообразовательные процессы посвящено большое количество работ. Исследования Е. Л. Воробейчик, Е. В. Хантемировой, П. В. Мещерякова, Е. В. Прокопович, Е. В. Кайгородовой показали изменение под воздействием поллютантов Среднеуральского медеплавильного завода физических и химических свойств почв, трансформации лесных фитоценозов и лесной подстилки.

Цель, методика и объекты исследования

Целью работы является исследование почв сосняков, расположенных в зоне атмосферного загрязнения Первоуральско-Ревдинского промышленного узла.

В почвенном покрове Свердловской области преобладают типичные подзолистые, дерново-подзолистые, глеево-подзолистые, бурые, горно-лесные, темно-серые, серые оподзоленные и глееватые почвы, а в поймах рек – дерново-луговые (О состоянии..., 2022). Поэтому для исследования были подобраны участки на территории Билимбаевского лесничества Свердловской области в возрасте 56–59 лет искусственного происхождения в сосняках ягодниковом и разнотравном, произрастающих на дерново-подзолистых почвах.

Весь район исследований представляет собой вытянутый в восточном направлении эллипс

с максимальной осью около 30 км и минимальной 20 км. Зонирование было выполнено Б. С. Фимушиным (1988).

В фоновых условиях была заложена пробная площадь 1, в зоне слабого поражения – 2, в зоне среднего поражения – 3, в зоне сильного поражения – 4.

Использовался полевой экспедиционный метод с заложением разрезов почв, морфологическим описанием их профилей, отбором образцов по генетическим горизонтам. Лабораторный метод включал исследование свойств отобранных образцов почв. Все исследования проводились в соответствии с принятыми методиками (Кауричев, 1980; Евдокимова, 1987; Карпачевский, Никонов, 2004; Классификация почв..., 2004; Шутов, Кожурин, 2011; Абрамова, Луганский, 2019; Основы..., 2020).

Результаты и их обсуждение

Почвенные разрезы заложены в средней или нижней части пологого склона в чистых сосняках в зонах среднего и слабого поражения и фоновых условиях и с преобладанием сосны обыкновенной до 8 единиц в составе в зоне сильного поражения. В подросте во всех зонах и в фоновых условиях встречается ель обыкновенная. В подлеске в насаждениях встречается малина лесная, черемуха обыкновенная, рябина обыкновенная, смородина красная, калина обыкновенная.

По мере приближения к источникам выбросов видовой состав подлеска становится скуднее. Состав живого напочвенного покрова в зоне слабого поражения и в фоновых условиях представлен следующими видами: бодяг полевой, мятлик обыкновенный, вейник лесной, вероника дубравная, вика мышиная, медуница неясная, грушанка круглолистная, земляника лесная, кислица обыкновенная, костяника каменистая, лапчатка прямостоячая, майник двулистный, смолевка поникшая, сныть обыкновенная, щитовник мужской, хвощ лесной, фиалка собачья, марьянник луговой. В зоне среднего поражения встречается буквица лекарственная, вейник лесной, грушанка круглолистная, земляника лесная, иван-чай узколистный, кислица обыкновенная, костяника каменистая, кровохлебка лекарственная, майник двулистный,

подмаренник северный, щитовник мужской, хвощ лесной, фиалка собачья, черника обыкновенная, а в зоне сильного поражения – вейник лесной, вика мышиная, герань лесная, грушанка круглолистная, звездчатка Бунге, золотарник обыкновенный, кровохлебка лекарственная, мать-и-мачеха обыкновенная, мятлик обыкновенный, сныть обыкновенная, щитовник мужской, фиалка собачья.

На всех подобранных участках после заложения почвенных разрезов, описания морфологических признаков, генетических горизонтов почвы,

полевого анализа основных почвообразовательных процессов почвы лесных насаждений были определены как постлитогенная текстурно-дифференцированная дерново-подзолистая турбированная (по классификации 2004 г.) или дерново-глубокоподзолистая слабодерновая легкосуглинистая почва на элювиально-делювиальных отложениях горных пород (по классификации 1977 г.).

Главнейшие физико-химические свойства почв определяются ее поглотительной способностью (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Физико-химические свойства почв в зонах поражения лесов аэропромвыбросами
Physical and chemical properties of soils in forest damage zones by industrial air emissions

Разрез Section	Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	рН	H	S	ЕКО	V, %
				мг-экв./100 г почвы mg-eq./100 g of soil			
Контрольная зона Reference zone							
1	[AV-EL] _{tr}	9–18	4,0	8,1	13,0	21,1	61,6
	EL	18–48	4,0	6,8	11,8	22,6	69,9
	BEL	48–72	4,1	5,4	14,9	21,3	69,9
	BT	72–101	4,3	5,3	18,8	24,1	78,0
	C	>101	5,8	4,1	19,0	23,1	82,2
Зона слабого поражения Weak damage zone							
2	[AV-EL] _{tr}	6–17	4,2	9,4	13,4	23,8	52,8
	EL	17–27	4,2	6,2	10,0	16,2	61,7
	BEL	27–37	4,4	4,7	17,8	22,5	79,0
	BT	37–50	5,2	3,1	20,0	23,1	86,0
	C	>50	6,0	2,8	20,8	23,6	88,1
Зона среднего поражения Medium damage zone							
3	[AV-EL] _{tr}	8–20	4,0	10,2	10,8	21,0	51,0
	EL	20–33	4,0	8,2	12,6	20,8	60,6
	BEL	33–50	4,0	4,3	17,0	21,3	79,8
	BT	50–85	4,5	3,0	19,1	22,1	86,4
	C	>85	6,0	2,8	19,8	22,6	87,6
Зона сильного поражения Severe damage zone							
4	[AV-EL] _{tr}	8–13	4,0	11,3	9,8	21,1	46,4
	EL	13–24	4,0	9,0	10,4	19,4	53,6
	BEL	24–43	4,6	4,9	17,4	22,3	78,0
	BT	43–70	5,0	3,4	19,6	23,0	85,0
	C	>70	6,0	3,4	19,1	22,5	84,8

Актуальная реакция почвенного раствора верхних горизонтов почв во всех зонах находится в пределах сильнокислых показателей. Вниз по профилю происходит незначительное повышение этого показателя, и в материнской породе pH близок к значениям 5,2–6,0.

При загрязнении почв аэропромвыбросами в зонах среднего и сильного поражения появляются дополнительно кислые компоненты. На их накопление указывает повышение гидролитической кислотности (H), которую можно выявить только гидролитически щелочными солями. При этом сумма обменных оснований (S) верхних горизонтов снижается по сравнению с таковой на контроле и в зоне слабого поражения. Емкость катионного обмена (ЕКО) низкая и имеет незначительную вариабельность в зонах загрязнения.

Степень насыщенности почв основаниями (V) во всех вариантах низкая. При этом повышение

повреждения лесных насаждений влечет снижение этого показателя. Вероятно, снижение продуктивности растительности ведет к уменьшению растительного опада, богатого кальцием и магнием.

В табл. 2 приведена агрохимическая характеристика почв в зонах поражения лесов аэропромвыбросами.

Содержание гумуса в верхних горизонтах почвы контрольной зоны составляет от 4 до 2 %, его запас по профилю – 118,4 т/га, что является низкими показателями.

Воздействие промышленных выбросов влияет на процессы гумификации. Повышение степени поражения лесов отражается на снижении содержания гумуса. Если в зоне слабого поражения лесных насаждений в верхних горизонтах еще не отмечается дегумификации, то в зонах среднего поражения содержание гумуса составляет от 4 до 1 % и при сильном поражении – всего 1 %.

Таблица 2

Table 2

Агрохимическая характеристика почв в зонах поражения лесов аэропромвыбросами
Agrochemical characteristics of soils in forest damage zones by industrial air emissions

Разрез Section	Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	Гумус, % Humus, %	Запас гумуса, т/га Humus supply, t/ha	Подвижные формы, мг/100 г Mobile forms, mg/100 g	
Контрольная зона Reference zone						
1	[AV-EL] _{tr}	9–18	4,0	34,6	2,5	7,2
	EL	18–48	2,0	73,8	2,5	5,7
	BEL	48–72	–	–	2,5	4,6
	BT	72–101	–	–	2,5	4,6
	C	>101	–	–	5,0	4,6
Всего по профилю Total by profile				118,4	–	–
Зона слабого поражения Weak damage zone						
2	[AV-EL] _{tr}	6–17	4,0	44,0	2,5	5,7
	EL	17–27	2,0	25,8	2,5	4,6
	BEL	27–37	–	–	2,5	4,6
	BT	37–50	–	–	5,5	4,6
	C	>50	–	–	5,0	4,6
Всего по профилю Total by profile				69,8	–	–

Окончание табл. 2
The end of the table 2

Разрез Section	Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	Гумус, % Humus, %	Запас гумуса, т/га Humus supply, t/ha	Подвижные формы, мг/100 г Mobile forms, mg/100 g	
Зона среднего поражения Medium damage zone						
3	[AV-EL] _{tr}	8–20	4	49,0	5,0	5,7
	EL	20–33	1	16,9	2,5	4,6
	BEL	33–50	–	–	2,5	7,7
	BT	50–85	–	–	5,0	5,7
	C	>85	–	–	4,5	4,6
Всего по профилю Total by profile				65,9	–	–
Зона сильного поражения Severe damage zone						
4	[AV-EL] _{tr}	8–13	1	5,5	7,5	7,7
	EL	13–24	1	14,9	2,5	4,6
	BEL	24–43	–	–	2,5	7,7
	BT	43–70	–	–	2,5	4,6
	C	>70	–	–	4,2	4,6
Всего по профилю Total by profile				20,4	–	–

Запасы гумуса в почве снижаются от 118,4 т/га в экологически чистой контрольной зоне до 20,4 т/га при сильном поражении леса. Процесс снижения образования гумуса наблюдается визуально в облике лесной подстилки. В зоне сильного поражения мощность слаборазложившейся части лесной подстилки выше и элементы фракций лесной подстилки покрыты пылеобразными частицами.

Содержание подвижных форм фосфора в контрольной зоне и зоне слабого поражения низкое (2,5 мг/100 г почвы), однако имеет тенденцию к повышению до среднего уровня обеспеченности в зонах среднего и высокого поражения (5,0–7,5 мг/100 г почвы). Это явление можно объяснить способностью соединений фосфора переходить в доступную форму при повышении гидролитической кислотности. Обеспеченность

почв калием по горизонтам несколько колеблется, но остается в пределах низких показателей (4,6–7,7 мг/100 г почвы) во всех вариантах исследования в связи с тем, что почвы таежно-лесной зоны слабо обеспечены гидрослюдами, являющимися источником калия.

Выводы

Загрязнение территории аэропромвыбросами вызывает не только поражение лесных насаждений, но и загрязнение почвенного покрова с проявлением деградационных изменений свойств почв. Из них наиболее выраженными являются физико-химические показатели. Условно положительные свойства возникают при воздействии отходов производства на доступность для растений соединений фосфора.

Список источников

- Абрамова, Л. П., Луганский В. Н. Почвоведение : метод. указ. Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. 30 с.
- Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация : учеб. пособие / М. И. Герасимова, М. Н. Строганова, М. В. Можарова, Т. В. Прокофьева. М., 2003. 53 с.
- Астафьева О. М. Влияние промышленных выбросов на подстилку сосняков в различных зонах поражения // Лесное хозяйство: актуальные проблемы и пути их решения : сб. науч. ст. по матер. Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Нижний Новгород : Нижегород. гос. с.-х. акад., 2022. С. 139–142.
- Астафьева О. М., Астафьев А. М. Оценка санитарного состояния сосняков в условиях атмосферного загрязнения // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 4 (87). С. 49–54.
- Основы фитомониторинга / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, А. Г. Магасумова, Р. А. Осипенко. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 90 с.
- Влияние продуктов сжигания попутного газа при добыче нефти на репродуктивное состояние сосновых древостоев в северотаежной подзоне / Д. Р. Аникеев, И. А. Юсупов, Н. А. Луганский [и др.] // Экология. 2006. № 2. С. 122–126.
- Деградация и демутиация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи / С. В. Залесов, Н. А. Кряжевских, Н. Я. Крупинин [и др.]. Екатеринбург, 2002. 436 с.
- Евдокимова Т. И. Почвенная съемка. М. : Изд-во МГУ, 1987. 271 с.
- Залесов С. В., Бачурина А. В., Бачурина С. В. Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь», и реакция их компонентов на проведение рубок обновления. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/6620> (дата обращения: 27.05.2025).
- Залесов С. В., Колтунов Е. В., Лаишевцев Р. Н. Основные факторы пораженности сосны корневыми и стволовыми гнилями в городских лесопарках // Защита и карантин растений. 2008. № 2. С. 56–58.
- Залесов С. В., Кректунов Е. В. Содержание тяжелых металлов в почве городских лесопарков г. Екатеринбург // Аграрный вестник Урала. 2009. № 6 (60). С. 71–72.
- Карпачевский Л. О., Никонов В. В. Лесное почвоведение в XXI веке // Лесоведение. 2004. № 4. С. 3–5.
- Кауричев И. С. Практикум по почвоведению. М. : Колос, 1980. 272 с.
- Классификация почв России 2004 г. // Информационно-справочная система по классификации почв России : [сайт]. URL: <http://infooil.ru/index.php?pageID=clas04mode> (дата обращения: 11.05.2025).
- О состоянии окружающей среды на территории Свердловской области в 2022 г. : гос. доклад // Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области : [сайт]. URL: <https://mprso.midural.ru/uploads/2023/09/> (дата обращения: 03.06.2024).
- Середина В. П. Загрязнение почв : учеб. пособие. Томск : Томск. гос. ун-та, 2015. 346 с.
- Состояние сообществ дереворазрушающих грибов в работе нефтегазодобычи / И. В. Ставищенко, С. В. Залесов, Н. А. Луганский [и др.] // Экология. 2002. № 3. С. 175–184.
- Фимушин Б. С. Влияние промышленных выбросов на текущий прирост сосновых древостоев // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1988. Вып. 14. С. 116–122.
- Химическое загрязнение среды промышленностью // EcoPortal : [сайт]. URL: <https://ecoportal.su/public/zagryazn/view/421.html> (дата обращения: 27.05.2025).
- Хлыстов И. А. Трансформация органического вещества почв в зоне загрязнения выбросами Среднеуральского медеплавильного завода : автореф. ... дис. канд. биол. наук / Хлыстов Иван Андреевич. Уфа, 2016. 16 с.
- Хлыстов И. А., Сенькова Л. А., Карпухин М. Ю. Ферментативная активность почв в зоне загрязнения выбросами медеплавильного завода // Аграрный вестник Урала. 2016. № 1 (143). С. 72–76.

Шепелев М. А. Экология почв. Костанай : Костанайск. гос. ун-т им. А. Байтурсынова, 2017. 135 с.
Шутов В. В., Кожурин С. И. Словарь-справочник лесного инженера. Кострома : Изд-во КГТУ, 2011. 123 с.

References

- Abramova L. P., Lugansky V. N.* Soil science : methodological guidelines. Yekaterinburg : USFEU, 2019. 30 p.
Anthropogenic soils: genesis, geography, reclamation : studies. the manual / *M. I. Gerasimova, M. N. Stroganova, M. V. Mozharova, T. V. Prokofieva.* Moscow, 2003. 53 p.
- Astafyeva O. M.* The influence of industrial emissions on the litter of pine forests in various affected areas // Forestry: actual problems and ways to solve them : collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian (national) scientific and Practical conference. Nizhny Novgorod : Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 2022. P. 139–142. (In Russ.)
- Astafieva O. M., Astafiev A. M.* Assessment of the sanitary condition of forests in atmospheric pollution // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 4 (87). P. 49–54. (In Russ.)
- Chemical pollution of the environment by industry // EcoPortal : [website]. URL: <https://ecoportal.su/public/zagryazn/view/421.html> (accessed 27.05.2025).
- Classification of soils of Russia 2004 // Information and reference system for classification of soils of Russia : [website]. URL: <http://infoil.ru/index.php?pageID=clas04mode> (accessed 11.05.2025).
- Degradation and demutation of forest ecosystems in conditions of oil and gas production / *S. V. Zalesov, N. A. Kryazhevskikh, N. Ya. Krupinin* [et al.]. Yekaterinburg, 2002. 436 p.
- Evdokimova T. I.* Soil survey. Moscow : Publishing House of Moscow State University, 1987. 271 p.
- Fimushin B. S.* The impact of industrial emissions on the current growth of pine stands // Forests of Urals and the economy in them. Sverdlovsk, 1988. Issue 14. P. 116–122. (In Russ.)
- Fundamentals of phytomonitoring / *N. P. Bunkova, S. V. Zalesov, A. G. Magasumova, R. A. Osipenko* // Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2020. 90 p.
- Karpachevsky L. O., Nikonov V. V.* Forest soil science in the XXI century // Forest science. 2004. № 4. P. 3–5. (In Russ.)
- Kaurichev I. S.* Practicum on soil science. Moscow : Kolos, 1980. 272 p.
- Khlystov I. A.* Transformation of soil organic matter in the emission pollution zone of the Sredneural'sky copper smelter: abstract of the dissertation of the candidate of Biological Sciences : 03.02.13 / *Khlystov Ivan Andreevich.* Ufa, 2016. 16 p.
- Khlystov I. A., Senkova L. A., Karpukhin M. Yu.* Enzymatic activity of soils in the zone of pollution by emissions from a copper smelter // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. № 1 (143). P. 72–76. (In Russ.)
- Mid V. P.* Soil pollution : a study guide. Tomsk : Publishing House of Tomsk State University, 2015. 346 p.
- Shepelev M. A.* Soil Ecology. Kostonay : Kostonay State University named after A. Baitursynov, 2017. 135 p.
- Shutov V. V., Kozhurin S. I.* Dictionary-handbook of A Forest Engineer. Kostroma : Publishing House of KSTU, 2011. 123 p.
- On the state of the environment in the Sverdlovsk region in 2022 : State report // Ministry of Natural Resources and Ecology of the Sverdlovsk region : [website]. URL: <https://mprso.midural.ru/uploads/2023/09/> (accessed 03.06.2024).
- The influence of associated gas combustion products during oil production on the reproductive state of pine stands in the North Taiga subzone / *D. R. Anikeev, I. A. Yusupov, N. A. Lugansky* [et al.] // Ecology. 2006. № 2. P. 122–126. (In Russ.)
- The state of communities of wood-destroying fungi in the work of oil and gas production / *I. V. Stavishenko, S. V. Zalesov, N. A. Lugansky* [et al.] // Ecology. 2002. № 3. P. 175–184. (In Russ.)

Zalesov S. V., Bachurina A. V., Bachurina S. V. The state of forest plantations exposed to the influence of industrial pollutants of Karabashmed CJSC and the reaction of their components to the logging of renewal. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2017. URL: <http://elar.-usfeu.ru/handle/123456789/6620> (accessed 27.05.2025).

Zalesov S. V., Koltunov E. V., Laishevtsev R. N. The main factors of pine root and stem rot infestation in urban forest parks // Protection and quarantine of plants. 2008. № 2. P. 56–58. (In Russ.)

Zalesov S. V., Krektunov E. V. The content of heavy metals in the soil of urban parks in Yekaterinburg // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. № 6 (60). P. 71–72. (In Russ.)

Информация об авторах

Л. А. Сенькова – доктор биологических наук, доцент;

О. М. Астафьева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

L. A. Senkova – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor;

O. M. Astafieva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 29.05.2025; принята к публикации 10.10.2025.

The article was submitted 29.05.2025; accepted for publication 10.10.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 49–60.
Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 49–60.

Научная статья
УДК 630.283.1:630.187
DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.005

ПИЩЕВЫЕ И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РЕСУРСЫ ПОСТПИРОГЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПОДЗОНЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Игорь Александрович Панин

Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия
paninia@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7798-3442>

Аннотация. Представлены результаты изучения ресурсов дикорастущих пищевых и лекарственных растений в насаждениях, пройденных низовыми пожарами на территории подзоны средней тайги Свердловской области. Исследование проводилось в период с 2020 по 2024 гг. на пробных площадях, которые закладывались в горельниках и гарях спустя 2–12 лет после устойчивых низовых пожаров. Устанавливались количественные показатели запасов: надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии, урожайность и проективное покрытие пищевых и лекарственных растений живого напочвенного покрова (ЖНП), а также густота и урожайность плодовых растений подлеска. Полученные данные были сопоставлены с аналогичными сведениями о ресурсах пищевых и лекарственных растений в насаждениях, ранее не подвергавшихся воздействию огня. После пожаров ресурсы дикорастущих пищевых и лекарственных растений претерпевают коренные изменения как положительного, так и отрицательного характера. В насаждениях сосняков ягодникового и зеленомошно-ягодникового в результате пожаров полностью погибают черничники. Спустя 2–12 лет проективное покрытие черники составляет всего 3–7 %, что крайне незначительно. На отдельных участках наблюдается разрастание брусники и земляники. Однако, несмотря на условия, близкие к экологическому оптимуму для развития данных видов, формирования продуктивных ягодников не происходит. Урожайность брусники не превышает 17,2 кг/га, а земляники – 7,3 кг/га. Во многих насаждениях наблюдается обильное развитие кипрея узколистного, фитомасса которого может достигать 628,3 кг/га. Также на отдельных участках, особенно после санитарных рубок или при значительном распаде древесного полога, образуются малинники с густотой до 6 098 шт./га, а также заросли шиповника с густотой до 9 133 шт./га.

Ключевые слова: лекарственные ресурсы, пищевые ресурсы, дикоросы, лесные ягоды, лекарственные растения, лесные пожары

Для цитирования: Панин И. А. Пищевые и лекарственные ресурсы постпирогенных насаждений подзоны средней тайги Свердловской области // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 49–60.

Original article

FOOD AND MEDICINAL RESOURCES OF POST-PYROGENIC PLANTATIONS OF THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF THE SVERDLOVSK REGION

Igor A. Panin

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia
paninia@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7798-3442>

Abstract. The results of a study of the resources of wild food and medicinal plants in plantations traversed by surface fires in the middle taiga subzone of the Sverdlovsk region are presented. The research was conducted in the period from 2020 to 2024 on the sample plots that were laying out in fire-damaged forests and burning forest areas 2–12 years after sustained surface fires. Quantitative indicators of reserves were established: aboveground phytomass is in an absolutely dry state, yield and projective cover of food and medicinal plants of the living ground cover LGC, as well as the density and yield of fruit plants of the understory. The data obtained were compared with similar information about the resources of food and medicinal plants in plantations that had not previously been exposed to fire. After fires, the resources of wild food and medicinal plants undergo fundamental changes, both positive and negative. Blueberries are completely destroyed as a result of fires in the plantations of berry pine and berry-green moss. After 2–12 years, the projective cover of blueberries is only 3–7 %, which is extremely insignificant. In some areas, lingonberry and strawberry growth is observed. However, despite the conditions close to the ecological optimum for the development of these species, the formation of productive berry pines does not occur. Lingonberry yields do not exceed 17,2 kg/ha, and strawberry yields 7,3 kg/ha. In many plantations, there is an abundant development of narrow-leaved cypress, the phytomass of which can reach 628,3 kg/ha. Also, in some areas, especially after sanitary cutting, or with significant decay of the tree canopy, raspberry bushes with a density of up to 6 098 pcs/ha, as well as rosehip thickets with a density of up to 9 133 pcs/ha, are forming.

Keywords: medicinal resources, food resources, wild plants, wild berries, medicinal plants, forest fires

For citation: Panin I. A. Food and medicinal resources of post-pyrogenic plantations of the Middle Taiga subzone of the Sverdlovsk region // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). С. 49–60.

Введение

В последние десятилетия рядом исследователей отмечается увеличение горимости лесов на территории Российской Федерации (Залесов, 2021; Петрунин, 2022; Оценка горимости..., 2024). В частности, увеличение числа пожаров и пройденных огнем площадей наблюдается в Свердловской области. Например, в Березовском лесничестве за период с 2014 по 2024 гг. было зафиксировано более 360 пожаров, затронувших более 20 тыс. га, что составляет почти 15 % всей территории лесничества (более 141 тыс. га).

Общеизвестным фактом являются радикальные изменения во всех компонентах насаждений после пожаров, в частности живого напочвенного покрова и подлеска (Залесов, 2021). Помимо непосредственной гибели от огня и последующего процесса сукцессии, меняются условия формирования растительности. Текущая динамика указывает на то, что в будущем площади горельников и гарей в Свердловской области будут увеличиваться. Следовательно, под воздействием пожаров будут меняться состав и структура лесной растительности на значительной территории. В связи

с этим возрастает актуальность изучения пищевых и лекарственных ресурсов насаждений, пройденных пожарами. В настоящее время данной теме отечественной наукой уделяется недостаточно внимания. Подобные актуальные исследования проводились в Ленинградской области, в Восточной Сибири и некоторых других регионах России (Динамика видов..., 2015; Динамика видового состава..., 2022; Состав и запасы..., 2023; Лузан, Саловаров, 2024). Сведения также можно почерпнуть из общих исследований лесных послепожарных сукцессий растительного покрова (Чудновская, Гутник, 2011; Структурные особенности..., 2023).

Специализированных работ по вопросу ресурсов дикорастущих пищевых и лекарственных послепожарных насаждений в Свердловской области в научной литературе нами не обнаружено, за исключением собственных исследований, проводимых в насаждениях ельника мшистого Североуральской среднегорной лесорастительной провинции (Панин, Залесов, 2018).

**Цель, задача, методика
и объекты исследования**

Исследование проводилось на территории подзоны средней тайги Свердловской области в границах Березовского, Билимбаевского, Алапаевского и Режевского лесничеств в период с 2020 по 2024 гг. Цель – изучение ресурсов дикорастущих пищевых и лекарственных растений насаждений, пройденных устойчивыми низовыми пожарами.

Сбор данных производился на пробных площадях (ПП). Для их закладки подбирались участки, пройденные устойчивыми низовыми пожарами различной интенсивности. Давность пожара варьирует от 1 до 11 лет. Все насаждения относятся к четырем типам леса: сосняк ягодниковый (С. яг.), сосняк зеленомошно-ягодниковый (С. зм. яг.), сосняк разнотравный (С. ртр.) и сосняк травянистый (С. тр.). На трех объектах после пожара проводились сплошные либо выборочные санитарные рубки. Подробная характеристика объектов представлена в табл. 1, на рисунке – визуальные примеры состояния ЖНП некоторых ПП.

Таблица 1
Table 1

Таксационная и общая характеристика объектов исследования
Taxation and general characteristics of objects of research

№ ПП № SP	Год Year		Давность пожара, лет Period after the fire, years	Возраст насаждения на момент пожара, лет Age of plantation at time of the fire, years	Мероприятия после пожара Post-fire activities	Древостой после пожара Forest stand after fire	
	пожара of the fire	сбора данных of data collection				Состав древостоя Forest stand composition	Относительная полнота Relative completeness
Сосняк разнотравный (С. ртр.) и травянистый (С. тр.) Mixed-grass pine and grassy pine forest types							
2A/24	2023	2024	1	120	–	5С3Б2Ос 5Р3В2Ас	0,7
3Р/24	2022	2024	2	110	–	7С3Б 7Р3В	0,8
5С/21	2017	2021	4	75	–	9Б1С+ОС 9В1Р+Ас	0,6
3С/22	2014	2022	8	172	СР SF	–	0

Окончание табл. 1
The end of the table 1

№ ПП № SP	Год Year		Давность пожара, лет Period after the fire, years	Возраст насаждения на момент пожара, лет Age of plantation at time of the fire, years	Мероприятия после пожара Post-fire activities	Древостой после пожара Forest stand after fire	
	пожара of the fire	сбора данных of data collection				Состав древостоя Forest stand composition	Относительная полнота Relative completeness
Сосняк ягодниковый (С яг) и зеленомошно-ягодниковый (С зм. яг.) Berry pine and green moss berry pine forest types							
1С/22	2021	2022	1	23	Нет	9Б1С+Б 9В1Р+В	0,3
21С/21	2020	2021	1	120		9С1Б 9Р1В	0,5
2Р/24	2023	2024	1	110		7С3Б 7Р3В	0,6
17С/21	2019	2021	2	85		9Б1С 9В1Р	0,8
2С/22	2019	2022	3	158	СР SF	9С1Л+Б 9Р1Лar+В	0,3
14С/24	2020	2024	4	120	Нет	9С1Б 9Р1В	0,5
5С/21	2017	2021	4	110		7С3Б 7Р3В	0,5
4С/22	2017	2022	5	102	СР SF	–	0
7А/24	2013	2024	11	130	СР SF	8С2Б 8Р2В	0,6

Примечание. СР – санитарная рубка. Note. SF – sanitary cutting.

ЖНП изучался на учетных площадках размером 0,25 × 0,25 м, закладываемых по ходовым линиям через равные расстояния в количестве, необходимом для обеспечения точности учета в 10 %. На учетных площадках в соответствии с общепринятыми методиками определялся видовой состав растений, их проективное покрытие, надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии и текущий урожай плодов (Бунькова и др., 2020; Панин, Белов, 2022). Сушка проводилась в лабораторных условиях с использованием сушильного шкафа при температуре 95 °С. Для нее использовались навески

надземных частей растений. Учет плодовых видов подлеска проводился на учетных площадках с равномерным распределением, но большего размера – 2 × 2 м. Определялась густота (количество на единице площади) и текущий урожай плодов.

В качестве контроля использованы наши сведения о ресурсах пищевых и лекарственных растений в спелых и перестойных сосняках ягодниковых и травянистых подзоны средней тайги Свердловской области из ранее опубликованных работ (Панин, Аржанников, 2023, 2024; Аржанников, Панин, 2023).



Брусника на горельнике 5-летней давности, С. яг., ПП 4С/22
Lingonberry on a fire-damaged forest area 5 years ago, pine forest type, SP 4C/22



Горельник 4-летней давности, С. ртр., ПП 5С/21
A fire-damaged forest area 4 years ago, mixed-grass pine, SP 5C/21



Заросли кипрея узколистного на горельнике 2-летней давности, ПП 17С/21
Thickets of fireweed on burnt area 2 years ago, SP 17C/21

Примеры насаждений после лесных пожаров
Examples of plantations after forest fires

Результаты и их обсуждение

В табл. 2 представлены сведения о проективном покрытии и текущей урожайности ягодных растений в ЖНП. Всего на объектах исследования зафиксировано четыре вида: черника обыкновен-

ная (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.) и костяника каменистая (*Rubus saxatilis* L.).

Таблица 2

Table 2

Ресурсы ягодных растений ЖНП, $\frac{\text{Проективное покрытие, \%}}{\text{Урожайность, кг/га}}$

Resources of berry plants of LGC, $\frac{\text{Living ground cover, \%}}{\text{Yield, kg/ha}}$

№ ПП № SP	Давность пожара, лет Period after the fire, years	Черника обыкновенная <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Брусника обыкновенная <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Земляника лесная <i>Fragaria vesca</i> L.	Костяника каменистая <i>Rubus saxatilis</i> L.
Сосняк разнотравный (С. ртр.) и травянистый (С. тр.) Mixed-grass pine and grassy pine forest types					
2A/24	1	–	–	–	$\frac{3,6}{0}$
3P/24	2	–	–	$\frac{5}{4,0}$	–
5C/21	4	–	–	$\frac{2,0}{0}$	$\frac{7,0}{1,1}$
3C/22	8	–	$\frac{1,2}{0,4}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{3,2}{2,1}$
Контроль Reference		$\frac{0-46,7}{0-25,3}$	$\frac{1,7-35,0}{0-34,0}$	$\frac{1,3-65,0}{0-35,8}$	$\frac{4,6-20,0}{0-27,7}$
Сосняк ягодниковый (С. яг.) и зеленомошно-ягодниковый (С. зм. яг.) Berry pine and green moss berry pine forest types					
1C/22	1	–	–	$\frac{4}{0}$	–
21C/21	1	–	$\frac{2,0}{0}$	$\frac{1,6}{0,8}$	$\frac{1,7}{0}$
2P/24	1	–	–	–	–
17C/21	2	–	–	$\frac{4,6}{0}$	$\frac{3,1}{0}$
2C/22	3	$\frac{5}{0}$	$\frac{8}{17,4}$	$\frac{7}{2,3}$	$\frac{4}{1,8}$
14C/24	4	$\frac{5}{0}$	$\frac{4,2}{2,3}$	–	$\frac{2,0}{0}$
5C/21	4	$\frac{3,4}{0}$	$\frac{8,0}{3,6}$	$\frac{3,0}{0,7}$	–
4C/22	5	$\frac{7}{0}$	$\frac{5,6}{6,2}$	$\frac{5}{1,7}$	–
7A/24	11	$\frac{4,6}{0}$	$\frac{6,9}{2,5}$	$\frac{4}{7,3}$	$\frac{9}{1,0}$
Контроль Reference		$\frac{2,7-90,0}{0-213,3}$	$\frac{2,5-65}{0-28,5}$	$\frac{0,6-40,0}{0-6,5}$	$\frac{0,4-21,3}{0-25,0}$

В насаждениях С. яг. и С. зм. яг. одним из доминирующих видов ЖНП является черника обыкновенная, в частности наблюдаются высокопродуктивные черничники с проективным покрытием до 90 % и урожайностью выше 200,0 кг/га. В результате пожара во всех изучаемых насаждениях черника полностью гибнет. Первые два года послепожарной сукцессии черника в ЖНП отсутствует. Появляется только спустя 3–5 лет, после чего проективное покрытие постепенно увеличивается, составляя всего 3,4–7 %. Плодоношение при этом отсутствует.

Спустя 3–11 лет после пожара в ЖНП некоторых ПП наблюдается разрастание брусники обыкновенной и земляники обыкновенной. Тем не менее в рассматриваемом временном промежутке послепожарной сукцессии заросли не характеризуются значительной продуктивностью. Проективное покрытие брусники составляет 2,0–6,9 % при урожайности всего 3,4–17,4 кг/га. Проективное покрытие земляники – 1,6–7 %, а урожайность составляет от 0 до 7,3 кг/га.

Костяника присутствует на многих исследуемых объектах. Проективное покрытие небольшое – не более 9 % при урожайности до 2 кг/га.

Таким образом, после устойчивых низовых пожаров в рассматриваемых лесорастительных условиях ресурсы дикорастущих ягод в ЖНП значительно снижаются и не представляют хозяйственной ценности, в том числе заросли брусники и земляники. На протяжении последующих 10 лет ресурсы дикорастущих ягод не восстанавливаются.

Ситуация с плодовыми растениями подлеска обстоит противоположным образом. В течение 2–6 лет после пожара на многих ПП наблюдается развитие кустарничков шиповника иглистого (*Rosa acicularis* Lindl.) и малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.). Согласно данным табл. 3, гу-

стота шиповника может превышать 9 тыс. шт./га, при этом урожайность сравнительно небольшая: 3,0–6,7 кг/га. Густота малины на отдельных ПП в насаждениях травянистых типов леса составляет 5–6 тыс. шт./га, а урожайность на момент учета – 13,3–63,3 кг/га. В насаждениях С. яг. и С. зм. яг. малинники на горельниках и гарях относительно малопродуктивны. Наиболее продуктивные по урожайности и значительные по густоте заросли шиповника и малины наблюдаются на гарях после сплошных санитарных рубок и в горельниках после гибели значительной части древостоя.

Также на ПП из плодовых растений подлеска присутствует рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) и жимолость голубая (*Lonicera caerulea* L.). Их густота и урожайность на момент учета незначительны.

В табл. 4 представлены сведения о ресурсах пищевых и лекарственных растений в ЖНП. Всего на горельниках и гарях С. яг. и С. зм. яг. в ЖНП присутствует от одного до пяти видов лекарственных растений общей надземной фитомассой от 19,9 до 628,3 кг/га в абсолютно сухом состоянии. Подавляющая часть (до 100 %) приходится на один вид – кипрея узколистного (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.). В послепожарных насаждениях С. ртр. и С. тр. кипрей также имеет значительную фитомассу (до 286,4 кг/га в абсолютно сухом состоянии). При этом в ЖНП достаточно большое видовое разнообразие пищевых и лекарственных растений: 6–11 видов суммарной надземной фитомассой от 137,4 до 409,5 кг/га в абсолютно сухом состоянии. Это такие виды, как хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.), вероника дубравная (*Veronica chamaedrys* L.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), щитовник линнея (*Gymnocarpium dryopteris* L.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.) и др.

Таблица 3

Table 3

Ресурсы плодовых растений подлеска, $\frac{\text{Густота, шт./га}}{\text{Урожайность, кг/га}}$
 Undergrowth fruit plant resources, $\frac{\text{Density, pcs/ha}}{\text{Yield, kg/ha}}$

№ ПП № SP	Давность пожара, лет Period after fire, years	Шиповник иглистый <i>Rosa acicularis</i> Lindl.	Малина обыкновенная <i>Rubus idaeus</i> L.	Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Жимолость голубая <i>Lonicera caerulea</i> L.
Сосняк разнотравный (С. ртр.) и травянистый (С. тр.) Mixed-grass pine and grassy pine forest types					
2A/24	1	–	–	$\frac{1200}{0}$	–
3P/24	4	–	$\frac{5167}{63,3}$	–	–
5C/21	4	$\frac{2366}{6,7}$	$\frac{6098}{24,0}$	$\frac{124}{0}$	$\frac{202}{0}$
3C/22	8	$\frac{9133}{0}$	$\frac{467}{13,3}$	$\frac{1333}{0}$	–
Контроль Reference		$\frac{0-3260}{0-12,4}$	$\frac{0-4112}{0-8,0}$	$\frac{0-1426}{0}$	$\frac{0-320}{0-10,5}$
Сосняк ягодниковый (С. яг.) и зеленомошно-ягодниковый (С. зм. яг.) Berry pine and green moss berry pine forest types					
1C/22	1	$\frac{1680}{0}$	–	–	–
21C/21	1	–	–	–	–
2P/24	1	$\frac{1122}{0}$	$\frac{864}{0}$	$\frac{824}{0}$	–
17C/21	2	$\frac{1333}{0}$	$\frac{1200}{0}$	–	–
2C/22	3	$\frac{1000}{7,0}$	$\frac{1480}{7,4}$	$\frac{760}{0}$	$\frac{80}{0}$
14C/24	4	$\frac{612}{10,2}$	–	$\frac{120}{0}$	$\frac{102}{0}$
5C/21	4	$\frac{1333}{3,0}$	$\frac{276}{0}$	–	–
4C/22	5	$\frac{220}{11,4}$	$\frac{440}{0}$	$\frac{204}{0}$	–
7A/24	11	$\frac{250}{0}$	$\frac{400}{0}$	–	–
Контроль Reference		$\frac{0-4212}{0-11,4}$	$\frac{0-1112}{0}$	$\frac{0-2048}{0-14,8}$	$\frac{0-216}{0-12,2}$

Таблица 4
Table 4Пищевые и лекарственные растения ЖНП
Food and medicinal plants of living ground cover

№ ПП № SP	Давность пожара, лет Period after the fire, years	Количество видов ЛРС, шт. Number of types of medicinal plants, piec.	Надземная фитомасса ЛРС в абсолютно сухом состоянии, кг/га Aboveground phytomass of medicinal plants in dry condition, kg/ha	Ресурсы кипрея узколистного <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	
				Проективное покрытие, % projective cover, %	Надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии, кг/га Aboveground phytomass in dry condition, kg/ha
Сосняк разнотравный (С. тр.) и травянистый (С. тр.) Mixed-grass pine and grassy pine forest types					
2A/24	1	3	137,4	–	–
3P/24	2	6	409,5	26,8	182,4
5C/21	4	7	350,6	40,0	286,4
3C/22	8	11	359,8	36,0	102,6
Контроль Reference		3–19	12,0–362,4	0–6,0	0–24,6
Сосняк ягодниковый (С. яг.) и зеленомошно-ягодниковый (С. зм. яг.) Berry pine and green moss berry pine forest types					
1C/22	1	1	19,9	6,0	19,9
21C/21	1	1	76,0	9,5	76,0
2P/24	1	3	52,0	12,0	46,2
17C/21	2	2	512,6	56,0	509,8
2C/22	3	2	23,3	–	–
14C/24	4	1	628,3	82,0	628,3
5C/21	4	1	207,3	24,0	207,3
4C/22	5	1	82,7	8,5	82,7
7A/24	11	5	27,5	–	–
Контроль Reference		0–12	0–98,4	0–4,6	0–7,2

Выводы

1. Влияние лесных пожаров на дикорастущие пищевые и лекарственные ресурсы неоднозначно.

2. Последствием пожаров является гибель дикорастущих черничников. На протяжении изучаемого послепожарного периода они не восстанавливаются. Черника появляется в ЖНП спустя 3–5 лет, присутствует единично либо спорадически, продуцируя незначительный урожай плодов. Проективное покрытие не превышает 5 %.

3. В отдельных насаждениях С. яг. спустя 5–8 лет после пожара наблюдается заметное разрастание брусники и земляники, проективное покрытие которых достигает 8 %. При этом на объектах исследования, несмотря на омоложение кустарничков и оптимальные условия освещенности подпологового пространства, формирование продуктивных брусничников и земляничников не наблюдается. Урожайность брусники составляет всего 0,4–17,4 кг/га, земляники – 0–7,3 кг/га.

4. На горельниках и гарях в период 5–11 лет после пожара на отдельных участках наблюдается разрастание малины и шиповника. Некоторые заросли малины имеют урожайность до 63,3 кг/га, что делает их хозяйственно значимыми. Наиболее продуктивные малинники наблюдаются в насаждениях С. тр. и С. ртр. после сплошных санитарных рубок. Шиповник присутствует практически повсеместно, его густота достигает 9133 шт./га, а урожайность 11,4 кг/га.

5. В насаждениях С. тр. и С. ртр. после пожаров увеличивается количество видов дикорастущих лекарственных растений ЖНП по сравнению с таковым на контроле. Всего на объектах исследования фиксируется от 1 до 12 видов. При этом значительными запасами обладает только кипрей узколистый. Его фитомасса достигает 628,3 кг/га в абсолютно сухом состоянии.

Список источников

- Аржанников Ю. А., Панин И. А. Характеристика запасов дикорастущих пищевых и лекарственных растений сосняка ягодникового Березовского лесничества Свердловской области // Оптимизация лесопользования : матер. Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием. Екатеринбург, 2023. С. 236–240.
- Бунькова Н. П., Залесов С. В., Залесова Е. С. Основы фитомониторинга. Изд. 3-е, доп. и перераб. Екатеринбург, 2020. 90 с.
- Динамика видов медоносных растений на гарях / Т. Т. Х. Нгуен, А. В. Грязькин, Н. Х. Нгуен, М. А. Новикова // Аграрный научный журнал. 2015. № 7. С. 29–34.
- Динамика видового состава медоносов на постагrogenных и лесных землях / А. В. Грязькин, С. Г. Парамонов, Е. И. Семенова, М. А. Хоанг // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 4–7. DOI 10.28983/asj.y2022i8pp4-7
- Залесов С. В. Лесная пирология : учебник. 4-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург, 2021. 396 с.
- Лузан А. А., Саловаров В. О. Проективное покрытие ягодоносных зарослей черники (*Vaccinium myrtillus* L.) на местах пожаров и вырубок // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2024. № 1 (177). С. 20–23.
- Оценка горимости лесов в Российской Федерации / Л. Е. Кузнецов, А. М. Ерицов, И. М. Секерин [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 93–101. DOI: 10.51318/FRET.2024.31.73.008
- Панин И. А., Аржанников Ю. А. Ресурсы дикорастущих ягодных растений живого напочвенного покрова в сосняке ягодниковом и разнотравном в условиях УУОЛ УГЛТУ // Оптимизация лесопользования : матер. Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием. Екатеринбург, 2023. С. 230–235.
- Панин И. А., Аржанников Ю. А. Ресурсы черники обыкновенной в насаждениях сосняка ягодникового подзоны средней тайги Свердловской области // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 26–34.
- Панин И. А., Белов Л. А. Определение ресурсов дикорастущих пищевых и лекарственных растений : учеб. пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. 87 с.
- Панин И. А., Залесов С. В. Восстановление ресурсов дикорастущих ягодников в постпирогенных биогеоценозах горного Урала // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. : Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 3 (39). С. 68–75.
- Петрунин Н. А. Индикативный анализ горимости лесов в России // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2022. № 4. С. 115–137.
- Состав и запасы ресурсных видов растений на постпирогенных землях / О. И. Гаврилова, А. В. Грязькин, Т. Чэн, Е. И. Семенова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. № 243. С. 28–45. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.243.28-45

- Структурные особенности лесных фитоценозов формирующихся на скальниках после пожара / *А. В. Грязькин, О. И. Гаврилова, Т. Чэн, Е. И. Семенова* // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2023. Т. 27, № 3. С. 18–25. DOI 10.18698/2542-1468-2023-3-18-25
- Чудновская Г. В., Гутник Е. Т.* Влияние лесных пожаров на восстановление травянисто-кустарничкового яруса сосновых лесов Восточного Прибайкалья // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании : сб. науч. тр. SWORLD по матер. междуна. науч.-практ. конф. Одесса : Черноморье, 2011. Т. 34. Вып. 4. С. 80–83.

References

- Arzhannikov Yu. A., Panin I. A. Stock characteristics of wild food and medicinal plants in the berry pine forest of the Berezovsky forestry in the Sverdlovsk region // Optimization of forest management : materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation. Yekaterinburg, 2023. P. 236–240. (In Russ.)
- Assessment of forest burnability in the Russian Federation / *L. E. Kuznetsov, A. M. Yeritsov, I. M. Sekerin* [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 93–101. DOI: 10.51318/FRET.2024.31.73.008 (In Russ.)
- Bunkova N. P., Zalesov S. V., Zalesova E. S.* Fundamentals of phytomonitoring. 3rd edition, supplemented and revised. Yekaterinburg, 2020. 90 p.
- Chudnovskaya G. V., Gutnik E. T.* The impact of forest fires on the restoration of the herbaceous and shrubby layer of pine forests in the Eastern Baikal region // Modern problems and ways to solve them in science, transport, production and education : Collection of scientific works by SWORLD in mater. international scientific- practice. Conf, Odessa : Publishing house of the Black Sea region, 2011. Vol. 34. Issue 4. P. 80–83. (In Russ.)
- Composition and reserves of resource plant species on post-pyrogenic lands / *O. I. Gavrilova, A. V. Gryazkin, T. Cheng, E. I. Semenova* // Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy. 2023. № 243. P. 28–45. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.243.28-45 (In Russ.)
- Dynamics of honey-bearing plant species in the burning / *T. T. H. Nguyen, A. V. Gryazkin, N. H. Nguyen, M. A. Novikova* // Agrarian Scientific Journal. 2015. № 7. P. 29–34. (In Russ.)
- Dynamics of the species composition of honeybees on postagrogenic and forest lands / *A. V. Gryazkin, S. G. Paramonov, E. I. Semenova, M. A. Hoang* // Agrarian Scientific Journal. 2022. № 8. P. 4–7. DOI: 10.28983/asj.y2022i8pp4-7 (In Russ.)
- Luzan A. A., Salovarov V. O.* Projective covering of berry-bearing thickets of blueberries (*Vaccinium myrtillus* L.) in places of fires and logging // Use and protection of natural resources in Russia. 2024. № 1 (177). P. 20–23. (In Russ.)
- Panin I. A., Arzhannikov Yu. A.* Resources blueberries of berries pine forest of subzone middle boreal forest of Sverdlovsk region /// Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 26–34. (In Russ.)
- Panin I. A., Arzhannikov Yu. A.* Resources of wild berry plants of living ground cover in berry and herbaceous pine forests in the conditions of Ural educational and experienced forestry of USFEU // Optimization of forest management : materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation dedicated. Yekaterinburg, 2023. P. 230–235. (In Russ.)
- Panin I. A., Belov L. A.* Determining the resources of wild food and medicinal plants : textbook. Yekaterinburg : USFEU, 2022. 87 p.
- Panin I. A., Zalesov S. V.* Restoration of wild berry resources in post-pyrogenic biogeocenoses of the mountainous Urals // Bulletin of the Volga State Technological University. Ser.: Les. Ecology. Environmental management. 2018. № 3 (39). P. 68–75. (In Russ.)

Petrinin N. A. Indicative analysis of forest burning in Russia // Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry. 2022. № 4. P. 115–137. (In Russ.)

Structural features of forest phytocenoses formed on rock formations after a fire / *A. V. Gryazkin, O. I. Gavrilova, T. Chen, E. I. Semenova* // Forestry Bulletin. 2023. Vol. 27, № 3. P. 18–25. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-3-18-25 (In Russ.)

Zalesov S. V. Forest pyrology : textbook. 4th ed., revised and add. Yekaterinburg, 2021. 396 p.

Информация об авторах

И. А. Панин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

I. A. Panin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 26.04.2025; принята к публикации 15.07.2025.

The article was submitted 26.04.2025; accepted for publication 15.07.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 61–71.

Forest of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 61–71.

Научная статья

УДК 630.232.21:631.618

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.006

ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОСЛЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫРАБОТАННОГО ГРАНИТНОГО КАРЬЕРА

Р. А. Осипенко¹, В. С. Котова², С. А. Медведев³, А. Е. Осипенко⁴,
С. В. Залесов⁵

¹⁻⁵ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Регина Александровна Осипенко,
Osipenkora@m.usfeu.ru

Аннотация. На примере выработанной части Исетского гранитного карьера, расположенного в Средне-Уральском таежном лесном районе, предпринята попытка установления видового состава, надземной фитомассы и проективного покрытия ЖНП. В основу исследований положен метод учетных площадок со срезанием видов ЖНП на уровне поверхности почвы с последующим установлением в лабораторных условиях видового состава и надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии. Установлено, что в первые 1,5 года после проведения рекультивационных работ насчитывалось 8–13 видов ЖНП. При этом из-за мозаичности почв списки видов ЖНП характеризуются малым соответствием. Надземная фитомасса ЖНП варьируется в зависимости от толщины отсыпки почвогрунта от 389,7 до 1348 кг/га в абсолютно сухом состоянии. При этом 63,4–90,7 % надземной фитомассы приходится на виды синантропного ценоза. Основная доля надземной фитомассы представлена во всех вариантах опыта 1–2 видами, на долю которых приходится 62,3–90,2 %. Проективное покрытие видов ЖНП варьируется от 36,8 до 72,0 %. Относительно низкие показатели проективного покрытия позволяют отказаться от агротехнических уходов при создании лесных культур на нарушенных землях при рекультивации гранитных карьеров.

Ключевые слова: гранитный карьер, нарушенные земли, рекультивация, лесные культуры, живой напочвенный покров, надземная фитомасса, проективное покрытие

Для цитирования: Характеристика живого напочвенного покрова после рекультивации выработанного гранитного карьера / Р. А. Осипенко, В. С. Котова, С. А. Медведев [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 61–71.

Original article

CHARACTERISTICS OF THE LIVING GROUND COVER AFTER RECLAMATION OF A DEPLETED GRANITE QUARRY

Regina A. Osipenko¹, Veronika S. Kotova², Semyon A. Medvedev³, Alexey E. Osipenko⁴, Sergey V. Zalesov⁵

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

Corresponding author: Regina A. Osipenko,
Osipenkora@m.usfeu.ru

Abstract. Using the example of the depleted section of the Isetsky granite quarry, located in the Middle Ural taiga forest region, an attempt was made to determine the species composition, aboveground phytomass, and projective cover of the living ground cover (LGC). The research was based on a survey plot method, with LGC species being cut off at the soil surface, followed by laboratory determination of the species composition and aboveground phytomass in a completely dry state. It was established that in the first 1,5 years after reclamation work, 8–13 LGC species were counted. However, due to the mosaic nature of the soils, the lists of LGC species are characterized by low correspondence. The aboveground phytomass of the LGC varies, depending on the soil filling thickness, from 389,7 to 1,348 kg/ha in a completely dry state. Synanthropic species account for 63,4–90,7 % of this aboveground phytomass. In all experimental variants, the majority of the aboveground phytomass is represented by 1–2 species, which account for 62,3–90,2 %. The projective cover of the LGC species varies from 36,8 to 72,0 %. Relatively low projective cover values allow for the elimination of agronomic interventions when establishing forest crops on disturbed lands during granite quarry reclamation.

Keywords: granite quarry, disturbed lands, reclamation, forest crops, living ground cover, aboveground phytomass, projective cover

For citation: Characteristics of the living ground cover after reclamation of a depleted granite quarry / R. A. Osipenko, V. S. Kotova, S. A. Medvedev [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 61–71.

Введение

Лесохозяйственное направление рекультивации нарушенных земель включает два основных этапа: технический и биологический. При техническом этапе производится уборка бытового и производственного мусора, демонтаж имеющихся сооружений, выравнивание поверхности, сглаживание откосов и, как правило, покрытие поверхности слоем почвогрунта. Последнее обусловлено тем, что большинство нарушенных земель не обладает почвенным плодородием и представляет собой либо материнскую породу, либо отходы обогащения бедных руд.

При биологическом этапе лесохозяйственного направления рекультивации производится со-

здание лесных культур с последующим формированием искусственных насаждений. На Урале работы в данном направлении ведутся уже давно и накоплен значительный опыт выращивания искусственных насаждений на различных видах нарушенных земель (Формирование..., 2013; Новоселова и др., 2016; Опыт создания..., 2017; Рекультивация..., 2018; Бачурина и др., 2020; Зарипов и др., 2020; Experiences..., 2020; Осипенко и др., 2021; Залесов и др., 2022; Vachurina et al., 2022; Петров и др., 2023; Создание карбоновых ферм..., 2025).

Однако в первые годы после создания лесных культур сеянцы или саженцы, высаженные в процессе лесоразведения на рекультивируемые

нарушенные земли, не в состоянии противодействовать ветровой и водной эрозии почвогрунта. Поэтому важное значение имеет развитие живого напочвенного покрова (ЖНП), который, помимо предотвращения эрозионных процессов, в ходе фотосинтеза депонирует из атмосферного воздуха углерод в свои ткани, а также выделяет кислород. Особо следует отметить, что часть задепонированного в растениях углерода консервируется в почве и лесной подстилке, что в определенной степени решает проблему предотвращения потепления, а также создает основу для выращивания в будущем высокопроизводительных насаждений на создаваемых в результате отпада ЖНП плодородных почвах.

В то же время если работ по созданию искусственных насаждений в научной литературе довольно много, то по формированию ЖНП после проведения технического этапа рекультивационных работ и создания лесных культур относительно немного (Залесов и др., 2014; Видовое разнообразие..., 2025).

Цель, методика и объекты исследования

Цель работы – анализ видового разнообразия, надземной фитомассы и проективного покрытия ЖНП спустя год после проведения рекультивационных работ на выработанном гранитном карьере при разной толщине отсыпки почвогрунта.

Объектом исследований служила выработанная часть Исетского гранитного карьера, где с 2021 г. ведутся рекультивационные работы. Указанный карьер расположен в Уральском учебно-опытном лесхозе, территория которого в соответствии с действующим районированием (Об утверждении..., 2014) относится к Средне-Уральскому таежному району. Подробная характеристика указанного карьера приведена в ранее опубликованных работах (Определение перспективности..., 2023; Карбоновые полигоны..., 2025).

В процессе технического этапа рекультивации на поверхность выработанной части гранитного карьера был нанесен слой почвогрунта, смешанного с отсевом, т. е. отходом производства щебня,

разной толщины. Варианты опыта при проведении технического этапа рекультивационных работ были следующими:

1а – отсыпка слоем до 0,7–1,0 м;

1б – отсыпка слоем до 0,5 м в пониженной части карьера, что обусловило повышение влажности почвогрунта;

1в – отсыпка слоем до 0,25 м с выступами гранита на поверхность;

1г – отсыпка слоем до 0,5 м.

Внешний вид отсыпанного участка карьера приведен на рис. 1 и 2.

Работы по отсыпке почвогрунта в вариантах 1а, 1б и 1в были закончены поздней осенью 2022 г., а весной 2023 г. здесь были созданы лесные культуры посадкой сеянцев с открытой (ОКС) и закрытой (ЗКС) корневыми системами. Посадка производилась рядами с расстоянием между ними 2,5 м и шагом посадки 1,0 м. В варианте 1г по той же схеме производилась посадка сеянцев осенью 2023 г. на почвогрунт, отсыпанный в летние месяцы.

В июле 2025 г. на участках всех вариантов опыта были проанализированы видовой состав, надземная фитомасса и проективное покрытие ЖНП.



Рис. 1. Отсыпка почвогрунтом в варианте 1а
Fig. 1. Soil filling in option 1a



Рис. 2. Отсыпка грунтом в варианте 1в
Fig. 2. Soil filling in option 1b

Для этого в каждом варианте опыта было заложено равномерно по площади 15–20 учетных площадок размером 0,5×0,5 м. На всех учетных площадках был срезан ЖНП на уровне поверхности почвы и помещен в бумажные пакеты в соответствии с апробированной методикой (Данчева и др., 2023).

В лабораторных условиях ЖНП с каждой учетной площадки разбирались по видам с использованием определителя П. В. Куликова (2010), а затем каждый вид был взвешен и отобраны образцы для определения массы в абсолютно сухом состоянии. Для этого собранные образцы высушивались при температуре 105 °С до прекращения изменения массы.

Степень общности видов ЖНП по вариантам опыта устанавливалась на основании коэффициента Жаккара (Основы фитомониторинга, 2020) в соответствии с табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Степень общности списков (вариантов) ЖНП
The degree of generality of the lists (options)
of the LGC

Степень общности Degree of generality	Коэффициент Жаккара The Jacquard coefficient
Нет соответствия There is no match	Менее 0,2 Less 0,2
Малое соответствие Low match	0,2–0,65
Большое соответствие Great match	0,66–0,99
Полное соответствие Full match	1,0

Все виды ЖНП разделялись по ценотипам: лесные, лесолуговые, луговые, синантропные, болотные (Горчаковский, 1979).

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что характеристика ЖНП зависит от давности проведения рекультивационных работ и толщины насыпного слоя почвогрунта (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Распределение видов ЖНП по ценотипам, шт./ %
Distribution of LGC species by cenotypes, pcs./ %

Вариант опыта Experience option	Толщина отсыпки, м Filling thickness, m	Ценотип Cenotype					Итого Total
		лесной forest	лесолуговой forest and meadow	луговой meadow	синантропный synanthropic	болотный swamp	
1а	0,7–1,0	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2,0}{20,0}$	$\frac{8,0}{80,0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{100}$
1б	До 0,5	$\frac{0}{0}$	$\frac{1,0}{7,7}$	$\frac{3,0}{23,1}$	$\frac{8,0}{61,5}$	$\frac{1,0}{7,7}$	$\frac{13}{100}$
1в	До 0,25	$\frac{1,0}{12,5}$	$\frac{3,0}{37,5}$	$\frac{1,0}{12,5}$	$\frac{3,0}{37,5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{8}{100}$
1г	До 0,5	$\frac{1,0}{10,0}$	$\frac{3,0}{30,0}$	$\frac{2,0}{20,0}$	$\frac{4,0}{40,0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{100}$

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что количество видов ЖНП по вариантам опытов варьируется от 8 до 10 шт. При этом распределение видов ЖНП по ценотипам существенно различается. Так, зафиксирован лишь один вид болотного цено-типа и два вида лесного цено-типа.

Большинство видов относятся к синантропно-му цено-типу, на долю которых приходится от 37,5 до 80,0 % общего количества видов по вариантам опыта.

В соответствии с методикой исследований рас-считаны коэффициенты Жаккара, определяющие соответствие видов ЖНП между вариантами опы-та (табл. 3).

Данные, приведенные в табл. 3, свидетельству-ют, что списки видов ЖНП между вариантами 1б и 1в, а также 1б и 1г не соответствуют друг другу, а между остальными вариантами опыта характе-ризуются малым соответствием.

Общая надземная фитомасса ЖНП по вари-антам опыта варьируется от 389,7 до 1348,8 кг/га в абсолютно сухом состоянии (табл. 4).

Таблица 3
Table 3

Значения коэффициентов Жаккара по вариантам опыта
Values of the Jaccard coefficients according to the experience options

Вариант Option	Вариант Option		
	1а 1а	1б 1b	1в 1c
1а 1а	–	0,35	0,20
1б 1b	0,35	–	0,25
1в 1c	0,20	0,17	–
1г 1d	0,25	0,15	0,29

Таблица 4
Table 4

Характеристика живого напочвенного покрова на Исетском гранитном карьере по вариантам отсыпки (июль 2024 г.)
Characteristics of living ground cover at the Isetsky granite quarry by filling options (July 2024)

Видовое название Specific name	Масса в абсолютно-сухом состоянии, кг/га / % Weight in a completely dry state, kg/ha / %				Среднее проективное покрытие, % / % Average projective coverage, % / %			
	1а	1б	1в	1г	1а	1б	1в	1г
Лесной ценотип Forest cenotype								
Земляника лесная <i>Fragaria vesca</i> L.	–	–	<u>0,6</u> 0,1	–	–	–	<u>0,2</u> 0,6	–
Орляк обыкновенный <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	–	–	–	<u>4,0</u> 1,0	–	–	–	<u>0,5</u> 1,4
Итого лесной ценотип Total forest cenotype	–	–	<u>0,6</u> 0,1	<u>4,0</u> 1,0	–	–	<u>0,2</u> 0,6	<u>0,5</u> 1,4
Лесолуговой ценотип Forest meadow cenotype								
Вейник наземный <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	–	–	<u>12,4</u> 2,1	<u>2,3</u> 0,6	–	–	<u>2,0</u> 6,0	<u>1,0</u> 2,7
Вербейник обыкновенный <i>Lysimachia vulgaris</i> L.	–	<u>24,7</u> 2,7	–	–	–	<u>2,5</u> 3,5	–	–

Продолжение табл. 4
Continuation of the table 4

Видовое название Specific name	Масса в абсолютно-сухом состоянии, кг/га / % Weight in a completely dry state, kg/ha / %				Среднее проективное покрытие, % / % Average projective coverage, % / %			
	1а	1б	1в	1г	1а	1б	1в	1г
Вероника лекарственная <i>Veronica officinalis</i> L.	–	–	–	$\frac{3,8}{1,0}$	–	–	–	$\frac{0,7}{1,9}$
Клевер люпиновый <i>Trifolium lupinaster</i> L.	–	–	$\frac{7,3}{1,2}$	–	–	–	$\frac{0,2}{0,6}$	–
Фиалка собачья <i>Viola canina</i> L.	–	–	$\frac{8,7}{1,5}$	$\frac{1,2}{0,3}$	–	–	$\frac{1,4}{4,2}$	$\frac{0,7}{1,9}$
Итого лесолуговой ценотип Total forest meadow cenotype	–	$\frac{24,7}{2,7}$	$\frac{28,4}{4,8}$	$\frac{7,3}{1,9}$	–	$\frac{2,5}{3,5}$	$\frac{3,6}{10,8}$	$\frac{2,4}{6,5}$
Луговой ценотип Meadow cenotype								
Клевер луговой <i>Trifolium pratense</i> L.	$\frac{491,7}{36,5}$	$\frac{41,3}{4,5}$	–	–	$\frac{13,0}{24,8}$	$\frac{1,7}{2,4}$	–	–
Мятлик обыкновенный <i>Poa trivialis</i> L.	$\frac{1,4}{0,1}$	$\frac{68,5}{7,5}$	$\frac{25,9}{4,4}$	$\frac{41,8}{10,8}$	$\frac{0,9}{1,7}$	$\frac{5,3}{7,4}$	$\frac{1,0}{3,0}$	$\frac{2,4}{6,5}$
Кульбаба осенняя <i>Scorzoneroides autumnalis</i> (L.) Moench	–	$\frac{0,8}{0,1}$	–	$\frac{0,8}{0,2}$	–	$\frac{0,8}{1,1}$	–	$\frac{0,5}{1,4}$
Итого луговой ценотип Total meadow cenotype	$\frac{493,1}{36,6}$	$\frac{110,5}{12,1}$	$\frac{25,9}{4,4}$	$\frac{42,7}{11,0}$	$\frac{13,9}{26,5}$	$\frac{7,8}{10,9}$	$\frac{1,0}{3,0}$	$\frac{2,9}{7,9}$
Синантропный ценотип Synanthropic cenotype								
Горец птичий <i>Polygonum aviculare</i> L.	$\frac{1,9}{0,1}$	–	–	–	$\frac{0,2}{0,4}$	–	–	–
Жабник полевой <i>Filago arvensis</i> L.	$\frac{22,1}{1,6}$	–	–	–	$\frac{1,2}{2,3}$	–	–	–
Иван-чай узколистный <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	$\frac{212,0}{15,7}$	$\frac{1,9}{0,2}$	$\frac{384,0}{65,5}$	$\frac{13,8}{3,5}$	$\frac{3,7}{7,1}$	$\frac{0,3}{0,4}$	$\frac{18,0}{53,9}$	$\frac{3,3}{9,0}$
Кипрей железистостебельный <i>Epilobium adenocaulon</i> Hausskn.	$\frac{0,4}{0,0}$	–	–	$\frac{10,8}{2,8}$	$\frac{0,2}{0,4}$	–	–	$\frac{2,2}{6,0}$
Клевер ползучий <i>Trifolium repens</i> L.	$\frac{0,5}{0,0}$	$\frac{52,7}{5,8}$	–	–	$\frac{1,0}{1,9}$	$\frac{4,2}{5,8}$	–	–
Крестовник клейкий <i>Senecio viscosus</i> L.	$\frac{43,6}{3,2}$	–	–	$\frac{289,7}{74,3}$	$\frac{4,2}{8,0}$	–	–	$\frac{23,5}{63,8}$
Лапчатка норвежская <i>Potentilla norvegica</i> L.	$\frac{57,3}{4,3}$	$\frac{121,0}{13,3}$	–	–	$\frac{4,0}{7,6}$	$\frac{9,2}{12,8}$	–	–
Лапчатка расprostертая <i>Potentilla humifusa</i> Willd. ex D.F.K. Schltl.	–	–	–	$\frac{21,4}{5,5}$	–	–	–	$\frac{2,0}{5,4}$
Мать-и-мачеха обыкновенная <i>Tussilago farfara</i> L.	–	–	$\frac{2,7}{0,5}$	–	–	–	$\frac{0,6}{1,8}$	–
Одуванчик лекарственный <i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	–	$\frac{1,5}{0,2}$	–	–	–	$\frac{0,3}{0,4}$	–	–
Подорожник средний <i>Plantago media</i> L.	–	$\frac{5,3}{0,6}$	–	–	–	$\frac{1,5}{2,1}$	–	–
Полынь австрийская <i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	–	$\frac{8,2}{0,9}$	–	–	–	$\frac{0,8}{1,1}$	–	–
Ромашка безъязычковая <i>Matricaria discoidea</i> DC.	–	$\frac{16,9}{1,9}$	–	–	–	$\frac{5,0}{6,9}$	–	–

Окончание табл. 4
The end of the table 4

Видовое название Specific name	Масса в абсолютно-сухом состоянии, кг/га / % Weight in a completely dry state, kg/ha / %				Среднее проективное покрытие, % / % Average projective coverage, % / %			
	1а	1б	1в	1г	1а	1б	1в	1г
Щавелек обыкновенный <i>Rumex acetosella</i> L.	<u>518,0</u> 38,5	<u>444,5</u> 48,6	<u>144,9</u> 24,7	–	<u>24,0</u> 45,8	<u>33,7</u> 46,8	<u>10,0</u> 29,9	–
Итого синантропный ценотип Total synanthropic type	<u>855,8</u> 63,4	<u>652,0</u> 71,5	<u>531,6</u> 90,7	<u>335,7</u> 86,1	<u>38,5</u> 73,5	<u>55,0</u> 76,3	<u>28,6</u> 85,6	<u>31,0</u> 84,2
Болотный ценотип Swamp cenotype								
Ситник членистый <i>Juncus articulatus</i> L.	–	<u>125,1</u> 13,7	–	–	–	<u>6,7</u> 9,3	–	–
Итого болотный ценотип Total swamp cenotype	–	<u>125,1</u> 13,7	–	–	–	<u>6,7</u> 9,3	–	–
Всего по вариантам отсыпки Total by filling options	<u>1348,8</u> 100	<u>912,3</u> 100	<u>586,5</u> 100	<u>389,7</u> 100	<u>52,4</u> 100	<u>72,0</u> 100	<u>33,4</u> 100	<u>36,8</u> 100

С увеличением толщины слоя отсыпки надземная фитомасса увеличивается. При толщине отсыпки до 0,25 м она составляет 586,5 кг/га, а при толщине от 0,7 до 1,0 м – 1348,8 кг/га. Вариант 1г, где рекультивация была проведена осенью прошлого года, характеризуется минимальной надземной фитомассой ЖНП. В общей надземной фитомассе доминируют виды синантропного ценотипа, на долю которых приходится от 63,4 до 90,7 % общей надземной фитомассы. При этом доля лесных видов в надземной фитомассе не превышает 1,0 %.

Во всех вариантах опыта основная доля в надземной фитомассе приходится на 1–2 вида ЖНП. Так, в варианте 1а в надземной фитомассе доминируют щавелек обыкновенный (*Rumex acetosella* L.) и клевер луговой (*Trifolium pretense* L.), на долю которых приходится 75,0 % общей надземной фитомассы. В варианте 1б доминируют щавелек обыкновенный (*Rumex acetosella* L.) и ситник членистый (*Juncus articulatus* L.), составляющие 62,3 % надземной фитомассы. В варианте 1в доминируют иван-чай узколистый (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) и щавелек обыкновенный (*Rumex acetosella* L.), составляющие в совокупности 90,2 %, а в варианте 1г – крестовник клейкий (*Senecio viscosus* L.) – 74,3 %.

Особо следует отметить, что связь между количеством видов и их надземной фитомассой по вариантам опыта отсутствует.

При оценке ЖНП важное значение имеет его проективное покрытие. Выполненные исследования показали, что в первый год после создания лесных культур при рекультивации нарушенных земель проективное покрытие ЖНП составляет 36,8 %, а через полтора года оно варьируется от 72,0 до 33,4 %. При этом минимальное проективное покрытие зафиксировано в варианте 1в, где толщина отсыпки не превышает 0,25 м. Максимальное проективное покрытие сформировалось в варианте 1б, где, как было отмечено ранее, влажность почвогрунта выше, чем на других участках. Относительно невысокие показатели проективного покрытия, особенно злаковых и осоковых видов, позволяют отказаться в первые годы после создания лесных культур на рекультивируемых землях от агротехнических уходов.

Выводы

1. При рекультивации выработанных гранитных карьеров в Средне-Уральском таежном лесном районе необходимо при техническом этапе формировать отсыпку почвогрунтом толщиной не менее 0,25 м.

2. На начальном этапе лесовыращивания лесные культуры не оказывают влияния на ЖНП.

3. Спустя 1,5 года после завершения рекультивационных работ количество видов ЖНП в зависимости от толщины отсыпки варьируется от 8 до 13 шт.

4. Повышение влажности почвы способствует увеличению количества видов ЖНП и проективного покрытия.

5. Видовой состав ЖНП по вариантам опыта в подавляющем большинстве характеризуется малым соответствием, что объясняется мозаичностью почвенных условий.

6. Надземная фитомасса ЖНП по вариантам опыта варьируется от 389,7 до 1348,8 кг/га в абсолютно сухом состоянии. При этом 63,4–90,7 % общей надземной фитомассы приходится на синантропные виды.

7. Основу надземной фитомассы ЖНП во всех вариантах опыта составляют 1–2 вида, на долю которых приходится 62,3–90,2 % общей надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии.

8. Относительно низкие показатели проективного покрытия ЖНП позволяют в первые годы отказаться от агротехнических уходов при создании лесных культур в выработанных карьерах гранита.

Список источников

- Бачурина А. В., Залесов С. В., Толкач О. В.* Эффективность лесной рекультивации нарушенных земель в зоне влияния медеплавильного производства // *Экология и промышленность России*. 2020. Т. 24, № 6. С. 67–71. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-6-67-71
- Видовое разнообразие и надземная фитомасса живого напочвенного покрова в насаждениях на дражных отвалах / *А. И. Петров, В. С. Котова, Р. А. Осипенко* [и др.] // *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2025. № 1 (81). С. 89–95. DOI: 10.48012/1817-5457-2025_1_89-95
- Горчаковский П. Л.* Важнейшие типы горных еловых и сосновых лесов южной части Среднего Урала // *Ботанический журнал*. 1979. Т. 64. С. 16–97.
- Данчева А. В., Залесов С. В., Попов А. С.* Лесной экологический мониторинг. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. 146 с.
- Залесов С. В., Зарипов Ю. В., Осипенко Р. А.* Опыт лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных земель при разработке месторождений глины, хризотил-асбеста и редкоземельных руд. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2022. 282 с.
- Залесов С. В., Михеев А. Н., Залесова Е. С.* Формирование растительности на нарушенных землях горных склонов в зоне влияния медеплавильного производства // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 1 (45). С. 15–18.
- Зарипов Ю. В., Залесов С. В., Осипенко Р. А.* Формирование древесной растительности в выработанных карьерах огнеупорной глины // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2020. № 2 (92). Ч. 1. С. 83–88.
- Карбоновые полигоны: мониторинг, геоинформационные системы, секвестрационные технологии : коллективная монография / под ред. С. К. Гулева, А. В. Ольчева. М. : Научный мир, 2025. 420 с.
- Куликов П. В.* Определитель сосудистых растений Челябинской области. Екатеринбург : УрО РАН, 2010. 970 с.
- Новоселова Н. И., Залесов С. В., Магасумова А. Г.* Формирование древесной растительности на бывших сельскохозяйственных угодьях. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 106 с.
- Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации : утв. приказом Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (дата обращения: 20.09.2025).

- Определение перспективности сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) для создания карбоновых ферм / В. С. Котова, И. Е. Корчагин, Е. П. Розинкина [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 4–13. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.001
- Опыт создания лесных культур на солонцах хорошей лесопригодности / С. В. Залесов, О. В. Толкач, И. А. Фрейберг, Н. Ф. Черноусова // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21, № 9. С. 42–47.
- Осипенко Р. А., Зарипов Ю. В., Залесов С. В. Рекультивированные земли как резерв кормовой базы животноводства // Аграрный вестник Урала. 2021. № 5 (208). С. 40–54.
- Основы фитомониторинга / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, Е. С. Залесова [и др.]. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 90 с.
- Петров А. И., Залесов С. В., Котова В. С. Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной на дражных отвалах // Сибирский лесной журнал. 2023. № 3. С. 15–20. DOI: 10.15372/SJFS 20230302
- Рекультивация нарушенных земель на месторождении тантал-бериллия / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, Ю. В. Зарипов [и др.] // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22, № 12. С. 63–67. DOI: 10.18412/1816-0393-2018-12-63-67
- Создание карбоновых ферм на нарушенных землях / С. В. Залесов, К. А. Башегуров, А. Е. Осипенко [и др.] // Сибирской лесной журнал. 2025. № 4. С. 68–76.
- Формирование искусственных насаждений на золоотвале Рефтинской ГРЭС / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. А. Зверев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2013. № 2. С. 66–73.
- Bachurina A. V., Zalesov S. V., Ayan S. Characteristics of plantations on disturbed lands in copper smelting zone in urals, Russia // Forest plantations on disturbed lands forestist. 2022. № 73 (1). P. 42–50. DOI: 10.5152/forestist.2022.22019
- Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia / S. V. Zalesov, S. Ayan, E. S. Zalesova, A. S. Opletaev // Alinteri Journal of Agriculture Sciences. 2020. № 35 (1). P. 7–14. DOI: 10/28955/alinterizbd.696559

References

- Bachurina A. V., Zalesov S. V., Ayan S. Characteristics of plantations on disturbed lands in copper smelting zone in urals, Russia // Forest plantations on disturbed lands forestist. 2022. № 73 (1). P. 42–50. DOI: 10.5152/forestist.2022.22019
- Bachurina A. V., Zalesov S. V., Tolkach O. V. Efficiency of forest reclamation of disturbed lands in the zone of influence of copper smelting // Ecology and industry of Russia. 2020. Vol. 24, № 6. P. 67–71. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-6-67-71 (In Russ.)
- Carbon polygons: monitoring, geoinformation systems, sequestration technologies : collective monograph / edited by S. K. Gulev, A. V. Olchev. Moscow : Scientific World, 2025. 420 p.
- Creation of carbon farms on disturbed lands / S. V. Zalesov, K. A. Bashegurov, A. E. Osipenko [et al.] // Siberian Forest Journal. 2025. № 4. P. 68–76. (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Popov A. S. Forest ecological monitoring. Yekaterinburg : USFEU, 2023. 146 p.
- Determining the prospects of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) perspectiveness determination to create the carbon forms / V. S. Kotova, I. E. Korchagin, E. P. Rozinkina [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 4–13. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.001 (In Russ.)
- Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia / S. V. Zalesov, S. Ayan, E. S. Zalesova, A. S. Opletaev // Alinteri Journal of Agriculture Sciences. 2020. № 35 (1). P. 7–14. DOI: 10/28955/alinterizbd.696559

- Formation of artificial plantings at the ash dump of Reftinskaya GRES / *S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. A. Zverev* [et al.] // News of higher educational institutions. Forest journal. 2013. № 2. P. 66–73. (In Russ.)
- Fundamentals of phytomonitoring / *N. P. Bunkova, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova* [et al.]. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2020. 90 p.
- Gorchakovskiy P. L.* The most important types of mountain spruce and pine forests in the southern part of the Middle Urals // Botanical Journal. 1979. Vol. 64. P. 16–97. (In Russ.)
- Kulikov P. V.* Determinant of vascular plants of the Chelyabinsk region. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2010. 970 p.
- Novoselova N. I., Zalesov S. V., Magasumova A. G.* Formation of woody vegetation on former agricultural lands. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2016. 106 p.
- On approval of the List of Forest-growing Zones of the Russian Federation and the List of Forest Regions of the Russian Federation : Approved by the Government of the Russian Federation. Decree of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 18.08.2014 № 367. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (accessed 20.09.25).
- Osipenko R. A., Zaripov Yu. V., Zalesov S. V.* Recultivated lands as a reserve of livestock feed base // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. № 5 (208). P. 40–54. (In Russ.)
- Petrov A. I., Zalesov S. V., Kotova V. S.* The effectiveness of creating forest crops of Scots pine on drainage dumps // Siberian Forest Journal. 2023. № 3. P. 15–20. DOI: 10.15372/SJFS 20230302 (In Russ.)
- Recultivation of Disturbed Lands at the tantalum-beryllium deposit / *S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, Yu. V. Zaripov* [et al.] // Ecology and Industry of Russia. 2018. Vol. 22, № 12. P. 63–67. DOI: 10.18412/1816-0393-2018-12-63-67 (In Russ.)
- Species diversity and aboveground phytomass of living ground cover in plantations on drainage dumps / *A. I. Petrov, V. S. Kotova, R. A. Osipenko* [et al.] // Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy. 2025. № 1 (81). P. 89–95. DOI: 10.48012/1817-5457-2025_1_89-95 (In Russ.)
- The experience of creating forest crops on salt marshes of good forest suitability / *S. V. Zalesov, O. V. Tolkach, I. A. Freiberg, N. F. Chernousova* // Ecology and Industry of Russia. 2017. Vol. 21, № 9. P. 42–47. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Mikheev A. N., Zalesova E. S.* The formation of vegetation on disturbed lands of mountain slopes in the zone of influence of copper smelting // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2014. № 1 (45). P. 15–18. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Zaripov Yu. V., Osipenko R. A.* The experience of forestry in the field of reclamation of disturbed lands in the development of deposits of clay, chrysotile asbestos and rare earth ores. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2022. 282 p.
- Zaripov Yu. V., Zalesov S. V., Osipenko R. A.* The formation of tree vegetation in worked-out quarries of refractory clay // International Scientific Research Journal. 2020. № 2 (92). Part 1. P. 83–88. (In Russ.)

Информация об авторах

Регина Александровна Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук,

Osipenkora@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3359-3079>

Вероника Сергеевна Котова – студент,

kotovavs@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7342-5577>

Семен Александрович Медведев – аспирант,

medvedevsa@m.usfeu.ru, [https:// orcid.org/0009-0004-4211-605X](https://orcid.org/0009-0004-4211-605X)

Алексей Евгеньевич Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

Osipenkoae@m.usfeu.ru, [https:// orcid.org/0000-0002-6148-1747](https://orcid.org/0000-0002-6148-1747)

Сергей Вениаминович Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.
zalesovsv@m.usfeu.ru, [https:// orcid.org/0000-0003-3779-410X](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X)

Information about the authors

Regina A. Osipenko – Candidate of Agricultural Sciences,
Osipenkora@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3359-3079>

Veronika S. Kotova – student,
kotovavs@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7342-5577>

Semyon A. Medvedev – graduate student,
medvedevsa@m.usfeu.ru, [https:// orcid.org/0009-0004-4211-605x](https://orcid.org/0009-0004-4211-605x)

Alexey E. Osipenko – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Osipenkoae@m.usfeu.ru, [https:// orcid.org/0000-0002-6148-1747](https://orcid.org/0000-0002-6148-1747)

Sergey V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.
zalesovsv@m.usfeu.ru, [https:// orcid.org/0000-0003-3779-410x](https://orcid.org/0000-0003-3779-410x)

Статья поступила в редакцию 29.09.2025; принята к публикации 25.10.2025.

The article was submitted 29.09.2025; accepted for publication 25.10.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 72–78.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 72–78.

Научная статья

УДК 630.331

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.007

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Михаил Алексеевич Любимов

Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

Mikhaillyubimov@vk.com, <http://orcid.org/0009-0008-0253-6892>

Аннотация. Целью работы была количественная оценка влияния кислотности торфяного субстрата и частоты минеральных подкормок на морфогенез однолетних сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой в неавтоматизированных теплицах Среднего Урала. Эксперимент охватил три технологических режима: 1 – верховой торф pH 2,8–3,5 с последовательной фертигацией водорастворимыми удобрениями 13–41–13 → 18–18–18 → 6–12–36; 2 – посадочный материал стороннего производителя, использованный как внешний контроль; 3 – нейтральная смесь низинного торфа, песка и перлита pH 5,5–6,0 при редких подкормках. В каждой группе отобрали по 100 сеянцев и провели более 2400 индивидуальных измерений линейных, весовых и интегральных параметров. Статистический анализ показал достоверное влияние факторов на все морфометрические признаки ($p < 0,001$). На кислой смеси прирост побега и корневой системы был наибольшим, распределение сухого вещества сбалансировано, отношение побег : корень минимально, а доля стандартного материала с диаметром корневой шейки ≥ 2 мм и индексом качества Диксона $\geq 0,15$ возросла примерно на 40 % относительно таковой в нейтральном варианте. Корневая биомасса выявлена ключевым предиктором интегрального качества и приживаемости. Экономический расчет показал, что оптимизированный режим снижает себестоимость сеянца до 4,8 руб., а при сохранении рыночной цены около 15 руб. обеспечивает окупаемость капитальных вложений тепличного комплекса менее чем за два года. Полученные результаты подтверждают, что сочетание кислого торфа и ступенчатой схемы питания является технологически и экономически обоснованной основой для ускоренного выращивания стандартных сеянцев сосны, отвечающих современным требованиям лесовосстановления.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, закрытая корневая система, торфяной субстрат, фертигация, тепличное выращивание, Средний Урал

Для цитирования: Любимов М. А. Оптимизация тепличных условий выращивания сеянцев сосны с закрытой корневой системой на Среднем Урале // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 72–78.

Original article

OPTIMIZING GREENHOUSE CONDITIONS FOR GROWING CLOSED-ROOT SCOTS PINE SEEDLINGS IN THE MIDDLE URALS

Mikhail A. Lyubimov

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia
Mikhaillyubimov@vk.com, <http://orcid.org/0000-0002-7798-3442>

Abstract. The aim of the research was to quantitatively evaluate the effect of peat substrate acidity and frequency of mineral fertilizing on the morphogenesis of one-year-old Scots pine seedlings with a closed-root system in non-automated greenhouses of the Middle Urals. The experiment covered three technological regimes: 1 – high-moor peat pH 2,8–3,5 with sequential fertigation with water-soluble fertilizers 13–41–13 → 18–18–18 → 6–12–36; 2 – planting material from outsourced manufacturer used as an outside control; 3 – a neutral mixture of lowland peat, sand and perlite pH 5,5–6,0 with rare fertigation. In each group, 100 seedlings were selected and more than 2400 individual measurements of linear, weight and integral parameters were carried out. Statistical analysis revealed a significant influence of the factors on all morphometric features ($p < 0,001$). In the acidic mixture, shoot and root growth was greatest, dry matter distribution was balanced, the shoot/root ratio was minimal, and the proportion of standard material with a root collar diameter ≥ 2 mm and a Dixon quality index $\geq 0,15$ increased by approximately 40 % compared to the neutral mixture. Root biomass was identified as a key predictor of integral quality and survival. Economic calculations showed that the optimized regime reduces the cost of a seedling to 4,8 rubles, and, while maintaining the market price of approximately 15 rubles, ensures a return on investment for the greenhouse complex in less than two years. The obtained results confirm that the combination of acidic peat and a stepped feeding scheme is a technologically and economically feasible basis for the accelerated cultivation of standard Scots pine seedlings that meet modern reforestation requirements.

Keywords: Scots pine, closed-root system, peat substrate, fertigation, greenhouse cultivation, Middle Urals

For citation: Lyubimov M. A. Optimizing greenhouse conditions for growing closed-root Scots pine seedlings in the Middle Urals // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 72–78.

Введение

Посадочный материал с закрытой корневой системой (ЗКС) сегодня рассматривается как приоритетная технология лесовосстановления, поскольку он обеспечивает сохранность тонких всасывающих корней, минимизирует пересадочный стресс и позволяет механизировать как посадку, так и транспортировку сеянцев. Интактный почвенный ком повышает приживаемость растений на бедных и неустойчиво увлажненных субстратах Среднего Урала, а компактные кассеты облегчают хранение и дают возможность продлить посадочный сезон за счет мобильности материала. Кроме того, выращивание в контролируемых тепличных

условиях позволяет стандартизировать морфологические показатели будущих древостоев и снизить затраты на последующее уходное и агрохимическое сопровождение культур.

Для эффективного лесохозяйственного производства питомникам региона необходимо получать стандартные однолетние сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в пределах одной тепличной ротации. Однако комплексное влияние кислотности торфяного субстрата, гранулометрического состава добавок и режима фертигации на морфогенез сосновых сеянцев, адаптированных к континентальному климату Среднего Урала, остается недостаточно изученным. Отсутствие

систематизированных данных затрудняет выбор оптимальной рецептуры, ведет к перерасходу удобрений и повышает риск получения нестандартного посадочного материала. Уточнение параметров субстрата и питания сеянцев с ЗКС, основанное на количественной оценке роста и распределения биомассы, является ключевым условием для повышения производственной эффективности питомников и обеспечения устойчивого воспроизводства сосновых насаждений в регионе.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Цель работы – количественно оценить влияние кислотности торфяного субстрата и частоты минеральных подкормок на морфометрические показатели качества однолетних сеянцев сосны с ЗКС в естественных тепличных условиях Сарафановского питомника (Свердловская область). Посадочный материал выращивали в кассетах Plantek-100F при трех режимах.

Группа 1 – кислый субстрат + интенсивная фертигация

Сеянцы выращивали в жестких кассетах Plantek-100F (100 ячеек, объем 70–75 см³) с заводским верховым торфяным субстратом SKY Berry Pro, включавшим 90 % верхового торфа, 5 % резного торфа и 5 % агроперлита. Смесь характеризовалась реакцией pH 2,8–3,5, полной влагоемкостью 70–75 % и воздухоемкостью 25–30 %, что обеспечивало высокую буферную емкость и стерильность к сорнякам. Кассеты сразу после посева устанавливали на приподнятые металлические рамки для воздушного отсечения корней. Полив и минеральное питание осуществляли рамповой системой: на фазе проростков использовали водорастворимый «Кристалон желтый», в период активного роста – «Кристалон специальный», при закаливании – «Кристалон коричневый»; частота фертигации была максимальной среди всех вариантов. Микроклимат теплицы не регулировался автоматически; проветривание проводили ручным открыванием форточек. По завершении тепличного этапа кассеты перенесли на площадку доращивания, сохранив воздушное отсечение.

Группа 2 – внешний контроль стороннего производителя

Партия с пророщенными сеянцами поступила в питомник уже после фазы пикировки. Сведения о составе субстрата, режиме полива и схемах подкормок отсутствовали; известны лишь морфометрические характеристики растений. Технологические операции (проветривание, размещение на рамки, частота полива) у поставщика документально не фиксировались и в исследование не включались. Группа введена как внешний контроль, расширяющий диапазон вариации размеров сеянцев и позволяющий проверить универсальность статистических закономерностей, выявленных для собственных технологических вариантов.

Группа 3 – нейтральный субстрат + редкие подкормки

Для этого варианта приготовили смесь низинный торф : речной песок : крупный перлит = 3 : 1 : 1 из местного сырья (Березовский торфяник). Реакция среды находилась в интервале pH 5,5–6,0; базовые минеральные удобрения и доломитовую муку не вносили. Кассеты Plantek-100F с таким субстратом помещали в ту же теплицу, но на стадии проращивания воздушного отсечения не применяли; рамки установили лишь после вывоза контейнеров на площадку доращивания.

Полив и удобрения подавались той же рамповой системой, однако частота подкормок растворами «Кристалона» была снижена по сравнению с таковой при кислом варианте; состав применяемых препаратов оставался идентичным (желтый – специальный – коричневый). Все прочие условия – отсутствие автоматического климат-контроля, ручное проветривание, сроки переноса на площадку – соответствовали группе 1, что позволяет атрибутировать различия в морфогенезе главным образом реакционной способности субстрата и интенсивностью питания.

Во всех трех группах отобрали по 100 однолетних сеянцев (итого 300 образцов) и выполнили полный морфометрический анализ, включая вычисление интегральных показателей качества (DQI, S:R). Полученная база из >2400 индивидуальных измерений легла в основу статистического сравнения влияния кислотности субстрата

и режима фертигации на формирование посадочного материала сосны обыкновенной с закрытой корневой системой.

Результаты и их обсуждение

Режимы достоверно повлияли на все основные признаки ($p < 0,001$). Максимальные средние значения получены в группе 1: высота 23,6 см, $d = 2,77$ мм, сухая масса корней выше таковой в нейтральном варианте на 90 %. Распределение сухого вещества близко к равномерному (34 % ствол, 34 % хвоя, 32 % корни), отношение побег : корень $S : R = 2,43$, $DQI = 0,185$. В группе 3 сухая масса корней и DQI снижены (таблица).

Анализ показал, что варьирование рецептуры торфяного субстрата и интенсивности фертигации достоверно влияет на морфогенез однолетних сеянцев сосны обыкновенной с ЗКС.

В варианте с кислым верховым торфом и регулярными подкормками сеянцы формировали наиболее высокие побеги (в среднем около 24 см) при устойчиво крупном диаметре корневой шейки. В нейтральной смеси рост замедлялся, а во внешней контрольной партии значения занимали промежуточное положение. Однофакторный Welch-ANOVA подтвердил значимые различия по высоте и диаметру между всеми тремя группами ($p < 0,001$).

Кислый субстрат способствовал накоплению сухого вещества как в корнях, так и в стволе, тогда как нейтральный вариант смещал распределение в пользу хвои. При этом коэффициент вариации

по органам оставался умеренным, что свидетельствует об однородности партий. Наибольшие контрасты выявлены по сухой массе корней и ствола; их прирост на кислой смеси более чем в полтора раза превышал показатели нейтрального варианта.

Отношение $S : R$ было минимально в кислой группе, что указывает на оптимальное корневое обеспечение побега. В нейтральном субстрате этот показатель возрастал, фиксируя относительный дефицит корневой массы и потенциальную уязвимость растений к пересушиванию.

Индекс DQI достиг наибольших значений там, где сочетались кислый торф и интенсивные подкормки, тогда как нейтральный режим давал заметно более низкие величины. Различия между группами были статистически значимы ($p < 0,001$).

Во всех вариантах именно сухая масса корней оказалась «центральным» признаком, тесно связавшимся как с DQI , так и с $S : R$. При усиленной фертигации зависимости между органами ослабевали, что указывает на более гибкое перераспределение ассимилятов в благоприятных условиях.

В целом эксперимент подтвердил, что кислый верховой торф (pH около 3) в сочетании с дозированной фертигацией обеспечивает наиболее гармоничное развитие сеянцев, выражающееся в равномерном распределении биомассы, минимальном дисбалансе побег : корень и высоких интегральных показателях качества.

Средние морфометрические показатели ($M \pm SD$, $n = 100$)

Mean morphometric parameters ($M \pm SD$, $n = 100$)

Показатель Parameter	Группа 1 Group 1	Группа 2 Group 2	Группа 3 Group 3
Высота, см Height, cm	23,6 ± 2,9	16,2 ± 2,7	15,5 ± 2,5
d , мм Root-collar diameter, mm (d)	2,77 ± 0,34	2,86 ± 0,50	2,33 ± 0,30
DMroot, г Root dry mass, g (DMroot)	0,63 ± 0,25	0,42 ± 0,15	0,33 ± 0,12
$S : R$ Shoot-to-root ratio ($S : R$)	2,43 ± 1,02	3,20 ± 1,25	3,36 ± 1,42
DQI Dickson Quality Index (DQI)	0,185 ± 0,050	0,187 ± 0,060	0,134 ± 0,040

Нейтральный субстрат без стартового удобрения снижает темпы роста и ухудшает структурные показатели, а сторонний посадочный материал демонстрирует средние результаты, подтверждая репрезентативность выбранной факторной схемы.

Кислая реакция верхового торфа (рН 2,8–3,5) в сочетании с его высокой полной влагоемкостью повышает растворимость макро- и микроэлементов и выравнивает водный режим субстрата. Именно такой гидрохимический фон, по данным Е. В. Жигулина и А. С. Оплетаяева (2021), обеспечивает двукратное ускорение достижения нормативной высоты сосновых сеянцев, тогда как при нейтральных смесях этот эффект не фиксируется. Аналогичный вывод сделан С. А. Кабановой и соавт. (Опыт..., 2019), подчеркнувших, что стабильная влажность кислого торфа критична для раннего морфогенеза. Региональный опыт А. В. Данчевой, С. В. Залесова и Д. А. Половниковой (2023) дополнительно показывает, что на таком субстрате доля стандартных растений достигает 90 % уже через четыре месяца. Напротив, при сдвиге рН выше 4,0 толщина корневой шейки снижается на 15–20 %, что продемонстрировали С. А. Степанов и М. И. Зайцев (2016). Таким образом, кислотность и влагоемкость действуют синергично, усиливая поглощение элементов питания и темпы роста как побега, так и корневой системы.

Ключевое значение корневой биомассы подтверждается тесной корреляцией $DM_{\text{root}}-DQI$ ($r = 0,82...0,87$), зарегистрированной в нашем опыте, и литературными данными Е. В. Робонен и соавт. (Морфометрические критерии..., 2023), определившими DQI и диаметр корневой шейки (RCD) как главные предикторы приживаемости. Контейнерные сеянцы, описанные Е. С. Курсиковой и А. А. Маленко (2018), демонстрировали перераспределение ассимилятов в пользу механически устойчивых органов, тогда как исследования И. А. Фрейберг, М. В. Ермаковой и С. К. Стеценко (1998) показали, что нейтральные субстраты повышают отношение S:R и при превышении порога 3 снижают интегральное качество. В наших условиях нейтральная смесь (группа 3) воспроизвела этот эффект, тогда как кислый вариант (группа 1) позволил 76 % растений за один сезон достичь

$d \geq 2$ мм и $DQI \geq 0,18$, что соответствует нормативам, приведенным Е. М. Ананьевым и соавт. (Выращивание..., 2017), и подтверждает потенциал ускоренной одноротационной технологии для условий Среднего Урала.

В структуре текущих затрат преобладают две позиции – минеральные удобрения и фонд оплаты труда, на которые совместно приходится около трех четвертей операционных расходов. Остальные статьи – семена, субстрат, электроэнергия и амортизация кассет – формируют значительно меньшую долю, что подчеркивает ресурсную эффективность кассетной технологии. Ключевым фактором снижения ручных операций выступает автоматизированная линия посева Sedlin 600: ее внедрение позволило за одну смену засеивать полный объем кассет и тем самым резко сократить трудозатраты.

Себестоимость стандартного сеянца остается ниже пяти рублей, тогда как рыночная цена реализации принята в расчетах на уровне пятнадцати рублей. Такое соотношение обеспечивает высокую рентабельность свыше двухсот процентов и позволяет окупить вложения менее чем за два года. Чувствительный анализ показал, что даже при снижении цены реализации до двенадцати рублей проект остается прибыльным, что подтверждает устойчивость экономической модели.

Большая часть капитальных вложений направлена на долговечное оборудование: более половины инвестиций приходится на посевную линию, еще значительная доля – на металлические стеллажи и кассетный фонд с ресурсом не менее десяти лет. Это распределение капитала формирует низкий ежегодный уровень амортизации и создает потенциал для масштабирования производства без существенного роста себестоимости в последующих сезонах.

Выводы

1. Сочетание верхового торфа с кислой реакцией (рН 2,8–3,5) и ступенчатой схемы водорастворимых удобрений 13–41–13 → 18–18–18 → 6–12–36 создает благоприятную водно-воздушную и ионную среду, благодаря чему стандартные

однолетние сеянцы сосны с ЗКС формируются за одну тепличную ротацию даже без активного климат-контроля. При таком режиме высота и диаметр стволика увеличиваются, а коэффициент вариации по основным признакам остается на уровне 12–18 %, что свидетельствует об однородности партий.

2. Качественные ориентиры подтвердили свою диагностическую ценность: диаметр корневой шейки не ниже 2 мм и интегральный индекс DQI не ниже 0,15 надежно отделяют жизнеспособный посадочный материал; именно корневая сухая масса, тесно связанная с этими показателями, выступает главным предиктором приживаемости. Статистический анализ (критерий Уэлча и тест Games – Howell) показал, что влияние выбранных агрохимических факторов на морфометрию и рас-

пределение биомассы достоверно, а минимальное отношение побег : корень отмечено в кислой торфяной группе, что отражает оптимальное корневое обеспечение побега.

3. Внедрение оптимизированного режима повышает выход стандартных сеянцев примерно на две пятых, снижая себестоимость единицы продукции до ~4,8 руб. при сохранении продажной цены; рентабельность превышает двукратный уровень полной себестоимости, а суммарные капитальные вложения в тепличный блок окупаются менее чем за два года. Таким образом, предложенная технология сочетает физиологические преимущества для растений с устойчивыми экономическими эффектами и может рассматриваться как базовая для масштабирования лесовосстановительных работ в условиях Среднего Урала.

Список источников

- Выращивание посадочного материала в лесном селекционно-семеноводческом центре Алтайского края / *Е. М. Ананьев, А. А. Гоф, Д. А. Шубин, М. В. Усов* // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2017. № 47. С. 72–75.
- Данчева А. В., Залесов С. В., Половникова Д. А.* Влияние субстрата на биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 4. С. 94–104.
- Жигулин Е. В., Оплетав А. С.* Влияние освещенности на рост сеянцев с закрытой корневой системой // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 11 (113). Ч. 1. С. 124–128.
- Опыт интенсивного выращивания однолетних сеянцев сосны обыкновенной в Павлодарской области Республики Казахстан // *С. А. Кабанова, М. А. Данченко, И. С. Кочегаров, А. Н. Кабанов* // Изв. вузов. Лесной журнал. 2019. № 6. С. 104–117.
- Курсикова Е. С., Маленко А. А.* Влияние способов выращивания на биометрические показатели сеянцев сосны // Наука и инновации: векторы развития : матер. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (Барнаул, 24–25 октября 2018 г.) : в 2 кн. Кн. 1. Барнаул : Алтайск. гос. аграрн. ун-т, 2018. С. 136–138.
- Морфометрические критерии оценки качества контейнерных сеянцев хвойных пород / *Е. В. Робонен, Н. П. Чернобровкина, А. В. Егорова* [и др.] // Изв. вузов. Лесной журнал. 2023. № 5. С. 42–57.
- Степанов С. А., Зайцева М. И.* Выращивание и использование посадочного материала с закрытой корневой системой. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2016. 32 с.
- Фрейберг И. А., Стеценко С. К., Ермакова М. В.* Модификация морфологии и фитомассы сеянцев сосны обыкновенной под влиянием пестицидов // Леса Урала и хозяйство в них. 1998. № 20. С. 166–170.

References

- Cultivation of planting material in the forest breeding and seed-growing center of the Altai Territory / *E. M. Ananyev, A. A. Gof, D. A. Shubin, M. V. Usov* // Actual problems of the forest comple. 2017. № 47. P. 72–75.

- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Polovnikova D. A.* The effect of the substrate on the biometric parameters of seedlings of Scots pine with a closed root system // *Forests of Russia and economy in them.* 2023. № 4. P. 94–104. (In Russ.)
- Experience of intensive cultivation of annual Scots pine seedlings in Pavlodar region of the Republic of Kazakhstan / *S. A. Kabanova, M. A. Danchenko, I. S. Kochegarov, A. N. Kabanov* // *Bulletin of Higher Educational Institutions. Forestry Journal.* 2019. № 6. P. 104–117. (In Russ.)
- Freiberg I. A., Stetsenko S. K., Ermakova M. V.* Modification of morphology and phytomass of Scots pine seedlings under the influence of pesticides // *Forests of Ural and economy in them.* 1998. № 20. P. 166–170. (In Russ.)
- Kursikova E. S., Malenko A. A.* The influence of cultivation methods on the biometric indicators of pine seedlings // *Science and innovation: development vectors : proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists (Barnaul, October 24–25, 2018) : in 2 books. Book 1.* Barnaul : Altai State Agrarian University, 2018. P. 136–138. (In Russ.)
- Morphometric criteria for assessing the quality of container seedlings of coniferous species / *E. V. Robonen, N. P. Chernobrovkina, A.V. Egorova* [et al.] // *News of universities. Forest journal.* 2023. № 5. P. 42–57. (In Russ.)
- Stepanov S. A., Zaitseva M. I.* Cultivation and use of planting material with a closed root system. Petrozavodsk : PetrSU Publishing House, 2016. 32 p.
- Zhigulin E. V., Opletaev A. S.* Effect of illumination on the growth of seedlings with closed root system // *International Research Journal.* 2021. № 11 (113). Part 1. P. 124–128. (In Russ.)

Информация об авторах

М. А. Любимов – аспирант.

Information about the authors

М. А. Lyubimov – graduate student.

Статья поступила в редакцию 26.04.2025; принята к публикации 15.07.2025.

The article was submitted 26.04.2025; accepted for publication 15.07.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 79–85.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 79–85.

Научная статья

УДК 630.232:631.53

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.008

АДАПТАЦИЯ РАЗМНОЖЕННЫХ IN VITRO РАСТЕНИЙ КИЗИЛЬНИКА ЧЕРНОПЛОДНОГО ПРИ ПЕРЕСАДКЕ НА РАЗЛИЧНЫЕ СУБСТРАТЫ

Меиржан Жакыповна Дауленова

Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
и агролесомелиорации им. А. Н. Букейхана, Алматы, Казахстан
dauleno_m@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0640-5089>

Аннотация. В работе приведены экспериментальные данные об эффективности адаптации клонированных саженцев *Cotoneaster melanocarpus* Fischer ex Blytt к условиям почвенных субстратов. В ходе исследований полученные в процессе микроклонального размножения пробирочные растения кизильника черноплодного были пересажены в следующие виды субстратов: торф (контроль), торф + вермикулит (3 : 1), торф + перлит (3 : 1), почвенный грунт + вермикулит (3 : 1) и почвенный грунт + перлит (3 : 1). При выращивании в светоконнате лучшие результаты были получены при использовании в качестве субстрата почвенного грунта с вермикулитом (3 : 1). При приживаемости 100 % высота растений при пересадке в открытый грунт составила $4,99 \pm 0,34$ см, количество листьев – $11,5 \pm 1,1$ шт., количество корней – $4,45 \pm 0,44$ шт. и длина самого длинного корня – $9,91 \pm 0,75$ см. В открытом грунте лучшими биометрическими показателями характеризовались саженцы, посаженные в торф + вермикулит (3 : 1) и почвенный грунт + вермикулит (3 : 1). Применение в качестве субстрата почвенного грунта с перлитом (3 : 1) снижает приживаемость по сравнению с таковой в других вариантах опыта и контролем на 9,7–10,0 %.

Ключевые слова: *Cotoneaster melanocarpus*, in vitro, ex vitro, клональное микроразмножение, стерилизация, адаптация, почвенный субстрат, микропобег, акклиматизация, биометрические данные

Для цитирования: Дауленова М. Ж. Адаптация размноженных in vitro растений кизильника черноплодного при пересадке на различные субстраты // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 79–85.

Original article

ADAPTATION OF IN VITRO PROPAGATED PLANTS OF BLACKFRUIT COTONEASTER WHEN TRANSPLANTING TO DIFFERENT SUBSTRATES

Meirzhan Zh. Daulenova

Kazakh Research Institute of Forest and Agromelioration named after A. N. Bukeikhan,
Almaty, Kazakhstan

daulenova_m@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0640-5089>

Abstract. The paper presents experimental data on the effectiveness of adaptation of cloned saplings of *Cotoneaster melanocarpus* Fischer ex Blytt to soil substrate conditions. In the course of the research, the test-tube plants of blackfruit cotoneaster obtained in the process of microclonal propagation were transplanted into the following types of substrates: peat (reference value), peat + vermiculite (3 : 1), peat + perlite (3 : 1), soil + vermiculite (3 : 1) and soil + perlite (3 : 1). When growing in a light room, the best results were obtained when using soil with vermiculite (3 : 1) as a substrate. With 100 % survival rate, the height of the plants when transplanted into open ground was $4,99 \pm 0,34$ cm, the number of leaves was $11,5 \pm 1,1$ pcs., the number of roots was $4,45 \pm 0,44$ pcs. and the length of the longest root is $9,91 \pm 0,75$ cm. In open ground, the best biometric indicators were demonstrated by saplings planted in peat + vermiculite (3 : 1) and soil + vermiculite (3 : 1). The use of soil with perlite (3 : 1) as a substrate reduces the survival rate by 9,7–10,0 % compared to other experimental options and the reference value.

Keywords: *Cotoneaster melanocarpus*, in vitro, ex vitro, clonal micropropagation, sterilization, adaptation, cultivation soil, microshoot, acclimatization, biometric data

For citation: Daulenova M. Zh. Adaptation of in vitro propagated plants of blackfruit cotoneaster when transplanting to different substrates // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 79–85.

Введение

Одной из актуальных проблем современного лесоводства является сохранение биологического разнообразия (Задачи сохранения..., 2016; Залесова и др., 2017). Последнее особенно актуально в районах, где лесные насаждения произрастают в экстремальных условиях. К последним в полной мере относится значительная часть территории Республики Казахстан, где искусственные насаждения произрастают в степной зоне при высоких температурах воздуха летом, суховеях и недостатке влаги. Неслучайно вопросам интродукции древесных растений для этого района посвящено значительное количество работ (Крекова и др., 2015; Оплетаев и др., 2016; Опыт создания..., 2017; Арборетум ..., 2017; Крекова, Залесов, 2019; 2020; 2023).

Примером практической реализации увеличения биологического разнообразия можно считать

создание в ковыльно-типчаковой степи санитарно-защитной зоны г. Астаны, где создано более 110 тыс. га искусственных насаждений (Искусственное лесоразведение..., 2014; Ражанов, Залесов, 2019).

В то же время сдерживающим фактором создания зеленых насаждений является недостаток посадочного материала, особенно редких и трудно размножаемых интродуцентов.

Кизильник черноплодный является важным древесно-кустарниковым ресурсом, обладающим множеством полезных свойств. Для его сохранения необходимо проводить охранные мероприятия и развивать рациональное использование, чтобы предотвратить истощение его природных популяций и сохранить это ценное растение для будущих поколений.

Кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fischer ex Blytt) относится к ряду

Melanocarpae A. Rojark секции *Orthopetalum* Koehne, Dendr. рода кизильник (*Cotoneaster* Medik.) семейства Розоцветные (Rosaceae Juss.) (Флора СССР, 1939). Представляет собой неколючий листопадный кустарник высотой до 2,0 м. Крона раскидистая, негустая. Листья яйцевидные или эллиптические, при основании округлые, на верхушке острые или выемчатые, сверху зеленые, слабо волосистые, реже голые, снизу беловатойлочные. Цветки в пазушных поникающих кистях или щитковидных метелках со слабо опушенной или войлочной осью. Лепестки прямые, розоватые, красноватые или красно-белые, округлые. Плоды незрелые буровато-красные, позже черные с сизым налетом, обратно-яйцевидно-шаровидные, с 2–4 косточками. Цветет в мае-июне, плодоносит в июле – сентябре. Рост быстрый. Долговечность стволов 18–20 лет. Растение начинает плодоносить каждый год с пятилетнего возраста (Павлов, 1961; Коропачинский, Встовская, 2012).

Произрастает кизильник черноплодный в Средней и Восточной Европе, Восточной Турции, на Кавказе, в Средней Азии (Тянь-Шань), Сибири, на Дальнем Востоке, в Северной Монголии, Северо-Восточном Китае, Японии, в Российской Федерации практически по всей территории, кроме центральных районов европейской части, в Казахстане (Северный и Восточный Саур, Тарбагатай, Джунгарский Алатау, Казахский мелкосопочник) (Камелин, 2006).

Однако, несмотря на широкое распространение, *C. melanocarpus* включен в Красные книги Беларуси, Латвии, Эстонии, Молдовы, 16 регионов России и 5 регионов Украины как исчезающий вид. В Казахстане кизильник черноплодный входит в список дикорастущих редких и исчезающих растений Костанайской области, как редкий вид с сокращающейся численностью (статус – 3 (R)) (Серафимович и др., 2020).

Цель, объекты

и методика исследований

Объектами исследований для клонального микроразмножения являлись однолетние побеги кустарника *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. Ex A. Blytt из естественных мест произрастания.

Микрклональное размножение проводилось путем активации роста и развития уже существующих в растении апикальных или пазушных меристем при культивировании почек и сегментов побегов (*Vitro Cellular*).

Для адаптации используют укорененные микрорастения *C. melanocarpus* высотой 3–6 см с несколькими основными корнями. Перед высадкой в почвенный субстрат корни микрорастений промывали от остатков агара в слабом растворе перманганата калия. После высадки микрорастения поливали водой, накрывали полиэтиленовой пленкой для поддержания влажности и выращивали при 24–26 °C 16-часовым фотопериодом. Через 10–12 дней после высадки микрорастения открывали и выращивали в условиях световой комнаты в течение 35 дней.

Для адаптации в условиях *ex vitro* укорененных микрорастений *C. melanocarpus* были изучены пять вариантов субстрата в световой комнате: I – торф (контроль); II – торф + вермикулит (3 : 1); III – торф + перлит (3 : 1); IV – почвенный грунт + вермикулит (3 : 1); V – почвенный грунт + перлит (3 : 1). В каждом варианте по 20 микрорастений.

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 представлены результаты биометрических показателей в различных опытных вариантах и на контроле.

Данные табл. 1 показали, что имеется незначительное влияние почвенного субстрата на высоту клонированных растений *C. melanocarpus*. Лучшие результаты получены в IV варианте опыта по сравнению с таковыми на контроле. Оптимальным субстратом является почвенный грунт с вермикулитом 3 : 1 (по объему), приживаемость составила 100 %, высота растений – $4,99 \pm 0,34$ см, количество листьев – $11,5 \pm 1,1$ шт., количество корней – $4,45 \pm 0,44$ шт. и длина самого длинного корня – $9,91 \pm 0,75$ см. Лучший опытный вариант превысил контроль на 5,7 %. Все опытные варианты показали 100 % приживаемость, а на контроле она была ниже на 5 %. Присутствие вермикулита в составе почвенного субстрата показало высокую приживаемость во всех опытных вариантах. Вермикулит в своем составе содержит большое количество

микроэлементов, которые стимулируют рост корневой системы растений. Длина корней и количество листьев показывают на эффективную адаптацию пробирочных растений.

Следующим этапом изучения адаптации клонированных растений *C. melanocarpus* было перенесение их из светокomнаты в открытый грунт

на темно-каштановые почвы на базе питомника ТОО «КазНИИЛХА им. А. Н. Букейхана».

После посадки в открытый грунт клонированных саженцев ежемесячно определяли их биометрические показатели: высоту и количество листьев (табл. 2).

Таблица 1
Table 1

Влияние состава субстрата на адаптацию пробирочных растений *C. melanocarpus*
Effect of substrate composition on adaptation of *C. melanocarpus* test tube plants

№ субстрата Substrate №	Состав субстрата Composition of the substrate	Высота растений, см Plant height, cm	Количество листьев Number of leaves	Количество корней Number of roots	Длина самого длинного корня, см Length of the longest root, cm	Приживаемость, % Survival rate, %
I	Торф (контроль) Peat (reference value)	4,72±0,40	11,40±1,26	3,70±0,40	8,38±0,76	95
II	Торф + вермикулит (3 : 1) Peat + vermiculite (3 : 1)	3,57±0,21	10,15±1,00	4,80±0,34	9,86±0,72	100
III	Торф + перлит (3 : 1) Peat + perlite (3 : 1)	3,34±0,24	10,50±0,96	2,65±0,26	6,60±0,51	100
IV	Почвенный грунт + вермикулит (3 : 1) Soil + vermiculite (3 : 1)	4,99±0,34	11,50±1,10	4,45±0,44	9,91±0,75	100
V	Почвенный грунт + перлит (3 : 1) Soil + perlite (3 : 1)	4,06±0,27	9,60±1,03	3,75±0,20	5,59±0,55	100

Таблица 2
Table 2

Среднее значение биометрических показателей *C. melanocarpus* в открытом грунте
The average value of *C. melanocarpus* biometric parameters in the open ground

Почвенные субстраты Soil substrates	18 августа August 18		18 сентября September 18		Приживаемость, % Survival rate, %
	H, см	Кол-во листьев, шт. Number of leaves	H, см	Кол-во листьев, шт. Number of roots	
I – торф (контроль) Peat (reference value)	3,49	6,42	4,87	11,84	94,7
II – торф + вермикулит (3 : 1) Peat + vermiculite (3 : 1)	3,36	6,85	5,57	13,85	95,0
III – торф + перлит (3 : 1) Peat + perlite (3 : 1)	3,19	6,90	5,16	12,85	94,7
IV – почвенный грунт + вермикулит (3 : 1) Soil + vermiculite (3 : 1)	3,73	6,85	6,13	12,80	95,0
V – почвенный грунт + перлит (3 : 1) Soil + perlite (3 : 1)	2,67	4,70	3,17	4,30	85,0

Высота саженцев через месяц после посадки в открытый грунт была ниже (2,67–3,73 см по вариантам), чем при высадке их из различных почвенных субстратов (3,34–4,99 см), указанных в табл. 1. Полученные данные объясняются тем, что при высадке в открытый грунт саженцы были углублены чуть ниже корневой шейки для их более эффективной приживаемости, так как у растений стволики нежные, тоненькие и под воздействием ветра могли получить механические повреждения.

Данные табл. 2 показывают, что растения *C. melanocarpus* полностью адаптировались в открытом грунте. Приживаемость во II и IV вариантах составила 95 %, в I и III – 94,7 %, что указывает на несущественные отличия между вариантами. Самый низкий процент приживаемости составил 85 % в V варианте, что, соответственно, ниже предыдущих вариантов. Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что не наблюдается влияния почвенного субстрата на приживаемость саженцев после их пересадки в открытый грунт.

Еще через месяц после посадки в открытый грунт (18 сентября) высота саженцев увеличилась во всех вариантах опыта и на контроле. Однако лучший рост растений отмечен во II варианте, превышение по высоте составило 2,51 см против результатов, полученных 18 августа, что значительно выше, чем во всех остальных вариантах. Количество образованных листьев на растениях также было максимальным в варианте II. Результаты V варианта и по высоте, и количеству образованных листьев на растениях были самыми низкими, что может свидетельствовать о первоначальном влиянии почвенного субстрата, примененного в условиях светокomнаты. Дальнейшие исследования могут подтвердить или опровергнуть наши предположения.

На рис. 1 показаны адаптированные клонированные саженцы *C. melanocarpus* через три месяца после их высадки в открытый грунт.

Клонированные и акклиматизированные саженцы из открытого грунта были переданы для внедрения результатов научно-исследовательских, научно-технических и (или) опытно-конструкторских работ в производство в Астанинский ботанический сад – филиал РГП на ПХВ «Институт

ботаники и фитоинтродукции» МЭПР РК, г. Астана; ТОО «Астана орманы», г. Астана; ТОО «Астана-Зеленстрой», г. Астана, в количестве 90 растений в возрасте 1 года.

На рис. 2 представлены саженцы *C. melanocarpus*, высаженные на территории Астанинского ботанического сада.



Рис. 1. Саженцы *C. melanocarpus* в открытом грунте через три месяца после посадки

Fig. 1. *C. melanocarpus* saplings in open ground three months after planting



Рис. 2. Саженцы *C. melanocarpus* в ботаническом саду г. Астаны

Fig. 2. *C. melanocarpus* saplings in the botanical garden of Astana

Выводы

1. В результате проведенных исследований установлено, что клонированные саженцы *C. melanocarpus* в открытом грунте после поэтапного перенесения их с питательной среды на почвенный субстрат разных опытных вариантов в светоконнате показали достаточно хорошую адаптацию.

2. Состав почвенных субстратов не оказывает существенного влияния на приживаемость,

за исключением варианта почвенный грунт + перлит (3 : 1).

3. Применение почвенного субстрата почвенный грунт + перлит (3 : 1) снижает приживаемость по сравнению с таковой в других вариантах опытов и на контроле на 9,7–10 %.

4. Лучшие биометрические показатели *C. melanocarpus* зафиксированы при использовании в качестве субстратов торф + вермикулит (3 : 1) и почвенный грунт + вермикулит (3 : 1).

Список источников

- Арборетум лесного питомника «Ак Кайын» РГП «Жасыл Аймак» / Ж. О. Суюндиков, А. В. Данчева, С. В. Залесов [и др.]. Екатеринбург : УГЛТУ, 2017. 92 с.
- Задачи сохранения биоразнообразия при заготовке древесины и пути их решения / С. В. Залесов, Е. А. Ведерников, В. Н. Залесов [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2016. № 2 (144). С. 37–40.
- Залесова Е. С., Залесов С. В., Залесов В. Н. Проблема сохранения биологического разнообразия и ее решение при заготовке древесины // Успехи современного естествознания. 2017. № 6. С. 56–60.
- Искусственное лесоразведение вокруг г. Астаны // С. В. Залесов, Б. О. Азбаев, А. В. Данчева [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. URL : www.science-education.ru/118-13438 (дата обращения: 05.05.2025).
- Камелин Р. В. Семейство Розоцветные (Rosaceae). Барнаул : Алтайские страницы, 2006. 100 с.
- Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск : Гео, 2012. 707 с.
- Крекова Я. А., Данчева А. В., Залесов С. В. Оценка декоративных признаков у видов рода *Picea* Ducea в Северном Казахстане // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 16–27.
- Крекова Я. А., Залесов С. В. Интродукция и акклиматизация хвойных в Северном Казахстане. Нур-Султан : КазНИИЛХА, 2020. 212 с.
- Крекова Я. А., Залесов С. В. История интродукции древесных растений на территории Западной Сибири и Северного Казахстана // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 2. С. 5–14.
- Крекова Я. А., Залесов С. В. Опыт интродукции древесных растений в Северном Казахстане // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 6. С. 515–520. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-6-515-520
- 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.
- Опыт создания лесных культур на солонцах хорошей лесопригодности / С. В. Залесов, О. В. Толкач, И. А. Фрейберг, Н. Ф. Черноусова // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21, № 9. С. 42–47.
- Павлов Н. В. Флора Казахстана. Алма-Ата : Изд-во Академии наук Казахской ССР, 1961. Т. IV. 548 с.
- Ражанов М. Р., Залесов С. В. Опыт создания искусственных насаждений в сухой типчаково-ковыльной степи Северного Казахстана // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 9. С. 42–46. DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.033
- Серафимович М. В., Кириллов В. Ю., Стихарева Т. Н. Размножение *in vitro* как один из перспективных способов сохранения вида *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex. Blytt. // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2020. № 137. С. 67–75.
- Флора СССР / В. Л. Комаров, С. В. Юзенчук, А. Г. Борисова [и др.]. М. ; Л. : Изд-во Академии наук СССР, 1939. Т. 9. 539 с.

References

- Arboretum of the Ak Kayyn forest nursery of the Zhasyl Aimak RSE / Zh. O. Suyundikov, A.V. Dancheva, S. V. Zalesov [et al.]. Yekaterinburg : USFEU, 2017. 92 p.
- Artificial afforestation around Astana / S. V. Zalesov, B. O. Azbaev, A.V. Dancheva [et al.] // Modern problems of science and education. 2014. № 4. URL : www.science-education.ru/118-13438 (accessed 05.05.2025).
- Flora of the USSR / V. L. Komarov, S. V. Yuzenchuk, A. G. Borisova [et al.]. Moscow ; Leningrad : Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1939. Vol. 9. 539 p.
- Kamelin R. V. The Rosaceae family. Barnaul : Altai Pages, 2006. 100 p.
- Koropachinsky I. Yu., Vstovskaya T. N. Woody plants of Asian Russia. Novosibirsk : Academic Publishing House «Geo», 2012. 707 p.
- Krekova Ya. A., Dancheva A. V., Zalesov S. V. Assessment of decorative signs in species of the genus *Picea* Dicaea in Northern Kazakhstan // Modern problems of science and education. 2015. № 1-1. P. 16–27. (In Russ.)
- Krekova Ya. A., Zalesov S. V. Experience of introduction of woody plants in Northern Kazakhstan // Conifers of the boreal zone. 2023. Vol. XLI, № 6. P. 515–520. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-6-515-520 (In Russ.)
- Krekova Ya. A., Zalesov S. V. History of the introduction of woody plants in Western Siberia and Northern Kazakhstan // Forests of Russia and economy in them, 2019. № 2. P. 5–14. (In Russ.)
- Krekova Ya. A., Zalesov S. V. Introduction and acclimatization of conifers in Northern Kazakhstan. Nur-Sultan : Kazniilkha, 2020. 212 p.
- Objectives of biodiversity conservation in timber harvesting and ways to solve them / S. V. Zalesov, E. A. Vedernikov, V. N. Zalesov [et al.] // Agricultural Bulletin of the Urals. 2016. № 2 (144). P. 37–40. (In Russ.)
- 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.)
- Pavlov N. V. Flora of Kazakhstan. Alma Ata : Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh USSR, 1961. Vol. IV. 548 p.
- Razhanov M. R., Zalesov S. V. The experience of creating artificial plantings in the dry tipchak-kovyl steppe of Northern Kazakhstan // International Scientific Research Journal. 2019. № 9. P. 42–46. DOI: 10.23670/IRJ 2019.87.9.033 (In Russ.)
- Serafimovich M. V., Kirillov V. Yu., Stikhareva T. N. In vitro reproduction as one of the promising ways to preserve the species *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex. Blytt. // Bulletin of the Nikitsky State Botanical Garden. 2020. № 137. P. 67–75. (In Russ.)
- The experience of creating forest crops on salt marshes of good forest suitability / S. V. Zalesov, O. V. Tolkach, I. A. Freiberg, N. F. Chernousova // Ecology and industry of Russia. 2017. Vol. 21, № 9. P. 42–47. (In Russ.)
- Zalesova E. S., Zalesov S. V., Zalesov V. N. The problem of preserving biological diversity and its solution in wood harvesting // Successes of modern natural Science. 2017. № 6. P. 56–60. (In Russ.)

Информация об авторах

М. Ж. Дауленова – магистр; заведующая лабораторией биотехнологии и сохранения генофонда.

Information about the authors

M. Zh. Daulenova – Master's degree; Head of the Laboratory of Biotechnology and Gene Pool Preservation.

Статья поступила в редакцию 23.05.2025; принята к публикации 10.10.2025.

The article was submitted 23.05.2025; accepted for publication 10.10.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 86–96.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 86–96.

Научная статья

УДК 630.165.7/.181:634.11(571.51)

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.009

ФЕНОЛОГИЯ, ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА И ПЛОДОНОШЕНИЯ 16-ЛЕТНИХ ГИБРИДОВ ЯБЛОНИ

Римма Никитична Матвеева¹, Снежана Олеговна Григорьева²

^{1,2} Сибирский государственный университет науки и технологий

им. академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

¹ mateevrn@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3476-9622>

² gsnezhana97@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6749-1930>

Аннотация. В статье приводится анализ показателей 16-летних гибридных деревьев яблони, произрастающих в рядовой посадке на нижней части Ботанического сада им. Вс. М. Кротовского. Исследуемые деревья яблони являются результатом межсортовой гибридизации. В качестве маточных были использованы деревья разных сортов летнего и зимнего срока созревания, произрастающие в открытой форме в нижней части сада: № 7-7, 12-1, 13-4, 28-5, 29-10, 31-9 (высота над уровнем моря 145 м) и стелющейся форме на верхней: № 36, 37, 48, 63, 65, 76 (высота над уровнем моря 173 м). К летним сортам относятся: Медовка, Папировка, Аркад стаканчатый, Грушовка московская; к зимним – Бисмарк, Коричное полосатое, Антипасхальное. Сопоставлены показатели восьми гибридов при использовании в качестве материнских деревьев сортов: Медовка, Папировка, Бисмарк, Коричное полосатое, Антипасхальное, Аркад стаканчатый. В качестве опылителей: Бисмарк, Аркад стаканчатый, Папировка, Грушовка московская, Антипасхальное. В ходе выполнения исследования была изучена фенология развития гибридных деревьев яблонь; установлена изменчивость плодоношения, размеров и массы плодов; сопоставлена площадь листовой поверхности и отбор наиболее ценных гибридов для выращивания в условиях Сибири. В результате проведенных исследований было установлено, что при скрещивании дерева № 13-4 сорта Коричное полосатое (материнское ♀) с деревом № 36 сорта Аркад стаканчатый (отцовское ♂) отмечено раннее развитие гибрида (набухание почек, начало цветение, созревание плодов), крупноплодность и большая площадь листовой поверхности. У гибридов при скрещивании № 36 Аркад стаканчатый (материнское ♀) × № 76 Антипасхальное (отцовское ♂) и № 76 Антипасхальное (материнское ♀) × № 31-9 Аркад стаканчатый (отцовское ♂) выявлено наибольшее плодоношение. Наиболее эффективным при гибридизации яблони являлось применение дерева № 36 сорта Аркад стаканчатый в качестве материнского и отцовского родителя.

Ключевые слова: яблоня, гибридизация, фенология, плодоношение, Ботанический сад

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Финансирование: работа проведена в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Селекция древесных растений» проекта

«Селекционно-генетические основы формирования целевых насаждений и рационального использования древесных ресурсов Красноярского края (Енисейской Сибири)» (№ FEFE-2024-0013).

Для цитирования: Матвеева Р. Н., Григорьева С. О. Фенология, показатели роста и плодоношения 16-летних гибридов яблони // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 86–96.

Original article

PHENOLOGY, GROWTH AND FRUITING INDICATORS OF 16-YEAR-OLD APPLE TREE HYBRIDS

Rimma N. Matveeva¹, Snezhana O. Grigorieva²

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

¹ mateevan@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3476-9622>

² gsnezhana97@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6749-1930>

Abstract. The article presents an analysis of the performance of 16-year-old hybrid apple trees growing in a row planting at the lower part of the V. M. Krutovsky Botanical Garden. The researched apple trees are the result of intervarietal hybridization. Trees of different varieties of summer and winter maturity growing in open form in the lower part of the orchard were used as mother trees: № 7-7, 12-1, 13-4, 28-5, 29-10, 31-9 (altitude 145 m) and stemmed form on the upper part: № 36, 37, 48, 63, 65, 76 (altitude 173 m). Summer varieties include: Medovka, Papirovka, Arkad stakanchatyy, Grushovka Moskovskaya; winter varieties include – Bismarck, Korichnoe polosatoye, Antipaskhalnoe. The indices of eight hybrids were compared when using the following varieties as mother trees: Medovka, Papirovka, Bismarck, Korichnoe polosatoye, Antipaskhalnoe, Arkad glaschatyy. There are as pollinators: Bismarck, Arkad glaschatyy, Papirovka, Grushovka Moskovskaya, Antipaskhalnoe. In the course of the research, the phenology of development of hybrid apple trees was researched; variability of fruiting, size and weight of fruits was determined; the area of leaf surface and selection of the most valuable hybrids for cultivation in Siberian conditions were compared. As a result of the conducted research, it was found that when crossing tree № 13-4 of Korichnoe polosatoye variety (maternal ♀) with tree № 36 of Arkad Stakanchaty variety (paternal ♂), early development of the hybrid (bud swelling, beginning of flowering, fruit ripening), large-fruitedness and large leaf area were observed. The cross between hybrids № 36 Arkad stakanchatyy (maternal ♀) × № 76 Antipaskhalnoe (paternal ♂) and № 76 Antipaskhalnoe (maternal ♀) × № 31-9 Arkad Stakanchaty (paternal ♂) showed the highest fructification. The most effective in apple tree hybridization was the use of tree № 36 of the Arkad Stakanchaty variety as the maternal and paternal parent.

Keywords: apple tree, hybridization, phenology, fruiting, Botanical Garden

Acknowledgments: the authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of the article.

Funding: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the implementation by the staff of the scientific laboratory “Selection of Woody Plants” of the project “Breeding and genetic foundations for the formation of target plantations and the rational use of wood resources in the Krasnoyarsk Territory (Yenisei Siberia)” (№FEFE-2024-0013).

For citation: Matveeva P. N., Grigorieva S. O. Phenology, growth and fruiting indicators of 16-year-old apple tree hybrids // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 86–96.

Введение

Род яблони (*Malus*) насчитывает около 27 диких видов. Яблоня домашняя *M. domestica* Borkh. (альтернативная номенклатура *M. pumila* Mill.) появилась в результате межвидовой гибридизации (Forsline, 2003, Заремук и др., 2020).

Данный вид занимает ведущее место среди плодовых, культивируемых и в Сибири (Матвеева и др., 2016; Пинегина, 2021; Репях, 2022; Плодоношение..., 2024). Яблоня отличается повышенной урожайностью, что делает ее особенно ценной в селекции растений (Fischer M., Fischer C., 1984, Седов и др., 2021).

Гибридизация – эффективный метод селекции, позволяющий сочетать ценные признаки родительских форм (Седов, 2007, Алибеков, Зубаиров, 2020). В условиях Сибири этот метод особенно актуален, так как позволяет создавать сорта, способные плодоносить в суровых климатических условиях.

Межсортная гибридизация яблони остается основным способом получения генетического разнообразия (Скрипников, Овсянников, 1986; Селекция яблони..., 2006; Попова, 2015).

В условиях Сибири основными признаками при выведении сортов являются зимостойкость, урожайность, декоративность и экологическая эффективность.

Деревья яблони с крупной листовой поверхностью и густой кроной играют значительную роль в озеленении городских территорий. Они способны улавливать большее количество пыли, так как имеют большее количество клеток и восковых покровов, которые задерживают частицы, оседающие на их поверхности. Также яблоня обладает высокой декоративной ценностью (цветение, плодоношение, окраска листьев). Применяя ее в различных типах садово-парковых композиций, создают привлекательные визуальные образы, что благотворно влияет на психоэмоциональное состояние человека (Кожевников, Егоров, 2020; Бондорина и др., 2024).

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Цель исследований заключалась в анализе показателей 16-летних гибридных деревьев яблони, произрастающих в рядовой посадке в нижней

части Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского. Исследуемые деревья яблони являются результатом межсортной гибридизации.

В качестве материнских были использованы деревья разных сортов летнего и зимнего срока созревания, произрастающие в открытой форме в нижней части сада: № 7-7, 12-1, 13-4, 28-5, 29-10, 31-9 (высота над уровнем моря 145 м) и стелющейся форме на верхней: № 36, 37, 48, 63, 65, 76 (высота над уровнем моря 173 м).

К летним сортам относятся: Медовка, Папировка, Аркад стаканчатый, Грушовка московская; к зимним – Бисмарк, Коричное полосатое, Антипасхальное.

Сопоставлены показатели восьми гибридов при использовании в качестве материнских деревьев сортов: Медовка, Папировка, Бисмарк, Коричное полосатое, Антипасхальное, Аркад стаканчатый. В качестве опылителей: Бисмарк, Аркад стаканчатый, Папировка, Грушовка московская, Антипасхальное.

Задачи исследований:

- 1) изучить фенологию развития гибридов при разных комбинациях скрещивания;
- 2) установить изменчивость плодоношения, размеров, массы плодов;
- 3) сопоставить площадь листовой поверхности гибридных растений;
- 4) провести отбор наиболее ценных гибридов для выращивания в условиях Сибири.

Фенологические наблюдения за яблонями проводили по методике ВНИИ садоводства им. И. В. Мичурина (Лобанов, 1973). Выделяли следующие фенологические фазы:

- набухание почек (почки увеличиваются в размерах, почечные чешуйки расходятся);
- распускание вегетативных почек (выглядывание кончиков листьев);
- распускание генеративных почек;
- начало цветения (распускание от 5 до 10 % цветков);
- образование завязи плодов;
- созревание плодов.

Плодоношение деревьев определяли по методу модельных ветвей (Потапов и др., 1991). Для этого на урожайном дереве учитывали количество ветвей

с плодами. Затем на каждой ветви подсчитывали количество плодов с определением среднего значения. Произведение количества плодоносящих ветвей на среднее число плодов указывало на плодоношение дерева.

Массу плодов определяли с использованием лабораторных весов REXANT с точностью до 0,01 г. Сопоставляли высоту и диаметр плодов (рис. 1).

Для определения площади листовой поверхности применяли метод, используя пересчетный коэффициент, связывающий площадь листа с его

линейными размерами (длиной и шириной) (Дорофеева, Бонецкая, 2020).

Листья отбирали из средней части кроны по 20 шт. У каждого листа измеряли длину вдоль центральной жилки и ширину в наиболее широком месте с помощью линейки. Площадь листовой поверхности определяли с использованием программы AutoCAD. Контуры листьев наносили на лист с сеткой 0,5 × 0,5 см, затем сканировали ее и, используя программу, определяли площадь листьев (рис. 2).



Рис. 1. Определение массы, диаметра и высоты плодов
 Fig. 1. Determination of weight, diameter and height of fruits

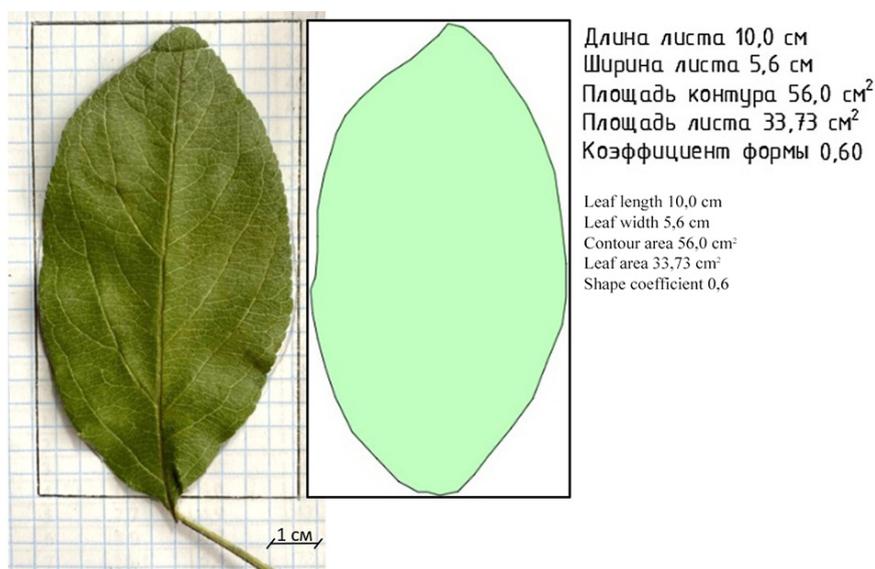


Рис. 2. Показатели листовой поверхности
 Fig. 2. Leaf surface indicators

Коэффициент K определяли как отношение фактической площади к площади прямоугольника по формуле

$$K = \frac{S}{LW},$$

где S – площадь листа, см²;

L – длина листа, см;

W – ширина листа, см.

Результаты и их обсуждение

Фенологические фазы у гибридов яблони приведены в табл. 1.

Раннее набухание почек было зафиксировано у гибридов № 44, 48, 49 и 67 (4 мая), распускание вегетативных почек – у деревьев № 44, 67 (9 мая),

распускание генеративных почек – у деревьев № 49 и 67 (13 мая).

Ранним началом цветения отличились деревья № 44, 49 и 67 (19 мая), ранней завязью плодов – дерево № 67 (10 июня), созревaniem плодов – дерево № 49 (26 августа).

Показатели плодоношения гибридных деревьев яблони приведены в табл. 2.

Плодоношение варьирует от 1,31 до 7,71 кг. Наиболее высокие показатели отмечены у гибридных деревьев в следующих скрещиваниях: № 36 Аркад стаканчатый × № 76 Антипасхальное и № 76 Антипасхальное × № 31-9 Аркад стаканчатый.

Биометрические показатели плодов и их масса представлены в табл. 3.

Таблица 1
Table 1

Даты наступления фенофаз 16-летних гибридных деревьев яблони
Dates of phenophases of 16-year-old hybrid apple trees

Номер гибрида Hybrid number	Номер дерева, сорт Tree number, variety		Фенологические фазы Phenological phases					
	Материнское ♀ Maternal ♀	Отцовское ♂ Paternal ♂	Набухание почек Kidney swelling	Распускание вегетативных почек Opening of vegetative buds	Распускание генеративных почек Opening of generative buds	Начало цветения Beginning of flowering	Завязь плодов Fruit ovary	Созревание плодов Fruit ripening
14	65 Медовка 65 Medovka	29-10 Бисмарк 29-10 Bismark	5,05	10,05	15,05	21,05	14,06	2,09
44	28-5 Папировка 28-5 Papirovka	37 Аркад стаканчатый 37 Arkad stakanchaty	4,05	09,05	14,05	19,05	11,06	31,08
48	12-1 Бисмарк 12-1 Bismark	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	4,05	10,05	15,05	20,05	11,06	31,08
49	13-4 Коричное полосатое 13-4 Korichnoe polosatое	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	4,05	11,05	13,05	19,05	11,06	26,08
57	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	63 Папировка 63 Papirovka	6,05	13,05	18,05	25,05	13,06	2,09
67	7-7 Аркад стаканчатый 7-7 Arkad stakanchaty	48 Грушовка московская 48 Grushovka moskovskaya	4,05	09,05	13,05	19,05	10,06	06,09
71	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	5,05	11,05	16,05	22,05	14,06	31,08
76	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	31-9 Аркад стаканчатый 31-9 Arkad stakanchaty	5,05	10,05	14,05	21,05	14,06	31,08

Таблица 2
Table 2Образование плодов на гибридных деревьях яблони
Fruit formation on hybrid apple trees

Номер гибрида Hybrid number	Номер дерева, сорт Tree number, variety		Среднее количество плодов на ветви, шт. Average number of fruits per branch, pcs.	Количество плодоносящих ветвей, шт. Number of fruiting branches, pcs.	Всего плодов, шт. Total fruits, pcs.	Плодоношение, кг Fruiting, kg
	Материнское ♀ Maternal ♀	Отцовское ♂ Paternal ♂				
14	65 Медовка 65 Medovka	29-10 Бисмарк 29-10 Bismark	6	8	48	4,31
44	28-5 Папировка 28-5 Papirovka	37 Аркад стаканчатый 37 Arkad stakanchaty	5	6	30	2,14
48	12-1 Бисмарк 12-1 Bismark	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	6	5	30	1,31
49	13-4 Коричное полосатое 13-4 Korichnoe polosatое	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	7	4	28	2,08
57	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	63 Папировка 63 Papirovka	6	7	42	1,55
67	7-7 Аркад стаканчатый 7-7 Arkad stakanchaty	48 Грушовка московская 48 Grushovka moskovskaya	8	9	72	2,77
71	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	15	10	150	7,71
76	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	31-9 Аркад стаканчатый 31-9 Arkad stakanchaty	16	7	112	6,18

Таблица 3
Table 3Изменчивость плодов гибридных деревьев яблони
Variability of fruits of hybrid apple trees

Номер гибрида Hybrid number	Номер дерева, сорт Tree number, variety		Статистические показатели Statistical indicators				
	Материнское ♀ Maternal ♀	Отцовское ♂ Paternal ♂	$X_{cp.} \pm m$	$\pm \sigma$	$V, \%$	$P, \%$	t_{ϕ} при $t_{05} = 2,30$
Длина, см Length, cm							
14	65 Медовка 65 Medovka	29-10 Бисмарк 29-10 Bismark	$4,9 \pm 0,16$	0,36	7,2	3,2	1,74
44	28-5 Папировка 28-5 Papirovka	37 Аркад стаканчатый 37 Arkad stakanchaty	$4,6 \pm 0,16$	0,36	7,7	3,4	3,04
48	12-1 Бисмарк 12-1 Bismark	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	$4,4 \pm 0,06$	0,13	2,9	1,3	5,00
49	13-4 Коричное полосатое 13-4 Korichnoe polosatое	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	$5,3 \pm 0,16$	0,36	6,8	3,1	—

Окончание табл. 3
The end of the table 3

Номер гибрида Hybrid number	Номер дерева, сорт Tree number, variety		Статистические показатели Statistical indicators				
	Материнское ♀ Maternal ♀	Отцовское ♂ Paternal ♂	$X_{cp} \pm m$	$\pm \sigma$	$V, \%$	$P, \%$	t_{ϕ} при $t_{05} = 2,30$
57	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	63 Папировка 63 Papirovka	$3,6 \pm 0,12$	0,28	7,8	3,5	8,09
67	7-7 Аркад стаканчатый 7-7 Arkad stakanchaty	48 Грушовка московская 48 Grushovka moskovskaya	$3,7 \pm 0,07$	0,16	4,4	2,0	8,42
71	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	$4,5 \pm 0,09$	0,19	4,3	1,9	4,44
76	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	31-9 Аркад стаканчатый 31-9 Arkad stakanchaty	$4,4 \pm 0,09$	0,19	4,4	1,9	4,74
Диаметр, см Diameter, cm							
14	65 Медовка 65 Medovka	29-10 Бисмарк 29-10 Bismark	$5,7 \pm 0,31$	0,70	12,2	5,5	0,91
44	28-5 Папировка 28-5 Papirovka	37 Аркад стаканчатый 37 Arkad stakanchaty	$5,5 \pm 0,16$	0,36	6,5	2,9	2,63
48	12-1 Бисмарк 12-1 Bismark	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	$4,5 \pm 0,13$	0,29	6,4	2,9	9,38
49	13-4 Коричное полосатое 13-4 Korichnoe polosatое	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	$6,0 \pm 0,10$	0,22	3,6	1,6	–
57	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	63 Папировка 63 Papirovka	$4,5 \pm 0,23$	0,52	11,6	5,2	6,00
67	7-7 Аркад стаканчатый 7-7 Arkad stakanchaty	48 Грушовка московская 48 Grushovka moskovskaya	$4,3 \pm 0,08$	0,17	4,0	1,8	13,08
71	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	$5,1 \pm 0,10$	0,23	4,5	2,0	6,43
76	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	31-9 Аркад стаканчатый 31-9 Arkad stakanchaty	$4,9 \pm 0,10$	0,23	4,6	2,1	7,86
Масса, г Weight, g							
14	65 Медовка 65 Medovka	29-10 Бисмарк 29-10 Bismark	$89,7 \pm 6,85$	15,32	17,1	7,6	–
44	28-5 Папировка 28-5 Papirovka	37 Аркад стаканчатый 37 Arkad stakanchaty	$71,5 \pm 4,78$	10,68	14,9	6,7	2,18
48	12-1 Бисмарк 12-1 Bismark	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	$43,8 \pm 1,90$	4,25	9,7	4,3	6,45
49	13-4 Коричное полосатое 13-4 Korichnoe polosatое	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	$74,4 \pm 5,05$	11,30	15,2	6,8	1,80
57	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	63 Папировка 63 Papirovka	$36,9 \pm 2,92$	6,52	17,7	7,9	7,10
67	7-7 Аркад стаканчатый 7-7 Arkad stakanchaty	48 Грушовка московская 48 Grushovka moskovskaya	$38,5 \pm 1,35$	3,01	7,8	3,5	7,34
71	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	$51,4 \pm 1,03$	2,31	4,5	2,0	5,53
76	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	31-9 Аркад стаканчатый 31-9 Arkad stakanchaty	$55,2 \pm 5,00$	11,19	20,3	9,1	4,07

Длина плода варьирует от 3,6 до 5,3 см. Наибольшая длина плода отмечается у гибрида № 13-4 Коричное полосатое × № 36 Аркад стаканчатый.

Диаметр плодов колеблется от 4,3 до 6,0 см. Наибольший диаметр имеет также гибрид от скрещивания № 13-4 Коричное полосатое × № 36 Аркад стаканчатый.

Средняя масса плодов варьирует от 36,9 до 89,7 г. Наибольшая масса наблюдается у гибридов № 65 сорта Медовка × № 29-10 сорта Бисмарк (89,7 г) и № 13-4 сорта Коричное полосатое × № 36 сорта Аркад стаканчатый (74,4 г). Достоверность различий подтверждается статистически.

Данные о листовой поверхности гибридных яблонь приведены в табл. 4.

Таблица 4

Table 4

Сопоставление показателей листьев гибридов яблони
Comparison of leaf parameters of apple tree hybrids

Номер гибрида Hybrid number	Номер дерева, сорт Tree number, variety		Длина, см Length, cm	Ширина, см Width, cm
	Материнское ♀ Maternal ♀	Отцовское ♂ Paternal ♂		
14	65 Медовка 65 Medovka	29-10 Бисмарк 29-10 Bismark	8,0	4,7
44	28-5 Папировка 28-5 Papirovka	37 Аркад стаканчатый 37 Arkad stakanchaty	8,2	5,1
48	12-1 Бисмарк 12-1 Bismark	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	7,2	4,5
49	13-4 Коричное полосатое 13-4 Korichnoe polosatое	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	9,8	6,0
57	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	63 Папировка 63 Papirovka	7,8	5,2
67	7-7 Аркад стаканчатый 7-7 Arkad stakanchaty	48 Грушовка московская 48 Grushovka moskovskaya	8,0	5,0
71	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	8,0	4,7
76	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	31-9 Аркад стаканчатый 31-9 Arkad stakanchaty	8,1	5,1

Наибольшую листовую поверхность имели гибриды от опыления дерева № 13-4 сорта Коричное полосатое пыльцой с дерева № 36 сорта Аркад стаканчатый, а также гибрид, где в качестве материнского родителя использовано дерево № 28-5 сорта Папировка, а пыльца собрана с дерева № 37 сорта Аркад стаканчатый.

Наибольшая площадь листьев отмечена у гибрида № 49, различия подтверждаются статистической обработкой (табл. 5).

При анализе изменчивости площади листьев гибридов яблони установлено, что данный показатель колеблется от $21,1 \pm 0,76 \text{ см}^2$ до $39,6 \pm 1,63 \text{ см}^2$. Наибольшее значение листовой поверхности имеет гибрид от скрещивания дерева № 13-4 сорта Коричное полосатое × № 36 сорта Аркад стаканчатый.

Таблица 5
Table 5Изменчивость площади листьев у гибридов яблони, см²
Variability of leaf area in apple hybrids, cm²

Номер гибрида Hybrid number	Номер дерева, сорт Tree number, variety		Статистические показатели Statistical indicators				
	Материнское ♀ Maternal ♀	Отцовское ♂ Paternal ♂	Хср. ± m	± σ	V, %	P, %	t _φ при t ₀₅ = 2,30
14	65 Медовка 65 Medovka	29-10 Бисмарк 29-10 Bismark	25,9 ± 0,99	4,41	17,0	3,8	7,17
44	28-5 Папировка 28-5 Papirovka	37 Аркад стаканчатый 37 Arkad stakanchaty	28,9 ± 1,50	6,72	23,3	5,2	4,82
48	12-1 Бисмарк 12-1 Bismark	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	21,1 ± 0,76	3,38	16,0	3,6	10,28
49	13-4 Коричное полосатое 13-4 Korichnoe polosatое	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	39,6 ± 1,63	7,31	18,5	4,1	–
57	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	63 Папировка 63 Papirovka	27,3 ± 0,67	3,0	11,0	2,5	6,99
67	7-7 Аркад стаканчатый 7-7 Arkad stakanchaty	48 Грушовка московская 48 Grushovka moskovskaya	27,2 ± 1,23	5,49	20,2	4,5	6,08
71	36 Аркад стаканчатый 36 Arkad stakanchaty	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	25,4 ± 1,28	5,72	22,5	5,0	6,86
76	76 Антипасхальное 76 Antipaskhalnoe	31-9 Аркад стаканчатый 31-9 Arkad stakanchaty	27,7 ± 1,19	5,32	19,2	4,3	5,89

Выводы

1. Результаты межсортовой гибридизации яблони показали, что при скрещивании дерева № 13-4 сорта Коричное полосатое (материнское ♀) с деревом № 36 сорта Аркад стаканчатый (отцовское ♂) отмечено раннее фенологическое развитие гибрида (набухание почек, начало цветения, созревание плодов), крупноплодность и большая площадь листовой поверхности.

2. У гибридов при скрещивании № 36 Аркад стаканчатый (материнское ♀) × № 76 Антипас-

хальное (отцовское ♂) и № 76 Антипасхальное (материнское ♀) × № 31-9 Аркад стаканчатый (отцовское ♂) выявлено наибольшее плодоношение. Наиболее эффективным при гибридизации яблони являлось применение дерева № 36 сорта Аркад стаканчатый в качестве материнского и отцовского родителя.

3. Таким образом, при выведении сортов яблони с использованием гибридизации необходимо изучить влияние материнских и отцовских экземпляров на проявление признаков у потомства.

Список источников

- Алибеков Т. Б., Зубаиров Р. Г. Географическая и экологическая отдаленная гибридизация яблони // Проблемы развития АПК региона. Махачкала : ДагГАУ, 2020. № 3 (43). С. 6–13.
- Бондорина И. А., Кабанов А. В., Хохлачева Ю. А. Анализ декоративности культиваров *Malus Mill.* в осенний период // Вестник ландшафтной архитектуры. 2024. № 39. С. 3–7.
- Дорофеева М. М., Бонецкая С. А. Сравнительный анализ некоторых классических и современных методов определения площади листовой поверхности // Растительные ресурсы. 2020. Т. 56, № 2. С. 182–192.

- Заремук Р. Ш., Доля Ю. А., Копнина Т. А. Биоморфологические особенности формирования и реализации потенциала продуктивности у сортов косточковых культур в условиях южного садоводства // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 3. С. 573–587.
- Кожевников А. П., Егоров Р. В. Декоративные формы яблони гибридной (*Malus hybrida*) в озеленительных посадках Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2020. № 4 (75). С. 20–28.
- Лобанов Г. А. Программа и методика сортоизучения плодовых и ягодных, орехоплодных культур. Мичуринский : ВНИИ садоводства им. И. В. Мичурина, 1973. 495 с.
- Матвеева Р. Н. Буторова О. Ф., Сапрунова Н. Н. Изменчивость, гибридизация и размножение яблони разных сортов в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского. Красноярск : СибГТУ, 2016. 209 с.
- Пинегина А. А. Достижения селекционной работы с яблоней в Сибири // Знания молодых – будущее России. 2021. С. 153–155.
- Плодоношение маточных деревьев яблони, использованных для гибридизации в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского / С. О. Григорьева, Р. Н. Матвеева, Н. В. Моксина, М. В. Коломыцев // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. XLII, № 6. С. 65–70.
- Попова Н. Н. Показатели трехлетних сеянцев яблони в опыте по гибридизации // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2015. Т. 18, № XVIII. С. 67–71.
- Потапов В. А., Ульянцев А. С., Крысанов Ю. В. Уборка, товарная обработка и хранение плодов // Слаборослый интенсивный сад. М. : Росагропромиздат, 1991. С. 202–210.
- Репях М. В. Изменчивость наступления фенологических фаз у яблони в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 3-2 (117). С. 46–50.
- Седов Е. Н. История, задачи, методы и результаты селекции яблони // Сельскохозяйственная биология. 2007. Т. 42, № 1. С. 3–15.
- Седов Е. Н., Корнеева С. А., Янчук Т. В. Роль отечественной селекции в совершенствовании сортимента яблони в России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 4. С. 17–19.
- Селекция яблони в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского / Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, Н. В. Моксина, М. В. Репях. Красноярск : СибГТУ, 2006. 357 с.
- Скрипников Н. К., Овсянников А. С. Зависимость фотосинтетической активности листьев на урожайность сортов яблони // Науч. труды ВНИИ садоводства. 1986. № 44. С. 21–26.
- Fischer M., Fischer C. Ertragsstabilität fls Zuchtersches Problem Tag-Bez. (Akad. Land – Wirtsch. – Wiss. DDR). Berlin, 1984. P. 203–208.
- Forsline P. L. Collection, maintenance, characterization, and utilization of wild apples of Central Asia // Hortic. Rev. (Am. Soc. Hortic. Sci.). 2003. Vol. 29. P. 1–61.

References

- Alibekov T. B., Zubairov R. G. Geographical and ecological remote hybridization of apple trees // Problems of agroindustrial complex development in the region. Makhachkala : DagGAU, 2020. № 3 (43). P. 6–13. (In Russ.)
- Apple tree breeding in the V. M. Krutovsky Botanical Garden / R. N. Matveeva, O. F. Butorova, N. V. Moksina, M. V. Repyakh. Krasnoyarsk : SibSTU, 2006. 357 p.
- Bondorina I. A., Kabanov A. V., Khokhlacheva Yu. A. Decorative analysis of *Malus* Mill cultivars in the autumn period // Bulletin of Landscape Architecture. 2024. № 39. P. 3–7. (In Russ.)
- Dorofeeva M. M., Bonetskaya S. A. Comparative analysis of some classical and modern methods for determining the leaf surface area // Plant resources. 2020. Vol. 56, № 2. P. 182–192. (In Russ.)
- Fischer M., Fischer C. Ertragsstabilität fls Zuchtersches Problem Tag-Bez. (Akad. Land – Wirtsch. – Wiss. DDR). Berlin, 1984. P. 203–208.

- Forsline P. L.* Collection, maintenance, characterization, and utilization of wild apples of Central Asia // *Hortic. Rev. (Am. Soc. Hortic. Sci.)*. 2003. Vol. 29. P. 1–61.
- Fruiting of apple trees used for hybridization in the V. M. Krutovsky Botanical Garden / *S. O. Grigorieva, R. N. Matveeva, N. V. Moksina, M. V. Kolomytsev* // *Conifers of the boreal zone*. 2024. Vol. XLII, № 6. P. 65–70. (In Russ.)
- Kozhevnikov A. P., Egorov R. V.* Decorative forms of hybrid apple trees (*Malus hybrida*) in landscaping in Yekaterinburg // *Forests of Russia and economy in them*. 2020. № 4 (75). P. 20–28. (In Russ.)
- Lobanov G. A.* Program and methodology of variety study of fruit and berry, nut crops. Michurinsky : I. V. Michurin All-Russian Research Institute of Horticulture, 1973. 495 p.
- Matveeva R. N., Butorova O. F., Saprunova N. N.* Variability, hybridization and reproduction of apple trees of different varieties in the Botanical Garden named after V. M. Krutovsky. Krasnoyarsk : SibSTU, 2016. 209 p.
- Pinegina A. A.* Achievements of apple tree breeding in Siberia // *Knowledge of the young – the future of Russia*. 2021. P. 153–155. (In Russ.)
- Popova N. N.* Indicators of three-year-old apple seedlings in the hybridization experiment // *Fruit growing, seed production, introduction of woody plants*. 2015. Vol. 18, № XVIII. P. 67–71. (In Russ.)
- Potapov V. A., Ulyanitsev A. S., Krysanov Yu. V.* Harvesting, commodity processing and storage of fruits // *Low-growth intensive garden*. Moscow : Rosagropromizdat, 1991. P. 202–210. (In Russ.)
- Repyakh M. V.* Variability of the onset of phenological phases in apple trees in the Botanical Garden named after V. M. Krutovsky // *International Scientific Research Journal*. 2022. № 3-2 (117). P. 46–50. (In Russ.)
- Sedov E. N.* History, tasks, methods and results of apple tree breeding // *Agricultural Biology*. 2007. Vol. 42, № 1. P. 3–15. (In Russ.)
- Sedov E. N., Korneeva S. A., Yanchuk T. V.* The role of domestic breeding in improving the apple tree assortment in Russia // *Bulletin of Russian Agricultural Science*. 2021. № 4. P. 17–19. (In Russ.)
- Skripnikov N. K., Ovsyannikov A. S.* The dependence of photosynthetic activity of leaves on the yield of apple varieties // *Scientific Proceedings of the All-Russian Research Institute of Horticulture*. 1986. № 44. P. 21–26. (In Russ.)
- Zaremk R. Sh., Dolya Yu. A., Kopnina T. A.* Biomorphological features of the formation and realization of productivity potential in stone fruit varieties in the conditions of southern horticulture // *Agricultural biology*. 2020. Vol. 55, № 3. P. 573–587. (In Russ.)

Информация об авторах

Р. Н. Матвеева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
С. О. Григорьева – аспирант.

Information about the authors

R. N. Matveeva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
S. O. Grigorieva – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 07.05.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 07.05.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 97–103.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 97–103.

Научная статья

УДК: 630*161: 630*8

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.010

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ В МЕСТООБИТАНИЯХ ТЕТЕРЕВА ПОЛЕВОГО

Ярослав Александрович Новиков¹, Мария Александровна Новикова²

^{1,2} Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

¹ st085879novikov@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-9321-631X>

² masch.novikova@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0416-4232>

Аннотация. В данном исследовании рассматриваются взаимосвязи между факторами среды и проективным покрытием растений живого напочвенного покрова в лесных экосистемах. Основные выводы показывают, что уровни солнечной радиации, полнота древостоя и густота крон не оказывают статистически значимого влияния на величины проективных покрытий. Исследование выделяет две группы растений: светолюбивые (например, вероника дубравная, герань лесная, земляника лесная) и теневыносливые (например, бодяк полевой, борщевик сибирский, фиалка полевая). Классификация растений в эти группы возможна только на основании корреляции как минимум с двумя факторами среды. Кроме того, установлено, что густота кроны не влияет на полноту древостоя и уровни рассеянной и отраженной радиации. В свою очередь, полнота древостоя демонстрирует сильное отрицательное влияние на уровни рассеянной и отраженной освещенности. При этом состав напочвенного покрова оказывает лишь слабое влияние на уровень отраженной радиации. Данные результаты подчеркивают сложность взаимодействий между растениями и их средой обитания, а также необходимость дальнейшего изучения влияния экологических факторов на структуру растительных сообществ. Исследование имеет важное значение для понимания экосистемных процессов и управления лесными ресурсами. Кроме того, результаты исследования могут быть полезны для разработки стратегий сохранения биоразнообразия и восстановления лесных экосистем, особенно в условиях изменения климата. В дальнейшем рекомендуется провести более детальные исследования, включая долговременные наблюдения и эксперименты, чтобы глубже понять механизмы взаимодействия между растениями и окружающей средой.

Ключевые слова: живой напочвенный покров, освещенность, пространственная структура, светолюбивые, теневыносливые растения

Благодарности: авторы выражают благодарность Новиковым: Александру Александровичу, Ирине Ивановне, Любаве Александровне, Ольге Александровне, Людмиле Александровне, Ирине Александровне, Широковскому Михаилу Никитичу за помощь в сборе полевого материала.

Для цитирования: Новиков Я. А., Новикова М. А. Исследование взаимосвязей лесорастительных условий и растительности в местообитаниях тетерева полевого // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 97–103.

Original article

RESEARCH OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN FOREST CONDITIONS AND VEGETATION IN THE HABITATS OF THE FIELD GROUSE

Yaroslav A. Novikov¹, Maria A. Novikova²

^{1,2} St. Petersburg State Forest University named after S. M. Kirov, Saint Petersburg, Russia

¹ st085879novikov@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-9321-631X>

² masch.novikova@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0416-4232>

Abstract. This research examines the relationships between environmental factors and projective cover of plants of living ground cover in forest ecosystems. The main findings show that levels of solar radiation, forest stand completeness and crown density do not have a statistically significant effect on projective cover values. The research identifies two groups of plants: light-loving (e.g., *Veronica chamaedrys* L., *Geranium sylvaticum* L., *Fragaria vesca* L.) and shade-tolerant (e.g., *Cirsium arvense* L., *Heracleum sibiricum* L., *Viola arvensis* L.). Classification of plants into these groups is possible only on the basis of correlation with at least two environmental factors. Furthermore, it was found that crown density does not affect forest stand completeness and levels of scattered and reflected radiation. In turn, forest stand completeness shows a strong negative effect on diffuse and reflected radiation. At the same time, the composition of the ground cover has only a weak effect on reflected radiation levels. These results emphasize the complexity of interactions between plants and their habitats, and the need for further study of the influence of environmental factors on the structure of plant communities. The research has important implications for understanding ecosystem processes and forest management. In addition, the results of the research may be useful for developing strategies for biodiversity conservation and restoration of forest ecosystems, especially in the face of climate change. Further more detailed research, including long-term observations and experiments, are recommended to further understand the mechanisms of plant-environment interactions.

Keywords: living ground cover, illumination, space structure, light-loving, shade-tolerant plants

Acknowledgments: the authors express their gratitude to the Novikovs: Alexander Alexandrovich, Irina Ivanovna, Lyubava Alexandrovna, Olga Alexandrovna, Lyudmila Alexandrovna, Irina Alexandrovna, Mikhail Nikitich Shirokovsky for their assistance in collecting field material.

For citation: Novikov Ya. A., Novikova M. A. Research of the relationships between forest conditions and vegetation in the habitats of the field grouse // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 97–103.

Введение

В последнее время намечается тенденция перехода от наиболее распространенных исследований видового состава фитоценозов к изучению взаимодействия как между отдельными видами, так и между ними и окружающей средой (Матвеева, 2007). При этом происходящие в сообществе процессы направляют и определяют дальнейшее его развитие, в том числе и достижение хозяйственных характеристик (Беляева, Мельников, 2010; Рубцов, Рыбакова, 2016). Изучение состава и структуры лесных сообществ в конечном итоге направлено

на решение широкого спектра прикладных задач, в связи с чем оно не теряет своей актуальности (Варганова и др., 2015), в частности из-за своего влияния на процесс лесовозобновления и формирование древостоя (Дылис и др., 1964; Robinson, 2009; Ерохина, 2012; Беляева и др., 2013; Kolo et al., 2017).

Цель, методика и объекты исследования

Цель – определение направленности и степени взаимного влияния лесорастительных условий и компонентов фитоценоза.

Объектами исследования выступали местообитания тетерева *Lyrurus tetrix*, расположенные в мелколиственных лесах, на опушках и на полянах Бежецкого лесничества Тверской области.

Задача исследования:

- определить значения исследуемых величин;
- определить степень и направленность взаимосвязей между ними.

Методической основой выявления местообитаний тетерева выступает адаптированная под данное исследование методика летне-осеннего маршрутного учета (Методические указания..., 1989).

Из каждого места взлета тетеревов ($N = 9$) (в дальнейшем ПП 1-9) были проложены четыре линии, ориентированные по сторонам света, на этих линиях с примыканием друг к другу были заложены круговые реласкопические площадки радиусом 178,5 см (площадью 10 м²) каждая, по 6 шт. от центра до края. Всего заложено 220 площадок. На данных площадках были определены следующие показатели: проективное покрытие каждого из видов растений живого напочвенного покрова, встречаемость, таксационные характеристики древостоев, густота древесного полога, уровни рассеянной и отраженной радиаций (люкс).

При определении проективных покрытий растений на ПП 2-6 и 8 учетные площадки делились пополам (по 5 м²) и описание каждой половины выполнялось отдельно, что позволило как повысить точность выполняемых описаний (сразу видно всю половину), так и более гибко отследить изменчивость факторов среды по мере удаления от центра пробной площади к ее краю. В каждой половине учетной площадки было выполнено по одному измерению рассеянной и отраженной радиации, а также густоты полога древостоев (кромномером Белова С. В.). Благодаря этому появилась возможность более точно измерить уровень влияния рассеянной и отраженной радиации, а также густоты полога древостоя на степень развития растений напочвенного покрова. Для этого на основании данных о проективных покрытиях растений живого напочвенного покрова на пробных площадях 2–6 и 8 были рассчитаны их средние значения (м²) для всех направлений. Затем для этих же направлений и пробных площадей были

вычислены средние значения уровней рассеянной и отраженной радиации, а также густоты полога древостоев. Полученные значения были наложены на ряды учетных площадей (шаг – 0,83 м).

Собранные данные подвергались математической обработке с использованием пакета программ Microsoft Excel 2010 и R-Studio 4.3.1.

Результаты и их обсуждение

В результате вышеуказанных действий для пробных площадей были собраны данные по проективным покрытиям и встречаемостям растений живого напочвенного покрова, таксационные характеристики древостоев (полноты древостоев и густоты крон), а также значения уровней рассеянной и отраженной радиаций.

На основании упомянутых данных были вычислены коэффициенты корреляции между значениями встречаемости и проективным покрытием растений живого напочвенного покрова, с одной стороны, и уровнем рассеянной и отраженной радиации, а также густоты полога и полноты древостоя – с другой.

Затем растения с коэффициентом корреляции 0,5 и более (обозначены знаком «+»), а также –0,5 и менее (обозначены знаком «–») были сведены в таблицу путем разделения их на светолюбивые и теневыносливые. К светолюбивым были отнесены растения, имеющие среднюю и сильную положительные корреляции с уровнями рассеянной и отраженной радиации, а также среднюю и сильную отрицательные корреляции с полнотой древостоя и густотой древесного полога. К теневыносливым, наоборот, были отнесены растения, имеющие среднюю и сильную отрицательные корреляции с уровнями рассеянной и отраженной радиации, а также среднюю и сильную положительные корреляции с полнотой древостоя и густотой древесного полога. В табл. 1 были включены только виды растений, имеющие корреляцию как минимум с двумя факторами среды.

Для демонстрации уровня достоверности полученных результатов справа была добавлена графа со средней встречаемостью каждого растения на пробных площадях. Полученные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Наличие корреляции ($R > 0,5$ и $R < -0,5$) между проективным покрытием (m^2) и встречаемостью растений живого напочвенного покрова разных видов, с одной стороны, и уровнями рассеянной и отраженной радиации (люкс), густотой полога и полнотой древостоя, с другой стороны
Correlations ($R > 0,5$ and $R < -0,5$) between projective cover (m^2) and occurrence of living ground cover plants of different species, on the one hand, and levels of diffuse and reflected radiation (lux), canopy density and stand completeness, on the other hand

Вид Species	Встречаемость Occurrence				Проективное покрытие Degree of coverage				Встречаемость, % Occurrence of ground cover, %
	густоты density of stocking	полноты forest completeness	отраженной радиации back radiation	рассеянной радиации diffuse radiation	густоты density of stocking	полноты forest completeness	отраженной радиации back radiation	рассеянной радиации diffuse radiation	
светолюбивые / Light demanders									
Вероника дубравная <i>Veronica chamaedrys</i> L.	НЕТ	–	–	–	–	–	ДА	ДА	42
Герань лесная <i>Geranium sylvaticum</i> L.	НЕТ	–	–	ДА	–	–	ДА	ДА	40
Горошек мышиный <i>Vicia cracca</i> L.	–	–	–	–	–	–	ДА	ДА	51
Земляника лесная <i>Fragaria vesca</i> L.	–	–	–	ДА	–	НЕТ	–	–	21
Золотарник обыкновенный <i>Solidago virgaurea</i> L.	–	–	–	ДА	НЕТ	–	НЕТ	–	22
Иван-чай узколистный <i>Chamaenerion angustifolium</i> L.	–	–	–	ДА	–	НЕТ	–	ДА	43
Марьянник дубравный <i>Melampyrum nemorosum</i> L.	–	–	–	ДА	–	–	–	ДА	57
Хвощ лесной <i>Equisetum sylvaticum</i> L.	–	–	–	ДА	–	–	ДА	ДА	16
Теневыносливые / Shade-enduring plants									
Бодяк полевой <i>Cirsium arvense</i> L.	–	ДА	НЕТ	НЕТ	–	ДА	–	–	14
Борщевик сибирский <i>Heracleum sibiricum</i> L.	–	–	НЕТ	–	–	–	НЕТ	–	9
Вейник наземный <i>Calamagrostis epigeios</i> L.	–	ДА	–	–	–	ДА	–	–	21
Колокольчик круглолистный <i>Campanula rotundifolia</i> L.	НЕТ	–	НЕТ	–	НЕТ	–	НЕТ	–	1
Лапчатка гусиная <i>Potentilla anserina</i> L.	–	–	НЕТ	–	–	–	НЕТ	НЕТ	12
Нивяник обыкновенный <i>Leucanthemum vulgare</i> L.	–	ДА	–	НЕТ	–	ДА	–	–	3
Одуванчик лекарственный <i>Taraxacum officinale</i> L.	–	ДА	НЕТ	НЕТ	–	ДА	НЕТ	–	13
Подорожник ланцетный <i>Plantago lanceolata</i> L.	–	–	НЕТ	–	–	–	НЕТ	НЕТ	6
Полынь горькая <i>Artemisia absinthium</i> L.	–	–	–	НЕТ	–	ДА	–	НЕТ	32
Фиалка полевая <i>Viola arvensis</i> L.	НЕТ	–	НЕТ	–	НЕТ	–	НЕТ	–	1
Щавель обыкновенный <i>Rumex acetosa</i> L.	–	ДА	НЕТ	НЕТ	–	–	–	–	4

На основании полученных данных можно заключить, что светолюбивые растения имеют большую встречаемость, чем теневыносливые. При этом более половины теневыносливых растений имеют встречаемость ниже 10 %, что ставит под сомнение принадлежность их к данной группе. Кроме того, наличие соответствующих корреляций у остальных теневыносливых растений может быть обусловлено благоприятным воздействием на ЖНП незначительного притенения от крон, при том что дальнейшее увеличение сомкнутости крон может отрицательно сказаться на развитии данных растений. Большинство указанных в табл. 1 светолюбивых растений, судя по их видовым эпитетам, являются типичными обитателями подпологового пространства.

Помимо вышеназванных коэффициентов корреляции между отдельными видами живого напочвенного покрова и условиями окружающей среды, были вычислены коэффициенты корреляции между отдельными факторами среды и общим суммарным покрытием всех видов. Полученные значения сведены в табл. 2.

На основании данных табл. 2 можно заключить, что густота кроны не оказывает существенного влияния на полноту древостоя, а также на уровни рассеянной и отраженной радиации. В свою очередь, все перечисленные факторы окружающей среды не оказывают существенного влияния на суммарное покрытие всех растений живого напочвенного покрова.

Таблица 2
Table 2

Коэффициенты корреляции между различными факторами среды, а также суммарным проективным покрытием растений живого напочвенного покрова и их фитомассой
Correlation coefficients between different environmental factors, as well as the total projective cover of living ground cover plants and their phytomass

R	Полнота Forest completeness	Освещенность, люкс		Густота кроны Density of crown
		рассеянная diffuse radiation	отраженная back radiation	
Рассеянная освещенность, люкс Diffuse radiation	-0,84	–	–	–
Отраженная освещенность, люкс Back radiation	-0,79	0,90	–	–
Густота кроны Density of stocking	-0,33	0,26	0,36	–
Суммарное покрытие по всем видам, м ² Total projective cover for all plant species, m ²	-0,14	0,39	0,29	0,01

Сильная связь имеется между полнотой и рассеянной, отраженной освещенностью, а также между рассеянной и отраженной освещенностью, причем последняя наиболее сильная, что свидетельствует о слабом влиянии состава напочвенного покрова на уровень отраженной радиации. Менее сильная связь между вышеупомянутыми радиациями и полнотой древостоя является следствием опосредованного влияния полноты на уровень радиации.

Любопытно отметить, что все перечисленные факторы среды не оказывают статистически зна-

чимого влияния на величины проективных покрытий растений живого напочвенного покрова.

Выводы

1. Факторы среды (уровни солнечной радиации, полноты древостоев, густоты крон) не оказывают статистически значимого влияния на величины проективных покрытий растений живого напочвенного покрова в местообитаниях тетерева полевого.

2. К светолюбивым растениям относятся: вероника дубравная, герань лесная, горошек мы-

шинный, земляника лесная, золотарник обыкновенный, иван-чай узколистный, марьянник дубравный, хвощ лесной.

3. К теневыносливым растениям относятся: бодяк полевой, борщевик сибирский, вейник наземный, колокольчик круглолистный, лапчатка гусиная, нивяник обыкновенный, одуванчик лекарственный, подорожник ланцетный, полынь горькая, фиалка полевая, щавель обыкновенный.

4. Относить растения к одной из этих групп можно лишь на основании корреляции их как минимум с двумя факторами среды.

5. Густота кроны не оказывает существенного влияния на полноту древостоя, а также на уровни

рассеянной и отраженной радиации в местообитаниях тетерева полевого.

6. Густота кроны, полнота древостоя, а также уровни рассеянной и отраженной радиации не оказывают существенного влияния на суммарное покрытие по всем видам растений живого напочвенного покрова.

7. Полнота древостоя оказывает сильное отрицательное влияние на уровни рассеянной и отраженной освещенности, которые имеют между собой сильную связь.

8. Состав напочвенного покрова оказывает слабое влияние на уровень отраженной радиации в местообитаниях тетерева полевого.

Список источников

- Беляева Е. О., Мельников Е. С. Особенности реакции живого напочвенного покрова на комплексный уход в насаждениях разных типов леса // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. Вып. 191. С. 40–48.
- Беляева Н. В., Грязькин А. В., Ковалева О. А. Влияние парцеллярной структуры фитоценоза на соотношение фенологических форм подроста ели // Вестник Саратов. гос. ун-та им. Н. И. Вавилова. Естественные науки. 2013. № 6. С. 16–21.
- Варганова И. В., Тиходеева М. Ю., Лебедева В. Х. Неоднородность лесных фитоценозов с участием осины в заповеднике «Столбы», Красноярский край // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2015. № 178. С. 108–114.
- Дылис Н. В., Уткин А. И., Успенская И. М. О горизонтальной структуре лесных биогеоценозов // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии. 1964. Т. 69. Вып. 4. С. 65–72.
- Ерохин А. В. Структура естественного возобновления после проведения равномерно-постепенных рубок в сосняках бруснично-черничных // Актуальные проблемы лесного комплекса : сб. науч. тр. Брянск, 2012. Вып. 31. С. 23–25.
- Матвеева Н. В. Гетерогенность растительного покрова в Арктике и подходы к ее типизации // Актуальные проблемы геоботаники : III Всероссийская школа-конференция. Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2007. С. 212–225.
- Методические указания по проведению осеннего маршрутного учета боровой и полевой дичи / сост. : В. А. Кузякин, И. Г. Лысенко. М., 1989. 31 с.
- Рубцов М. В., Рыбакова Н. А. Динамика парцеллярной структуры лесных фитоценозов в процессе восстановления популяции ели в южно-таежных березняках // Лесоведение. 2016. № 5. С. 323–331.
- Kolo H., Ankerst D., Knoke T. Predicting natural forest regeneration: a statistical model based on inventory data // Eur. J. Forest Res. 2017. Vol. 136, № 5-6. P. 923–938.
- Robinson D. T. Effects of Land-Use Policy, Forest Fragmentation and Residential Parcel Size on Land-Cover and Carbon Storage in Southeastern Michigan : PhD Diss. USA, MI, 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/30864375_Effects_of_Land-Use_Policy_Forest_Fragmentation_and_Residential_Parcel_Size_on_Land-Cover_and_Carbon_Storage_in_Southeastern_Michigan (accessed 01.05.2025).

References

- Belyaeva E. O., Melnikov E. S.* Features of the reaction of the living ground cover to integrated care in plantations of different forest types // Proceedings of St. Petersburg Forest Academy. 2010. Issue. 191. P. 40–48. (In Russ.)
- Belyaeva N. V., Gryazkin A. V., Kovalyova O. A.* Influence of parcellar structure of phytocenosis on the ratio of phenological forms of spruce undergrowth // Bulletin of Saratov State University named after N. I. Vavilov. Natural Sciences. 2013. № 6. P. 16–21. (In Russ.)
- Dylis N. V., Utkin A. I., Uspenskaya I. M.* On the horizontal structure of forest biogeocenoses // Bulletin of the Moscow Society of Nature Researchers. Department of Biology. 1964. Vol. 69. Issue 4. P. 65–72. (In Russ.)
- Erokhin A. V.* Structure of natural regeneration after uniform-stage logging in lingonberry-blackberry pine forests // Actual problems of forest complex : Collection of scientific articles Bryansk. 2012. Vol. 31. P. 23–25. (In Russ.)
- Kolo H., Ankerst D., Knoke T.* Predicting natural forest regeneration: a statistical model based on inventory data // Eur. J. Forest Res. 2017. Vol. 136, № 5-6. P. 923–938.
- Matveeva N. V.* Heterogeneity of vegetation cover in the Arctic and approaches to its typification // Actual problems of geobotany : III All-Russian school-conference. Petrozavodsk : KarSC RAS, 2007. P. 212–225. (In Russ.)
- Methodical guidelines for the fall route counting of hog and field game / compiled by *V. A. Kuzyakin, I. G. Lysenko*. Moscow, 1989. 31 p.
- Robinson D. T.* Effects of Land-Use Policy, Forest Fragmentation and Residential Parcel Size on Land-Cover and Carbon Storage in Southeastern Michigan : PhD Diss. USA, MI, 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/30864375_Effects_of_Land-Use_Policy_Forest_Fragmentation_and_Residential_Parcel_Size_on_Land-Cover_and_Carbon_Storage_in_Southeastern_Michigan (accessed 01.05.2025).
- Rubtsov M. V., Rybakova N. A.* Dynamics of the parcellar structure of forest phytocenoses in the process of spruce population recovery in southern taiga birch forests // Forest Science. 2016. № 5. P. 323–331. (In Russ.)
- Varganova I. V., Tikodeeva M. Yu., Lebedeva V. H.* Heterogeneity of forest phytocenoses with aspen in the reserve “Stolby”, Krasnoyarsk region // Bulletin of the A. I. Herzen State Pedagogical University. 2015. № 178. P. 108–114. (In Russ.)

Информация об авторах

Я. А. Новиков – аспирант;

М. А. Новикова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

Ya. A. Novikov – postgraduate student;

M. A. Novikova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 16.05.2025; принята к публикации 15.12.2025.

The article was submitted 16.05.2025; accepted for publication 15.12.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 104–114.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 104–114.

Научная статья

УДК 630.43:614.84

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.011

МЕТОД ПРОГНОЗНЫХ ОЦЕНОК ЛАНДШАФТНЫХ И ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Николай Владимирович Примаков¹, Дарья Викторовна Караева²

^{1,2} Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

² Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

¹ nik-primakov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9225-024X>

² da5ha.caraeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9148-315X>

Аннотация. Официальная система дистанционного мониторинга пожаров выявила площадь ландшафтных пожаров в России на 1 ноября 2024 г. – 13,7 млн га. 51 % от общей площади выявленных пожаров приходится на леса. Приведенные цифры как по России, так и по Краснодарскому краю свидетельствуют о недостатке эффективных мероприятий для решения такого опасного процесса, как пожар. Цель работы – изучить природу ландшафтных и лесных пожаров, проанализировать причины их возникновения, на основе метода прогнозных оценок и системы комплексных мероприятий снизить вероятность рисков возникновения пожаров. Исследования проводились по общепринятым методикам. Объектами исследований являются ландшафты и лесные экосистемы Краснодарского края. В работе рассмотрены основные виды причин антропогенного и природного характера, оказывающие влияние как на формирование условий возникновения пожарной ситуации, так и на условия для быстрого распространения огня. Изучена динамика количества возгораний и их площадей за 2019–2024 гг., определены характерные особенности распространения возгораний в Краснодарском крае. Установлено, что 2022 г. отмечен с наименьшей площадью возгораний почти в четыре раза по отношению к 2023 г. (103 га). Такая тенденция, по нашему мнению, объясняется особенностями погодных условий года. Отмечается рост количества пожаров за 2019–2020 гг. для изучаемого региона на 18,6 % (с 1128 шт. до 1338 шт.). Причины такого роста могут быть связаны с сухими и жаркими погодными условиями. В работе представлена комплексная система мероприятий по предупреждению ландшафтных пожаров. Предприятиям сельского и лесного хозяйства рекомендуется с целью снижения рисков возникновения ландшафтных пожаров использовать данную схему, а также применять современные цифровые технологии, БПЛА и др. В работе произведена оценка прогноза, степени опасности возникновения пожаров в участковых лесничествах. Установлено, что высокая степень пожарной опасности наблюдается в Геленджикском участковом лесничестве, средняя характерна для Апшеронского, Афипского, Джубгского, Краснодарского, Мостовского, Новороссийского и Туапсинского. Данные составленного прогноза с учетом других прогнозов позволяют грамотно перераспределить имеющуюся базу технического оснащения средств обнаружения пожаров, их тушения, а также человеческих и других ресурсов.

Ключевые слова: ландшафтные и лесные пожары, динамика возгораний, метод прогнозных оценок, участковое лесничество, комплексные мероприятия

Для цитирования: Примаков Н. В., Караева Д. В. Метод прогнозных оценок ландшафтных и лесных пожаров Краснодарского края // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 104–114.

Original article

METHOD FOR PREDICTIVE ASSESSMENTS OF LANDSCAPE AND FOREST FIRES IN THE KRASNODAR REGION

Nikolay V. Primakov¹, Daria V. Karaeva²

^{1,2} Kuban State University, Krasnodar, Russia

² Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilina, Krasnodar, Russia

¹ nik-primakov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9225-024X>

² da5ha.caraeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9148-315X>

Abstract. The official fire remote monitoring system has identified the area of landscape fires in Russia on November 1, 2024 13,7 million hectares. 51 % of the total area of identified fires is in forests. These figures, both in Russia and in the Krasnodar Region, indicate the lack of effective measures to address such a dangerous process as fire. The purpose of the work is to research the nature of landscape and forest fires, to analyze the causes of their occurrence, based on the method of predictive assessments and a system of integrated measures to reduce the likelihood of fire risks. The research was conducted according to generally accepted methods. The objects of research are landscapes and forest ecosystems of the Krasnodar Region. The work considers the main types of anthropogenic and natural causes that influence both the formation of conditions for the occurrence of a fire situation and the conditions for the rapid spread of fire. The dynamics of the number of fires and their areas for 2019–2024 have been researched, and the characteristic features of the spread of fires in the Krasnodar Region have been identified. It was found that 2022 marked the year with the smallest area of fires by almost 4 times compared to 2023 (103 hectares). In our opinion, this trend is explained by the peculiarities of the weather conditions of the year. There has been an increase in the number of fires in 2019–2020 for the researched region by 18,6 % (from 1128 units to 1338 units). The reasons for this increase may be related to dry and hot weather conditions. The work presents a complex system of measures to prevent landscape fires. Enterprises of agriculture and forestry are recommended to use this scheme in order to reduce the risks of landscape fires, as well as to use modern digital technologies, UAVs, etc. The work assesses the forecast, the degree of fire risk in district forestries. It has been established that a high degree of fire danger is observed in Gelendzhik district forestry, the average is typical for: Absheron, Afipsky, Dzhubgsky, Krasnodar, Mostovsky, Novorossiysk and Tuapse. The data from the compiled forecast, taking into account other forecasts, will make it possible to competently redistribute the existing base of technical equipment for fire detection and extinguishing means, as well as human and other resources.

Keywords: landscape and forest fires, fire dynamics, method of predictive assessments, district forestry, complex measures

For citation: Primakov N. V., Karaeva D. V. Method for predictive assessments of landscape and forest fires in the Krasnodar Region // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 104–114.

Введение

С наступлением теплого периода растет пожароопасная ситуация на территории всей России. Официальная система дистанционного мониторинга пожаров – ИСДМ-Рослесхоз – выявила площадь ландшафтных пожаров в России на 1 ноября 2024 г. – 13,7 млн га. 51 % от общей площади выявленных пожаров приходится на леса. К концу октября 2024 г. в Краснодарском крае зарегистрировали 38 ландшафтных пожаров на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Это уже почти в два раза больше, чем за весь 2023 г., когда было зафиксировано 20 таких инцидентов. Помимо возгораний на ООПТ, с начала года и по конец октября на Кубани произошло 49 лесных пожаров, что на 69 % больше показателя всего прошлого года.

Приведенные цифры как по России, так и по Краснодарскому краю свидетельствуют о недостатке эффективных мероприятий для решения такого опасного процесса, как пожар (Гринько и др., 2023; и др.). В работах многих исследователей (Бондарев, Примаков, 2007; Медведев, Матвеев, 2025; Оценка горимости..., 2024) отмечаются физические, технические, организационные и другие причины, по которым риски возникновения и распространения ландшафтных и лесных пожаров можно было бы значительно снизить или не допустить.

Цель, методика и объекты исследования

Цель работы – изучить природу ландшафтных и лесных пожаров, проанализировать причины их возникновения, на основе метода прогнозных оценок и системы комплексных мероприятий снизить вероятность рисков возникновения пожаров.

Исследования проводились по общепринятым методикам. Основу материалов, применяемых для исследований анализа причин возникновения пожаров в ландшафтах и лесных экосистемах, составили официальные статистические данные (МЧС Главное управление..., 2025), личные исследования и подходы, изложенные в материалах (Примаков, Максименко, 2024; Примаков, 2024;

Латифова, Примаков, 2022), научные статьи ученых (Оценка масштабов..., 2021; Калинин и др., 2024; Синельников и др., 2014; и др.). Объектами исследований являются ландшафты и лесные экосистемы Краснодарского края.

Результаты и их обсуждение

Краснодарский край занимает площадь 7548,5 тыс. га. Первое место занимают агроландшафты – 4683 тыс. га (62,0 %), площадь лесных земель находится на втором месте и составляет 1221,2 тыс. га (16,2 %).

Основные причины возникновения ландшафтных пожаров (Барановский, 2021) представлены на рис. 1. Они классифицируются на природно-климатические и антропогенные.

Из рис. 1 следует, что к природно-климатическим факторам возникновения пожара относится возникновение условий для быстрого его распространения, а также молнии и др. Антропогенный фактор в большинстве случаев выступает причиной возгорания и неконтролируемого горения как в агролесоландшафтах, так и в лесных экосистемах. Динамика пожаров по площади возгорания за 2019–2024 гг. на территории Краснодарского края представлена на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что с 2019 по 2021 гг. площадь возгораний оставалась относительно стабильной с незначительными колебаниями (в диапазоне 46–86 га). В 2022 г. наблюдается резкое снижение рассматриваемого показателя – почти в четыре раза. Такая тенденция, по нашему мнению, объясняется особенностями погодных условий года (большим количеством осадков в летний период и меньшими температурами). Более высокий показатель площади возгорания отмечен в 2023 г. (103 га), динамика его падения почти в два раза наблюдается в 2024 г. (до 70 га). Количество возгораний за последние шесть лет на территории Краснодарского края представлено на рис. 3.

Важно учитывать не только площадь ландшафтных пожаров, но и их количество. На рис. 3 показано, что за 2019–2020 гг. на территории Краснодарского края происходит рост количества пожаров на 18,6 % (с 1128 шт. до 1338 шт.).



Рис. 1. Причины возникновения ландшафтных пожаров
Fig. 1. Causes of landscape fires

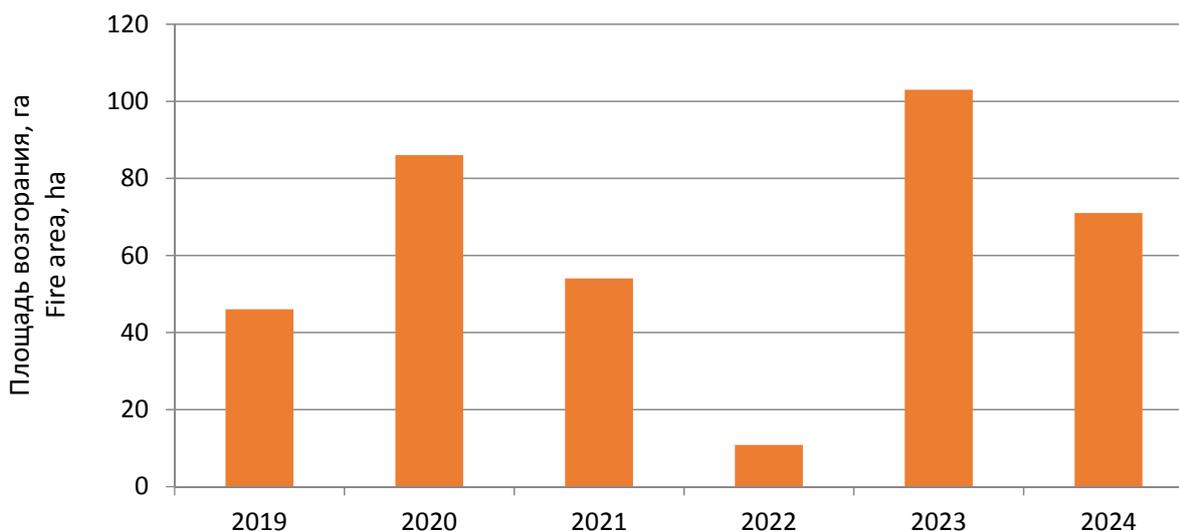


Рис. 2. Динамика пожаров по площади за 2019–2024 гг.
Fig. 2. Fire area dynamics for 2019–2024

Причины этого – благоприятные погодные условия. В 2020–2021 гг. наблюдается резкое снижение на 28,7 % (до 954 шт.) ландшафтных пожаров. После пика в 2020 г. фиксируется устойчивое снижение количества возгораний. Суммарное уменьшение за 5 лет составило 70 % (с 1338 до 344 шт.). Такому снижению могло способствовать успешное внедрение противопожарных программ, изменение климатических условий (снижение засух, влажные сезоны), повышение осведомленности населения о пожарной безопасности.

На основании глубокого анализа проблемы, личных исследований авторов, работ других исследователей (Болданова, 2024; Котельников, Мартынюк, 2025; Исследование..., 2022; Охрана населенных пунктов..., 2022; Пат. 2703362, 2019; Varovik, Taranchuk, 2022; Guo et al., 2024) нами предложена комплексная система мероприятий по предупреждению ландшафтных пожаров, представленная на рис. 4. Она включает в себя различные подсистемы, которые направлены на снижение вероятности возникновения пожаров и минимизацию ущерба от них.

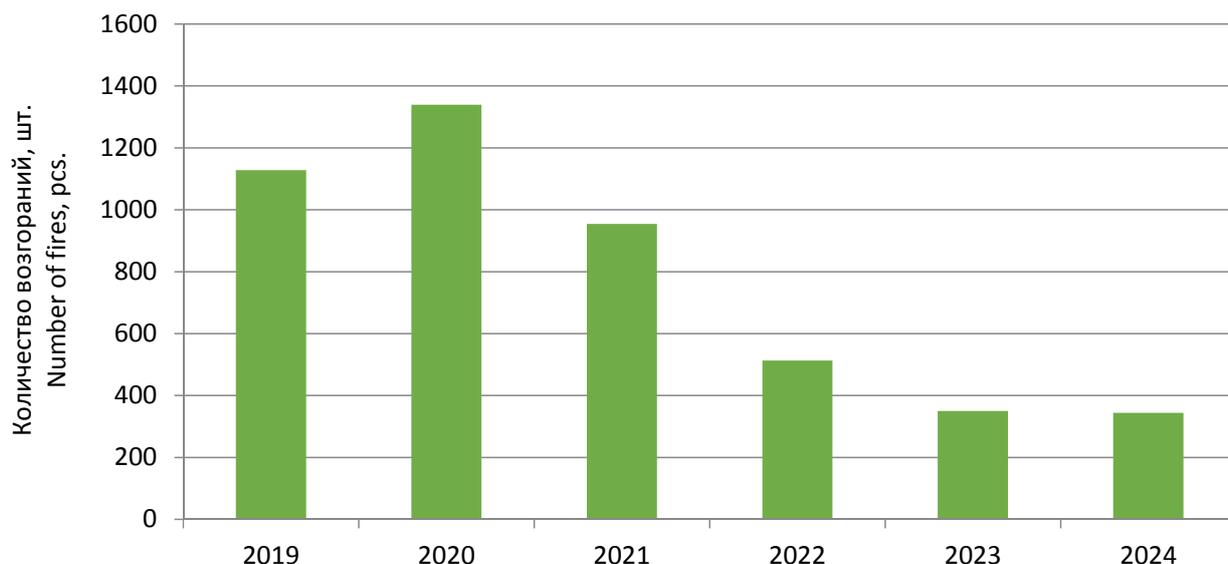


Рис. 3. Количество возгораний за период 2019–2024 гг.
 Fig. 3. Number of fires during the period 2019–2024

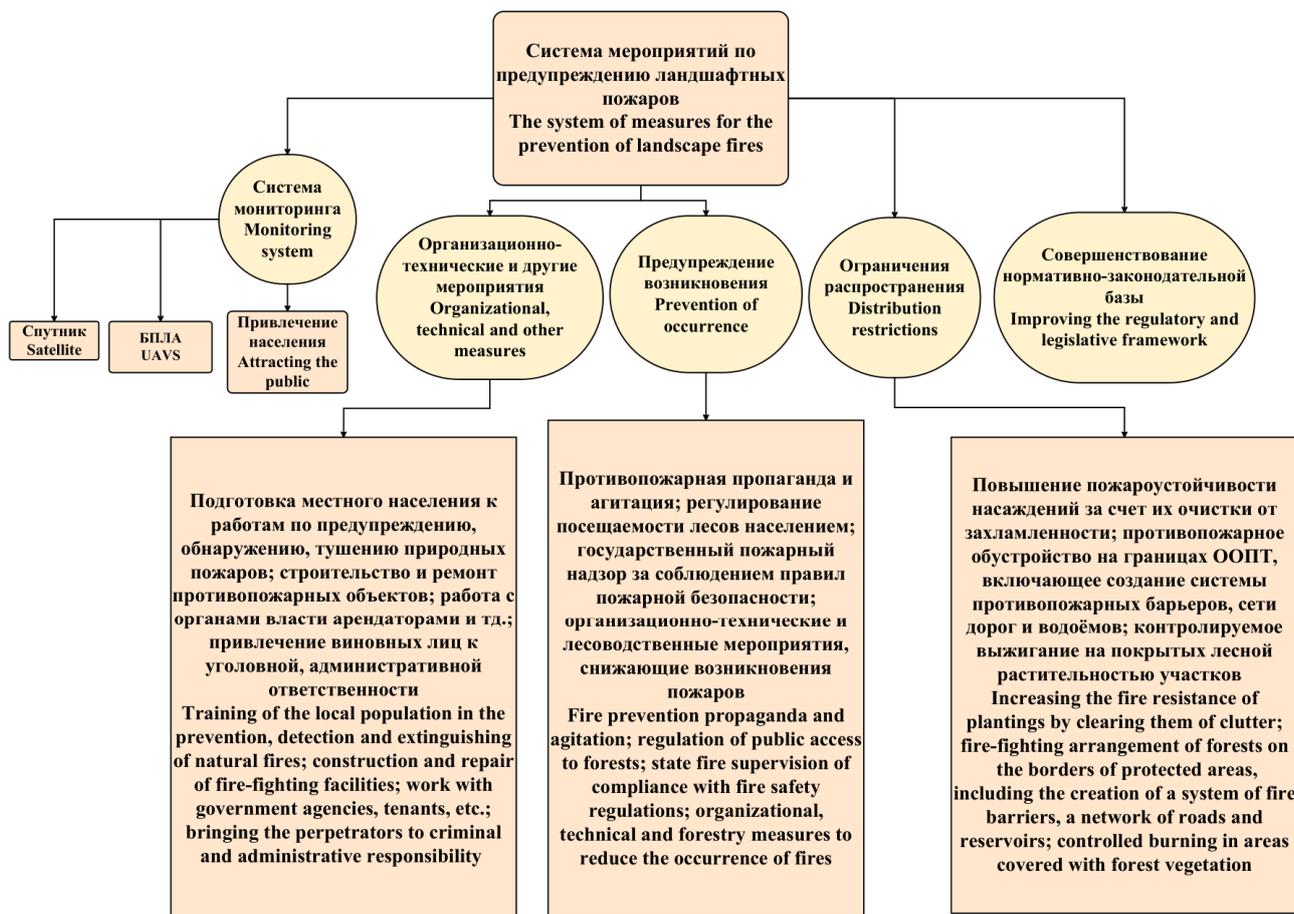


Рис. 4. Комплексная система мероприятий по предупреждению ландшафтных пожаров
 Fig. 4. Complex system of measures to prevent landscape fires

Из рис. 4 следует, что, помимо общих организационно-технических, обучающих и других мероприятий, большое значение отводится применению современных цифровых технологий, БПЛА и др. Большинство лесных экосистем на территории Краснодарского края имеют защитное значение. Высокие температуры, засуха формируют условия для возникновения пожароопасной ситуации. Все это усугубляется рекреационным пресингом со стороны человека. Подтверждением тому является возникновение пожара в заповеднике Утриш в 2020 г. (Post-fire changes..., 2019), в результате сгорело 126 га можжевело-фисташкового реликтового леса. Нами на основании данных, предоставленных МЧС России по Краснодарскому краю, составлена таблица по учету лесных пожаров в участковых лесничествах.

Из таблицы следует, что всего на территории изучаемого региона зафиксировано 94 пожара. При этом распределение их по участковым лесничествам неравномерное. Более высокие показатели отмечаются в Геленджикском участковом лесничестве, где количество пожаров составило 31 шт. при площади возгораний 131,88 га.

В Кавказском участковом лесничестве минимальное количество возгораний – 1 шт. Данные мониторинга и учета лесных пожаров на исследуемой территории могут успешно применяться для составления прогнозных оценок возникновения лесных пожаров в последующие годы. Нами на основании данных таблицы составлена шкала ранжированности территории изучаемого региона.

Учет лесных пожаров в участковых лесничествах Краснодарского края
Registration of forest fires in the district forestries of the Krasnodar Region

№ п/п № n/a	Место возникновения пожара The place of the fire	Количество пожаров, шт. Number of fires, pcs	Площадь пожара, га Fire area, ha
1	Туапсинское лесничество Tuapse forestry	9	14,20
2	Афипское лесничество Afip forestry	11	40,65
3	Краснодарское лесничество Krasnodar forestry	6	20,16
4	Геленджикское лесничество Gelendzhik forestry	31	131,88
5	Новороссийское лесничество Novorossiysk forestry	9	4,21
6	Апшеронское лесничество Apsheronk forestry	5	11,14
7	Белореченское лесничество Belorechensk forestry	2	1,90
8	Мостовское лесничество Mostovsk forestry	5	70,14
9	Лабинское лесничество Labinsk forestry	4	24,29
10	Пшишское лесничество Pshish forestry	3	11,36
11	Джубгское лесничество Dzhubg forestry	5	13,03
12	Горячеключевское лесничество Goryacheklyuchevsk forestry	3	3,44
13	Кавказское лесничество Kavkaz forestry	1	29,30
	Итого Total	94	375,708

Для предложенной шкалы произведена оценка в виде прогноза, что учитывалось при составлении карты-схемы по степени опасности возникновения пожаров в участковых лесничествах (рис. 5).

Из рис. 5 следует, что высокая степень пожарной опасности наблюдается в Геленджикском участковом лесничестве, средняя характерна для Апшеронского, Афипского, Джубгского, Краснодарского, Мостовского, Новороссийского и Туапсинского, для остальных участковых лесничеств определена низкая степень опасности возгораний

в лесных насаждениях. Данные составленного прогноза позволят грамотно перераспределить имеющуюся базу технического, цифрового оснащения средств обнаружения пожаров, их тушения, а также человеческих и других ресурсов. Кроме предложенного прогноза, для принятия решений по перераспределению средств необходимо принимать во внимание наличие в участковых лесничествах хвойных лесных насаждений, где отмечается более высокая степень опасности и прогнозные оценки погодных условий года.

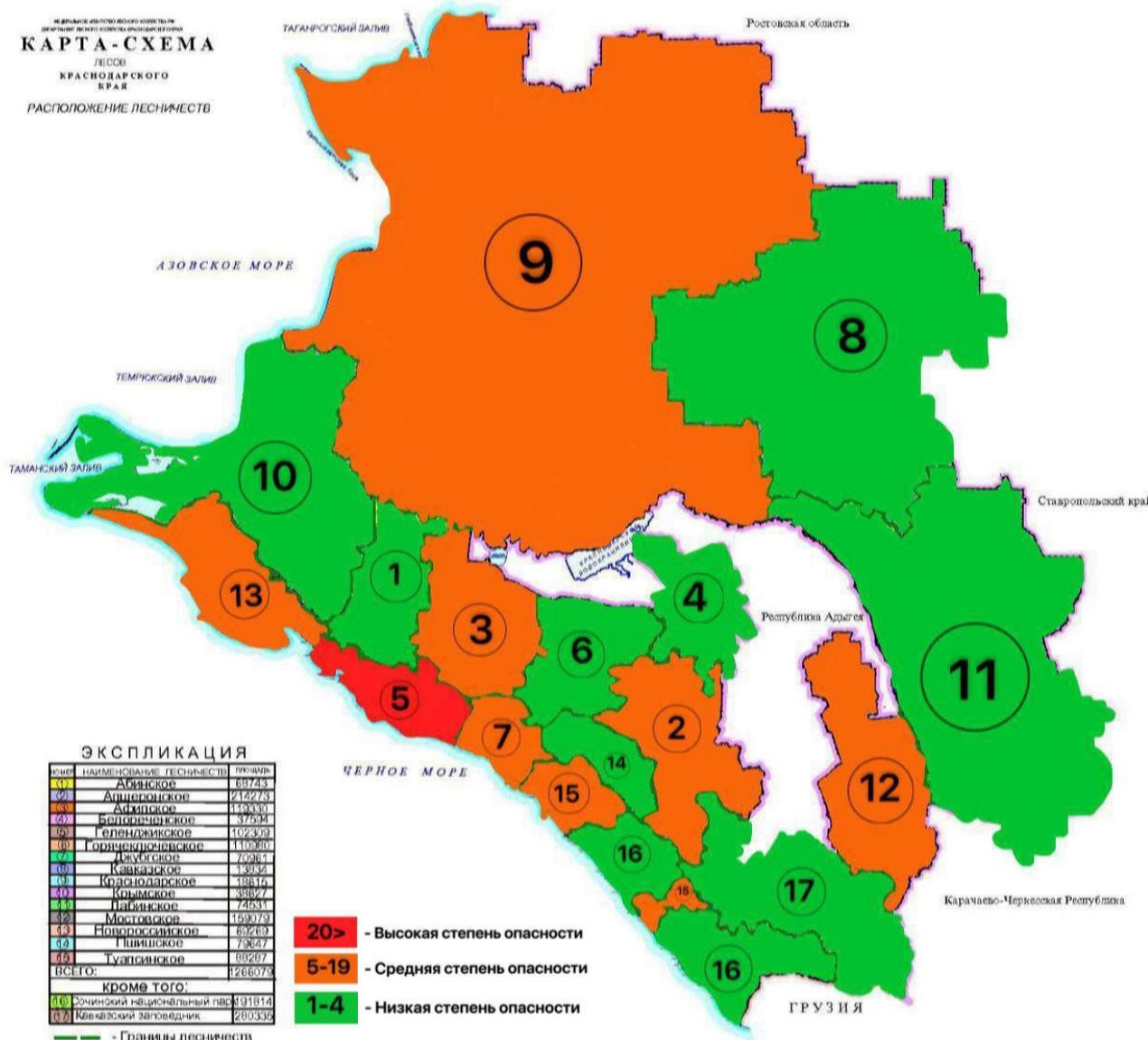


Рис. 5. Прогнозная оценка по степени опасности возникновения пожаров в участковых лесничествах Краснодарского края

Fig. 5. Predictive assessment of the risk of fires in the district forestry of the Krasnodar Region

Выводы

1. Таким образом, в работе рассмотрены основные виды причин антропогенного и природного характера, оказывающие влияние как на формирование условий возникновения пожарной ситуации, так и на условия для быстрого распространения огня.

2. Изучена динамика количества возгораний и их площадей за 2019–2024 гг., определены характерные особенности распространения возгораний в Краснодарском крае.

3. Установлено, что 2022 г. отмечен с наименьшей площадью возгораний почти в четыре раза по отношению к 2023 г. (103 га). Такая тенденция, по нашему мнению, объясняется особенностями погодных условий года.

4. Отмечается рост количества пожаров за 2019–2020 гг. для изучаемого региона на 18,6 % (с 1128 шт. до 1338 шт.). Причины такого роста могут быть связаны с сухими и жаркими погодными условиями.

5. В работе представлена комплексная система мероприятий по предупреждению ландшафтных пожаров. Предприятиям сельского и лесного хозяйства рекомендуется с целью снижения рисков возникновения ландшафтных пожаров использовать данную схему, а также применять современные цифровые технологий, БПЛА и др.

6. В работе произведена оценка прогноза, степени опасности возникновения пожаров в участковых лесничествах. Установлено, что высокая степень пожарной опасности наблюдается в Геленджикском участковом лесничестве, средняя характерна для Апшеронского, Афипского, Джубгского, Краснодарского, Мостовского, Новороссийского и Туапсинского.

7. Данные составленного прогноза с учетом других прогнозов позволят грамотно перераспределить имеющуюся базу технического оснащения средств обнаружения пожаров, их тушения, а также человеческих и других ресурсов.

Список источников

- Барановский Н. В. Прогнозирование лесной пожарной опасности в условиях антропогенной нагрузки. Новосибирск : СО РАН, 2021. 302 с.
- Болданова Е. В. Точка росы как основа оперативного показателя лесопожарной опасности // Изв. вузов. Лесн. журн. 2024. № 1. С. 114–125. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-1-114-125
- Бондарев Н. А., Примаков Н. В. Машины и механизмы : учеб. пособие для студ. вузов. Новочеркасск : Новочерк. гос. мелиорат. акад., 2007. 211 с.
- Гринько О. И., Григорьева О. И., Григорьев И. В. Влияние лесных пожаров на лесную экосистему // Вестник АГАТУ. 2023. № 3 (11). С. 45–72.
- Исследование зависимости степени повреждений лесов пожарами от интенсивности горения по данным спутникового мониторинга / Е. А. Лупян, Д. В. Лозин, И. В. Балашов [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19, № 3. С. 217–232.
- Калинин Р. К., Иващнев М. В., Васильев А. С. Динамика лесных пожаров на территории Республики Карелия // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 2 (89). С. 77–88. DOI: 10.51318/FRET.2024.89.2.009
- Котельников Р. В., Мартынюк А. А. Модифицированная методика расчета региональных шкал пожарной опасности в лесах // Изв. вузов. Лесн. журн. 2025. № 1. С. 9–24. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-1-9-24
- Латифова А. С., Примаков Н. В. Восстановление лесных экосистем, нарушенных пожарами // Экологические проблемы использования горных лесов / отв. ред. М. Ю. Беликов. Т. 1. Майкоп : Кубан. гос. ун-т, 2022. С. 275–278.
- Медведев Д. В., Матвеев А. В. Информационная модель поддержки принятия решений по реагированию на ландшафтные пожары // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 1 (36). С. 117–125. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2025.22.36.011

- МЧС Главное управление сообщает о лесопожарной обстановке на территории Краснодарского края по состоянию на 10 ч. 10.10.2024 г. // МЧС России по Краснодарскому краю : [сайт]. URL: <https://23.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/operativnaya-informaciya/5378142> (дата обращения: 25.03.2025).
- 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
- Оценка горимости лесов в Российской Федерации / *Л. Е. Кузнецов, А. М. Ерицов, И. М. Секерин* [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 93–101. DOI 10.51318/FRET.2024.31.73.008
- Оценка масштабов ландшафтных пожаров 2020 года на территории России / *И. В. Глушков, В. В. Лунпачик, И. В. Журавлева* [и др.] // Вопросы лесной науки. 2021. Т. 4, № 2. DOI: 10.31509/2658-607x-2021424. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46456857&ysclid=mhxe5gxocg104578671> (дата обращения: 19.03.2025).
- Патент № 2703362 С1 Российская Федерация, МПК G08B 17/10, G08B 17/12. Способ мониторинга лесных пожаров и комплексная система раннего обнаружения лесных пожаров : № 2019102472 : заявл. 29.01.2019 : опубл. 16.10.2019 / *В. И. Дикарев, Н. П. Казаков, Е. Н. Бардулин* [и др.] ; заявитель ФГОУ ВО «Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы Министерства РФ по делам ГО ЧС обороны и ликвидации последствий стихийных бедствий». URL: <https://patenton.ru/patent/RU2703362C1> (дата обращения: 19.03.2025).
- Примаков Н. В.* Влияние полезных лесных полос на распространение пожаров в агролесоландшафтах Краснодарского края // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 71–79. DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.008
- Примаков Н. В., Максименко А. А.* Методы управления пожароопасной ситуации в лесных экосистемах // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 196. С. 92–100. DOI: 10.21515/1990-4665-196-010
- Синельников А. В., Казанцев В. А., Кружалов М. В.* Профилактика возникновения лесных и ландшафтных пожаров в летний пожароопасный период // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2014. № 1 (5). С. 145–148.
- Barovik D. V. Taranchuk V. B.* Tools for the analysis and visualisation of distributions and vector fields in surface forest fires modelling // Journal of the Belarusian State University. Mathematics and Informatics. 2022. № 2. P. 82–93. DOI: 10.33581/2520-6508-2022-2-82-93
- Guo Zh., Sopov E. A., Ma Zh.* Analysis and Prediction of Data on the Basic Situation of Forest Fires // Science prospects. 2024. № 5 (176). P. 66–70.
- Post-fire changes in the biological properties of the brown soils in the Utrish state nature reserve (Russia) / *K. Sh. Kazeev, T. A. Poltoratskaya, A. S. Yakimova* [et al.] // Nature Conservation Research. 2019. Vol. 4, № S1. P. 93–104. DOI: 10.24189/ncr.2019.055

References

- Assessment of forest burnability in the Russian Federation / *L. E. Kuznetsov, A. M. Yeritsov, I. M. Sekerin* [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 93–101. DOI: 10.51318/FRET.2024.31.73.008 (In Russ.)
- Baranovsky N. V.* Forecasting of forest fire danger in conditions of anthropogenic load. Novosibirsk : SB RAS, 2021. 302 p.
- Barovik D. V. Taranchuk V. B.* Tools for the analysis and visualisation of distributions and vector fields in surface forest fires modelling // Journal of the Belarusian State University. Mathematics and Informatics. 2022. № 2. P. 82–93. DOI: 10.33581/2520-6508-2022-2-82-93

- Boldanova E. V.* Dew point as the basis of an operational indicator of forest fire danger // News of HEI. Forest journal. 2024. № 1. P. 114–125. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-1-114-125 (In Russ.)
- Bondarev N. A., Primakov N. V.* Machines and mechanisms : a textbook for university students, Novocherkassk : Novocherkassk State Land Reclamation Academy, 2007. 211 p.
- Evaluation the scale of landscape fires in 2020 on the territory of Russia / *I. V. Glushkov, V. V. Lupachik, I. V. Zhuravleva* [et al.] // Questions of forest science. 2021. Vol. 4, № 2. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46456857&ysclid=mhxe5gxocg104578671> (accessed 19.03.2025). DOI: 10.31509/2658-607x-2021424
- Grinko O. I., Grigorieva O. I., Grigoriev I. V.* The impact of forest fires on the forest ecosystem // Bulletin of ASAU. 2023. № 3 (11). P. 45–72. (In Russ.)
- Guo Zh., Sopov E. A., Ma Zh.* Analysis and Prediction of Data on the Basic Situation of Forest Fires // Science prospects. 2024. № 5 (176). P. 66–70.
- Investigation of the dependence of the degree of damage to forests by fires on the gorenje intensity according to satellite monitoring data / *E. A. Lupyay, D. V. Lozin, I. V. Balashov* [et. al.] // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2022. Vol. 19, № 3. P. 217–232. (In Russ.)
- Kalinin R. K., Ivashnev M. V., Vasiliev A. S.* Dynamics of forest fires in the Republic of Karelia // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 2 (89). P. 77–88. DOI: 10.51318/FRET.2024.89.2.009 (In Russ.)
- Kotelnikov R. V., Martynyuk A. A.* A modified methodology for calculating regional fire hazard scales in forests // News of HEI. Forest journal. 2025. № 1. P. 9–24. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-1-9-24 (In Russ.)
- Latifova A. S., Primakov N. V.* Restoration of forest ecosystems disrupted by fires // Environmental problems of the use of mountain forests / The responsible editor is M. Y. Belikov. Vol. 1. Maikop : Kuban State University, 2022. P. 275–278. (In Russ.)
- Medvedev D. V., Matveev A. V.* Information model of decision support for responding to landscape fires // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2025. № 1 (36). P. 117–125. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2025.22.36.011 (In Russ.)
- Patent № 2703362 C1 Russian Federation, IPC G08B 17/10, G08B 17/12. A method for monitoring forest fires and an integrated system for early detection of forest fires : № 2019102472 : application 29.01.2019 : published 16.10.2019 / *V. I. Dikarev, N. P. Kazakov, E. N. Bardulin* [et al.] ; the applicant is the St. Petersburg State University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation, Defense and Elimination of Consequences of Natural Disasters. URL: <https://patenton.ru/patent/RU2703362C1> (accessed 19.03.2019).
- Post-fire changes in the biological properties of the brown soils in the Utrish state nature reserve (Russia) / *K. Sh. Kazeev, T. A. Poltoratskaya, A. S. Yakimova* [et al.] // Nature Conservation Research. 2019. Vol. 4, № S1. P. 93–104. DOI: 10.24189/ncr.2019.055 (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.* The influence of protective forest strips on the distribution fires in agroforest landscapes of the Krasnodar Territory // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 71–79. DOI: 10.51318/FRET.2024.91.4.008 (In Russ.)
- Protection of settlements subjected to the threat of forest fires by the state fire supervision authorities of Russia Ministry of Emergency Situations Federal Fire Service / *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.)
- Sinelnikov A. V., Kazantsev V. A., Kruzhalov M. V.* Prevention of forest and landscape fires in the summer fire-prone period // Modern technologies for civil defense and emergency response. 2014. № 1 (5). P. 145–148. (In Russ.)

The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations reports on the forest fire situation in the Krasnodar Territory as of 10:10.10.2024 // Ministry of Emergency Situations of Russia in the Krasnodar Territory : [website]. URL: <https://23.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/operativnaya-informaciya/5378142> (accessed 03.25.2025).

Информация об авторах

*Н. В. Примаков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Д. В. Караева – студент.*

Information about the authors

*N. V. Primakov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
D. V. Karaeva – student.*

*Статья поступила в редакцию 28.07.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 28.07.2025; accepted for publication 15.10.2025.*

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 115–123.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 115–123.

Научная статья

УДК 630.2

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.012

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДРОСТА, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО ПОД ПОЛОГОМ ДРЕВОСТОЯ И НА ВЫРУБКЕ

Ольга Ивановна Гаврилова¹, Анатолий Васильевич Грязькин²

¹ Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

¹ ogavril@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1717-3085>

² lesovod@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3497-9312>

Аннотация. Представлены сравнительные данные по биометрическим характеристикам подроста сосны, произрастающего под пологом древостоя и на вырубке, в зависимости от типа леса. Цель исследования – сравнительная характеристика подроста сосны, произрастающего на вырубке и под пологом древостоя. Объект исследования – древостои и вырубки в условиях сосняка лишайникового и сосняка черничного в лесном фонде Ленинградской области. Учет подроста осуществлялся по трем маршрутным ходам на круговых учетных площадках по 10 м². Общее количество учетных площадок на каждом объекте исследования составляло 36. На каждой учетной площадке фиксировали численность подроста и подлеска по породам, устанавливали группу по высоте с градацией 0,5 м и распределяли по виталитету на три категории – жизнеспособный, нежизнеспособный и сухой. Показано, что высота подроста при одинаковом возрасте больше у подроста на вырубке, средний возраст, наоборот, у подроста, произрастающего на вырубке, существенно меньше, чем у подроста под пологом, при одинаковой высоте. Средний возраст мелкого подроста под пологом сосняка черничного составляет 7,3 года, а на вырубке – 3,8 года. В условиях сосняка лишайникового возраст подроста сосны на 3–7 лет больше, чем в черничном типе леса. Различия отмечаются и по возрасту хвои. Доля жизнеспособного подроста на вырубке независимо от типа леса существенно выше, чем под пологом древостоев, независимо от типа леса. Количество нежизнеспособного и сухого подроста под пологом древостоев значительно и в сосняке черничном достигает 68 и 14 % соответственно. В условиях сосняка черничного возобновительный процесс происходит со сменой пород. На сухих бедных почвах коренные сосняки сохраняются. Результаты исследования могут быть использованы при обновлении нормативных документов, подготовке проектов освоения лесного участка и в учебном процессе.

Ключевые слова: сосняки, подрост сосны, численность, высота, возраст, виталитет

Для цитирования: Гаврилова О. И., Грязькин А. В. Сравнительные характеристики подроста, произрастающего под пологом древостоя и на вырубке // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 115–123.

Original article

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF UNDERGROWTH GROWING UNDER THE FOREST STAND CANOPY AND IN A CUTTING AREA

Olga I. Gavrilova¹, Anatoly V. Gryazkin²

¹ Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

² St. Petersburg State Forest University named after S. M. Kirov, Saint Petersburg, Russia

¹ ogavril@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1717-3085>

² lesovod@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3497-9312>

Abstract. The article presents comparative data on the biometric characteristics of pine undergrowth growing under the forest stand canopy and in a cutting area, depending on the type of forest. The object of the research is forest stands and cutting areas in the conditions of lichen pine and blueberry pine forests in the Leningrad Region forest fund. The undergrowth was counted along three route courses on circular survey plots of 10 m². The total number of survey plots at each research site was 36. At each survey plot, the number of the undergrowth and underbrush by species was recorded, and the height groups were established in 0,5-meter increments, and the trees were divided into three vitality categories: viable, nonviable, and dry. It has been shown that the height of the undergrowth at the same age is greater for the undergrowth in the cutting area, the average age is on the contrary, for the undergrowth growing in the cutting area, it is significantly less than for the undergrowth under the canopy at the same height. The average age of small undergrowth under the canopy of blueberry pine forest is 7,3 years, and in the cutting area it is 3,8 years. In the conditions of lichen pine forest, the age of pine undergrowth is 3–7 years older than in the blueberry type of forest. Differences are also noted in the age of the needles. The proportion of viable undergrowth in the cutting areas, regardless of the forest type, is significantly higher than under the forest stands canopy, regardless of the forest type. The amount of non-viable and dry undergrowth under the forest stand canopy is significant, reaching 68 % and 14 % in the blueberry pine forest, respectively. In the blueberry pine forest, the renewal process occurs with a change in species. Native pine forests are preserved on dry, poor soils. The research results can be used to update regulatory documents, prepare forest management projects, and in the educational process. The purpose of the research is to compare the pine undergrowth in cutting areas and under the forest stand canopy.

Keywords: pine forests, pine undergrowth, abundance, height, age, vitality

For citation: Gavrilova O. I., Gryazkin A. V. Comparative characteristics of undergrowth growing under the forest stand canopy and in a cutting area // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 115–123.

Введение

Pinus sylvestris L. – одна из самых распространенных лесообразующих пород на территории России и в странах на севере Европы (Климов и др., 2024; Оценка..., 2013; McCarthy et al., 2011; Пучев et al., 2020). В последние десятилетия площадь сосняков уменьшается, что связано в основном с экстенсивным ведением лесного хозяйства. В большей степени это характерно для европей-

ской части РФ (Оценка..., 2013; Повреждаемость молодняков..., 2023). Восстановление сосняков происходит медленнее, чем ельников, что связано с меньшей конкурентной способностью сосны в молодом возрасте (Тихомирова и др., 2025; Lilja, Kuuluvainen, 2005). Поскольку сосна является светолюбивой породой, в первые годы жизни она подвержена негативному воздействию со стороны травостоя и молодняков лиственных

пород (Алексеев, 1979; Тихомирова и др., 2025; Puchev et al., 2020). Это характерно как для подраста естественного происхождения, так и для лесных культур. При этом часто лесные культуры из-за несвоевременных уходов и нарушения технологии их создания не достигают возраста, при котором культуры переводятся в покрытые лесом земли. Основная причина такой ситуации – низкая сохранность лесных культур на первом этапе их роста и развития (Санников, 1992; Сохранность и рост..., 2015; McCarthy et al., 2011).

Если на открытых местах (вырубки, гари, прогалины, поляны) естественное возобновление сосны, как правило, протекает успешно, то под пологом древостоев чаще всего естественное возобновление сосны затруднено (Оценка..., 2013; Особенности роста..., 2019; Влияние типа леса..., 2019; Повреждаемость..., 2023). Здесь сказывается недостаток светового довольствия и конкуренция со стороны древостоя за элементы питания. Эти факторы оказывают ингибирующее влияние также на видовой состав и обилие живого напочвенного покрова (Видовой состав..., 2022; Повреждаемость..., 2023).

Размещение подроста под пологом древостоев на вырубках и гарях различается. Если на открытых территориях размещение подроста близко к равномерному, то под пологом чаще всего отмечается групповое размещение подроста, привязанное к прогалинам, окнам, межкрановому пространству (Ипатов, Тархова, 1975; Цветков, 2005; Климов и др., 2024).

Под пологом древостоев доля сухого и нежизнеспособного подроста в несколько раз выше, чем на вырубке или гари. Различия по средней высоте и среднему возрасту подроста на вырубке и под пологом весьма существенные (Оценка..., 2013; Повреждаемость..., 2023).

Все указанные выше причины и факторы приводят к снижению продуктивности сосняков и уменьшению их площади. Во многих лесных странах происходит замена сосновых лесов преимущественно лиственными (Санников, 1992; Тихомирова и др., 2025; Lilja, Kuuluvainen, 2005; McCarthy et al., 2011).

В научных публикациях отмечается, что лучше всего возобновление сосняков происходит на гарях (Фуряев и др., 2015; Естественное возобновление..., 2019). На таких категориях земель доля жизнеспособного подроста сосны достигает максимальных значений на всех этапах роста и развития молодняков. Главная причина хорошего роста сосняков на гари состоит в том, что растение получает максимум питательных вещества после сторания органического вещества – происходит залповый вброс зольных элементов в лесную экосистему.

Цель, методика и объект исследования

Цель исследования – сравнительная характеристика подроста сосны, произрастающего на вырубке и под пологом древостоя.

Объекты исследований представлены древостоями сосны и вырубками в типах леса сосняк лишайниковый и сосняк черничный в лесном фонде Ленинградской области. Средний возраст древостоев – 90–115 лет. Относительная полнота – 0,6–0,7. Густота древостоя – 642–712 экз./га.

Вырубки образовались после сплошной рубки, проведенной 9–11 лет назад. Древостои до рубки были представлены также сосняком лишайниковым и сосняком черничным. На вырубке сохранились единичные экземпляры подроста сосны предварительного возобновления (сосняк лишайниковый).

Характеристики подроста устанавливали на круговых площадках по 10 м². На каждом объекте исследования было заложено по 36 учетных площадок. Для подроста устанавливали численность, видовой состав, высоту, возраст (подрост сосны) и жизненное состояние (виталитет); для подлеска – численность, видовой состав и высоту.

Результаты и их обсуждение

Основные характеристики молодняков на вырубках, сформировавшиеся за 9–11 лет после сплошной рубки, представлены в табл. 1.

Подлесок представлен небольшим количеством видов. Преобладает рябина обыкновенная и крушина ломкая в условиях черничного типа леса.

Таблица 1
Table 1

Видовой состав и численность молодняков, произрастающих
на вырубках, экз./га, по типам леса
Species composition and abundance of young trees by forest
type growing in cutting areas, specimens/ha

Название вида Type of tree	Сосняк черничный Blueberry pine forest	Сосняк лишайниковый Lichen pine forest
Береза пушистая <i>Betula pubescens</i> Ehrh.	836	–
Береза бородавчатая, повислая <i>Betula pendula</i> Roth	72	94
Ель европейская <i>Picea abies</i> L.	748	–
Осина, тополь дрожащий <i>Populus tremula</i> L.	1476	–
Ольха серая <i>Alnus incana</i> (L.) Moench,	420	–
Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	2140	3780
Итого <i>Total</i>	5592	3874

В условиях сосняка лишайникового встречается незначительное количество можжевельника. Общая численность подлеска на вырубках существенным образом зависит от условий места произрастания. После вырубки сосняка черничного за 11 лет сформировался подлесок численностью более 4 тыс. экз./га. На сухих бедных почвах численность подлеска менее 300 экз./га.

Данные по видовому составу и численности подроста, произрастающего под пологом древостоев, представлены в табл. 2.

Как видно из представленных в табл. 2 данных, состав и численность подроста под пологом древостоев различаются незначительно. Различия подроста как по численности, так и по составу весьма существенны по типам леса.

Под пологом древостоев основная часть подроста сосны встречается в окнах и прогалинах (рисунки). В условиях черничного типа леса подрост

размещен более равномерно, что связано с разнообразием видового состава подроста – совместное произрастание светолюбивых и теневыносливых пород.

Установлено, что под пологом древостоев в черничном типе леса возраст подроста сосны составляет 7,3 года, а на вырубке – 3,8 года. На сухих бедных почвах (сосняк лишайниковый) средний возраст подроста сосны под пологом древостоев составляет 14 лет, а на вырубке – 7 лет.

Распределение подроста по категориям состояния представлено в табл. 3.

Данные, представленные в табл. 3, подтверждают гипотезу о том, что возобновительный процесс в лесных экосистемах во многом определяется типом леса. Различия наблюдаются не только по составу лесообразующих пород, но также по их характеристикам.

Таблица 2
Table 2

Видовой состав и численность подроста, произрастающего под пологом древостоев, экз./га, по типам леса
Species composition and abundance of undergrowth by forest types growing under the forest stand canopy of, specimens/ha

Название вида Type of tree	Сосняк черничный Blueberry pine forest	Сосняк лишайниковый Lichen pine forest
Береза пушистая <i>Betula pubescens</i> Ehrh.	2120	–
Береза бородавчатая, повислая <i>Betula pendula</i> Roth	110	94
Ель европейская <i>Picea abies</i> L.	1818	6
Осина, тополь дрожащий <i>Populus tremula</i> L.	126	–
Ольха серая <i>Alnus incana</i> (L.) Moench,	402	–
Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	48	1208
Итого <i>Total</i>	4614	1308



Подрост сосны под пологом сосняка лишайникового, произрастающий в окнах и прогалинах
Pine undergrowth under the canopy of lichen pine forest, growing in blanks and bottom glades

Таблица 3
Table 3

Распределение подроста сосны в разных типах леса под пологом
и на вырубке по категориям состояния
Distribution of pine undergrowth in different types of forest under the canopy
and in a cutting area by condition category

Характеристики подроста Characteristics of pine undergrowth	Сосняк черничный Blueberry pine forest		Сосняк лишайниковый Lichen pine forest	
	под пологом under the canopy	на вырубке in a cutting area	под пологом under the canopy	на вырубке in a cutting area
Состав, % Composition, %	47Бпов 39Е 8Олс 3Ос 2Бпуш 1С 47 Birch pendula 39Fir 8Grey alder 3Aspen 2Birch pubescens 1Pine	27С 26Ос 15Бпуш 13Е 7Ол 1Бпов 27 Pine 26Aspen 15Birch 13Fir 7Grey alder 1Birch pubescens	92С 7Бпов 1Е 92Pine 7Birch 1Fir	97С 3Бпов 97Pine 3Birch
Общая численность, экз./га Total number, specimens/ha	4614	5592	1308	3874
Средние значения для подроста сосны Average values for pine undergrowth				
Возраст, лет Age, years	7,3	3,8	14,0	7,0
Высота, см Height, cm	58	96	43	84
Возраст хвои, лет The age of the needles, years	2,1	2,8	1,9	3,0
Доля жизнеспособного, % The proportion of viable, %	18	84	46	92
Доля сухого, % The proportion of dry, %	14	4	23	3

Выводы

1. Сравнительные характеристики подроста сосны, произрастающего под пологом древостоев и на вырубках, показывают, что средний возраст, средняя высота, а также структура по виталитету существенным образом различаются.

2. Обозначенные различия более выражены в связи с типами леса.

3. Возобновительный процесс в черничном типе леса для сосны выглядит менее перспектив-

ным. Здесь доля сосны в составе подроста под пологом древостоя составляет всего 1 %, а на вырубке не превышает 27 %. В условиях сосняка черничного как на вырубке, так и под пологом древостоя сосна сменяется березой, осиной и елью.

4. В сосняке лишайниковом в формирующихся молодняках смены сосны лиственными породами не наблюдается. На бедных сухих почвах сосновые древостои успешно восстанавливаются.

Список источников

- Алексеев В. А.* Многолетняя динамика прихода ФАР и прирост древесины в южно-таежных древостоях // Лесоведение. 1979. № 6. С. 24–31.
- Видовой состав и запасы фитомассы живого напочвенного покрова в сосняках лишайниковых ХМАО–Югры / *З. Я. Нагимов, И. Н. Артемьева, И. В. Шевелина, В. З. Нагимов* // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 1 (80). С. 48–56.
- Влияние типа леса и полноты древостоев на обеспеченность подростом спелых и перестойных сосняков подзоны северной тайги / *Е. С. Залесова, Л. А. Белов, С. В. Залесов* [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. Ч. 2, № 11 (89). С. 37–41.
- Естественное возобновление сосны на гарях в лесостепи Западной Сибири / *Н. С. Санникова, С. Н. Санников, А. А. Кочубей, И. В. Петрова* // Сибирский лесной журнал. 2019. № 5. С. 22–29. DOI: 10.15372/SJFS20190503
- Ипатов В. С., Тархова Т. Н.* Количественный анализ ценологических эффектов в размещении деревьев по территориям // Ботанический журнал. 1975. № 9. С. 1237–1249.
- Климов Б. Б., Грязькин А. В., Гаврилова О. И.* Особенности естественного возобновления сосны под пологом сухих сосняков Бурятии // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. № 248. С. 123–137.
- Особенности роста подроста сосны под пологом древостоев на сухих бедных почвах / *А. В. Грязькин, Н. В. Беляева, И. А. Казы* [и др.] // Research Science. 2019. № 8. С. 3–6.
- Оценка естественного возобновления хвойных пород на сплошных вырубках в условиях Рошинского лесничества / *А. А. Фетисова, А. В. Грязькин, Н. В. Ковалев* [и др.] // Лесной журнал. 2013. № 6. С. 15–17.
- Повреждаемость молодняков сосны в связи с условиями произрастания / *С. Г. Парамонов, А. В. Грязькин, А. П. Смирнов* [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. Вып. 245. С. 126–139. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.245.126-139
- Санников С. Н.* Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной / отв. ред. С. А. Мамаев. М. : Наука, 1992. 263 с.
- Сохранность и рост культур сосны, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой в условиях Карелии / *А. И. Соколов, В. А. Харитонов, А. Н. Пеккоев, Т. И. Кривенко* // Известия вузов. Лесной журнал. 2015. № 6 (348). С. 46–56. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2015.6.46
- Тихомирова А. А., Грязькин А. В., Гаврилова О. И.* Возобновительный потенциал сосняков. СПб. : Лань, 2025. 128 с.
- Фуряев В.В., Киреев Д. М., Злобина Л. П.* Смена хвойных лесов мелколиственными под воздействием пожаров в Средней Сибири // География и природные ресурсы. 2015. № 2. С. 100–105.
- Цветков В. Ф.* Вопросы лесовозобновления в связи с рубками на Европейском Севере России // Некоторые вопросы лесоведения и лесоводства на Европейском Севере России. Архангельск : Арханг. гос. техн. ун-т, 2005. С. 29–76.
- Pychev A., Bogdanov A., Nakvasina E.* The natural recovery of disturbed soil, plant cover and trees after clear-cutting in the Boreal Forests // Russia. Forests. 2020. Vol. 13, Issue 6. P. 531–540. DOI: 10.3832/for3371-013
- Lilja S., Kuuluvainen T.* Structure of old *Pinus sylvestris* dominated forest stands along a geographical and human impact gradient in mid-boreal Fennoscandia // Silva fennica. 2005. № 39 (3). P. 407–428.
- McCarthy N., Scott B. N., Willoughby I. Ph.* The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century // Eur J Forest Res. 2011. № 130. P. 7–16.

References

- Alekseev V. A.* Long-term dynamics of the arrival of headlights and wood growth in southern taiga stands // Forestry science. 1979. № 6. P. 24–31. (In Russ.)
- Assessment of the natural renewal of coniferous species in continuous logging in the conditions of the Roshchinsky forestry / *A. A. Fetisova, A. V. Gryazkin, N. V. Kovalev* [et al.] // Forest journal. 2013. № 6. P. 15–17. (In Russ.)
- Damage to young pine trees in connection with growing conditions / *S. G. Paramonov, A. V. Gryazkin, A. P. Smirnov* [et al.] // Proceedings of the St. Petersburg Forest Academy. 2023. Issue 245. P. 126–139. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.245.126-139 (In Russ.)
- Features of the growth of pine undergrowth under the canopy of stands on dry, poor soils / *A. V. Gryazkin, N. V. Belyaeva, I. A. Kazi* [et al.] // Research Science. 2019. № 8. P. 3–6. (In Russ.)
- Furyaev V. V., Kireev D. M., Zlobina L. P.* Replacement of coniferous forests with deciduous forests under the influence of fires in Central Siberia // Geography and Natural Resources. 2015. № 2. P. 100–105. (In Russ.)
- Ilychev A., Bogdanov A., Nakvasina E.* The natural recovery of disturbed soil, plant cover and trees after clear-cutting in the Boreal Forests // Russia. Forests. 2020. Vol. 13, Issue 6. P. 531–540. DOI: 10.3832/for3371-013
- Ipatov V. S., Tarkhova T. N.* Quantitative analysis of cenotic effects in the placement of trees by territories // Botan. Journal. 1975. № 9. P. 1237–1249. (In Russ.)
- Klimov B. B., Gryazkin A. V., Gavrilova O. I.* Features of natural regeneration of pine under the canopy of dry pine forests of Buryatia // Bulletin of the St. Petersburg Forest Academy. 2024. № 248. P. 123–137. (In Russ.)
- Lilja S., Kuuluvainen T.* Structure of old *Pinus sylvestris* dominated forest stands along a geographical and human impact gradient in mid-boreal Fennoscandia // Silva fennica. 2005. № 39 (3). P. 407–428.
- McCarthy N., Scott B. N., Willoughby I. Ph.. The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century // Eur J Forest Res. 2011. № 130. P. 7–16.
- Natural regeneration of pine trees in burning areas in the forest-steppe of Western Siberia / *N. S. Sannikova, S. N. Sannikov, A. A. Kochubey, I. V. Petrova* // Siberian Forest Journal. 2019. № 5. P. 22–29. DOI: 10.15372/SJFS20190503 (In Russ.)
- Preservation and growth of pine crops created by planting material with a closed root system in Karelia / *A. I. Sokolov, V. A. Kharitonov, A. N. Pekkoev, T. I. Krivenko* // Bulletin of universities. Forest journal. 2015. № 6 (348). P. 46–56. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2015.6.46 (In Russ.)
- Sannikov S. N.* Ecology and geography of natural regeneration of the common pine / edited by S. A. Mamaev. Moscow : Science, 1992. 263 p.
- Species composition and reserves of phytomass of living ground cover in lichen pine forests of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra / *Z. Ya. Nagimov, I. N. Artemyeva, I. V. Shevelina, V. Z. Nagimov* // Forests of Russia and economy in them. 2022. № 1 (80). P. 48–56. (In Russ.)
- The influence of forest type and abundance of stands on the availability of mature and overgrown pine forests in the northern taiga subzone / *E. S. Zalesova, L. A. Belov, S. V. Zalesov* [et al.] // International Scientific Research journal. 2019. Part 2, № 11 (89). P. 37–41. (In Russ.)
- Tikhomirova A. A., Gryazkin A. V., Gavrilova O. I.* Renewable potential of pine forests. St. Petersburg : Lan, 2025. 128 p.
- Tsvetkov V. F.* Issues of reforestation in connection with logging in the European north of Russia // Some issues of forestry and forestry in the European north of Russia. Arkhangelsk : Arkhangelsk State Technical University, 2005. P. 29–76. (In Russ.)

Информация об авторах

О. И. Гаврилова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

А. В. Грязькин – доктор биологических наук, профессор.

Information about the authors

O. I. Gavrilova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

A. V. Gryazkin – Doctor of Biological Sciences, Professor.

Статья поступила в редакцию 14.10.2025; принята к публикации 24.11.2025.

The article was submitted 14.10.2025; accepted for publication 24.11.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 124–129.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 124–129.

Научная статья

УДК: 630*63

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.013

КОНТРОЛЬ ЗА ТРАНСПОРТИРОВКОЙ ДРЕВЕСИНЫ. ПРОБЛЕМЫ И ПРОТИВОРЕЧИЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Оксана Михайловна Алферова¹, Андрей Евгеньевич Морозов²

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

¹ ksenya.ek@mail.u, <https://orcid.org/0009-0001-7138-1774>

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

Аннотация. Статья посвящена проблемам осуществления контроля за транспортировкой древесины и продукцией ее переработки. Дается анализ понятий «древесина», «пиломатериал», «пилопродукция» и их соотношение в контексте требований к транспортировке. Выявлены проблемы и противоречия в нормативно-правовой базе, регулирующей транспортировку древесины на территории Российской Федерации. Констатируется, что устанавливать автоматические средства навигации на транспортные средства и подключать их к государственной автоматизированной информационной системе «ЭРА-ГЛОНАСС» обязаны их собственники. При этом у иностранных организаций и физических лиц такая обязанность отсутствует. Наряду с этим при транспортировке пиломатериала физические лица обязаны, согласно требованиям законодательства, оборудовать транспортные средства системой «ЭРА-ГЛОНАСС». В результате исследований предложены пути решения существующих проблем и противоречий нормативно-правового регулирования в области транспортировки древесины путем внесения соответствующих изменений в действующие нормативно-правовые акты в указанной сфере.

Ключевые слова: контроль за транспортировкой древесины, государственная автоматизированная информационная система «ЭРА-ГЛОНАСС», требования законодательства по оснащению транспортных средств аппаратурой спутниковой навигации, требования к транспортировке продукции переработки древесины

Для цитирования: Алферова О. М., Морозов А. Е. Контроль за транспортировкой древесины. Проблемы и противоречия нормативно-правового регулирования // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 124–129.

Original article

WOOD TRANSPORTATION CONTROL. PROBLEMS AND CONTRADICTIONS OF REGULATORY AND LEGAL REGULATION

Oksana M. Alferova¹, Andrey E. Morozov²

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

¹ ksenya.ek@mail.u, <https://orcid.org/0009-0001-7138-1774>

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

Abstract. The article is devoted to the problems of controlling the transportation of wood and its processed products. The analysis of the concepts of “wood”, “sawn wood”, “sawn wood products” and their correlation in the context of transportation requirements is given. Gaps and contradictions in the regulatory and legal framework governing the transportation of wood in the territory of the Russian Federation are identified. It is stated that the owners of vehicles are obliged to install automatic navigation devices on the vehicles and connect them to the state automated information system “ERA-GLONASS”. However, foreign organizations and individuals are not subject to this obligation. Along with this, when transporting sawn wood, individuals are obliged to equip vehicles with the “ERA-GLONASS” system in accordance with the requirements of the legislation. As a result of the research, ways to solve the existing problems and contradictions of regulatory and legal regulation in the field of wood transportation are proposed by amending existing regulations in this area.

Keywords: wood transportation control, state automated information system “ERA-GLONASS”, legal requirements for equipping vehicles with satellite navigation equipment, requirements for the transportation of processed wood products

For citation: Alferova O. M., Morozov A. E. Wood transportation control. Problems and contradictions of regulatory and legal regulation // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 124–129.

Введение

С 1 января 2025 г. изменились правила транспортировки древесины по территории Российской Федерации. В случае транспортировки древесины автомобильным транспортом транспортные средства необходимо оснащать аппаратурой спутниковой навигации (далее – АСН) с обязательной передачей навигационных данных в Федеральную государственную информационную систему лесного комплекса (далее – ФГИС ЛК) через государственную автоматизированную информационную систему – ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС». Законодательство предусматривает установку АСН с передачей данных на транспортные средства (далее – ТС), осуществляющие перевозку древесины и техники, участвующие в тушении лесных пожаров. Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях, ст. 8.28.1, предусмотрена

ответственность за транспортировку древесины и продукции ее переработки (далее – пиломатериал) автомобильным транспортом без АСН и передачи данных во ФГИС ЛК через ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС». Если установка АСН и передача данных через ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» на специализированную технику, которая транспортирует древесину, обоснована и понятна, то требования по установке АСН на ТС, которые транспортируют пиломатериал, на наш взгляд, избыточны. Установка АСН и подключение к ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» осуществляется на платной основе, покупка оборудования обходится в несколько десятков тысяч рублей. Кроме того, затраты включают установку указанного оборудования, его сервисное обслуживание и замену в случае поломки и выхода из строя, расходы на оплату услуг сотовой связи, а также услуг передачи навигационной информации

из ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» во ФГИС ЛК. Все эти затраты неизбежно повлияют на рост цен на пиломатериалы, а соответственно, и на стоимость конечных продуктов – мебели, деревянных домов, прочих изделий и конструкций из древесины.

Цель и задачи исследования

Цель исследования – выявить проблемы и противоречия в области правового регулирования оборота древесины и продукции ее переработки в части транспортировки и предложить пути их решения.

Задачи исследования: провести анализ нормативно-правовой базы, регламентирующей осуществление контроля за оборотом древесины; выявить пробелы и противоречия в нормативно-правовом регулировании данной сферы; разработать предложения по внесению изменений в нормативно-правовую базу, регламентирующую контроль за транспортировкой древесины.

Результаты и их обсуждение

Транспортировку древесины и продукции ее переработки регламентирует ст. 50.4 Лесного кодекса Российской Федерации (далее – ЛК РФ). Так, п. 7 данной статьи определяет, что «транспортировка древесины автомобильным транспортом допускается в случае, если транспортные средства оборудованы техническими средствами контроля, указанными в ст. 96.3 настоящего Кодекса». ЛК РФ определяет п. 1 ст. 96.3, что транспортные средства, на которых осуществляется транспортировка древесины (в случае ее транспортировки автомобильным транспортом), должны быть оборудованы техническими средствами контроля. Согласно п. 2 указанной статьи, техника, используемая при тушении лесных пожаров, должна быть также оборудована техническими средствами контроля.

Понятие «древесина» определяется ст. 12.2 ЛК РФ. Так, в соответствии с п. 1 указанной статьи «древесина – лесной ресурс, получаемый из срубленных, спиленных, срезанных стволов деревьев, который используется в том числе для получения лесоматериалов и иной продукции переработки древесины». Отсюда можно сделать вывод, что древесина – это, по сути, сортименты (хлыст, бревно,

балансы), а пиломатериал является уже продуктом переработки древесины.

В специализированной научной литературе древесина рассматривается чаще всего как твердая ткань деревьев и кустарников, которая состоит из клеток и клеточных пустот. Это внутренняя часть ствола, расположенная под корой и освобожденная от корней и веток (Уголев, 2007; Леонтьев, 2017). Древесина занимает зону поперечного сечения ствола, диаметр которой в зависимости от породы, возраста дерева и условий его произрастания изменяется в очень широких пределах – от 6 до 100 см и даже более. Форма поперечного сечения ствола и, следовательно, древесины чаще всего близка к окружности, но иногда сечение приобретает эллипсовидную форму. Диаметр древесины при этом уменьшается по высоте ствола, причем сильнее у деревьев, выросших не в густом древостое, а на открытом месте. Древесину, особенно в верхней части ствола, пронизывают сучки, представляющие собой остатки отмерших ветвей (боковых побегов).

ЛК РФ ст. 50.1 определяет, что учету во ФГИС ЛК подлежит древесина и ее продукция, перечень видов которой утвержден Распоряжением Правительства РФ № 1047-р от 13.06.2014 г. В указанных документах выделяется древесина и пиломатериал как продукция переработки древесины.

Согласно ГОСТ 18288–87 «Производство лесопильное. Термины и определения» под пиломатериалами понимается «пилопродукция установленных размеров и качества, имеющая как минимум две плоскопараллельные пласти». Под пилопродукцией в целом понимается «продукция из древесины, полученная в результате продольного деления бревен и продольного и поперечного деления полученных частей». Из вышеизложенного можно сделать вывод, что пиломатериал рассматривается не как древесина, а как продукция ее переработки.

Приказ Минприроды России № 121 от 21.02.2022 г. (вступил в силу с 01.03.2025 г.) определяет порядок оснащения транспортных средств, на которых осуществляется транспортировка древесины (в случае ее транспортировки автомобильным транспортом), техническими средствами

контроля, их виды, требования к использованию и порядок функционирования. Указанный приказ пунктом 1 определяет, что оснащение транспортных средств осуществляется собственниками транспортных средств, которые должны установить АСН и подключать оборудование к ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» для дальнейшей передачи навигационных данных.

Следует отметить, что заключить договор с АО «ГЛОНАСС» могут только юридические лица и индивидуальные предприниматели. Ни физические лица, ни иностранные организации, являясь собственниками транспортных средств, не имеют возможности заключить договор с АО «ГЛОНАСС». Регистрация SIM-карт АО «ГЛОНАСС» для передачи данных возможна только в личном кабинете юридического лица или индивидуального предпринимателя на портале «Государственных услуг Российской Федерации», что также недоступно ни физическому лицу, ни иностранной организации. При этом, согласно п. 356 Постановления Правительства РФ № 1378 от 25.08.2023 г. «Об утверждении Правил ведения государственного лесного реестра», «в государственный лесной реестр подлежит внесению навигационная информация в отношении машин, предназначенных для рубки лесных насаждений, машин, предназначенных для вывоза из леса древесины и продукции ее переработки, машин, предназначенных для лесосечных работ, транспортных средств, предназначенных для транспортировки древесины и продукции ее переработки».

Постановление Правительства от 25.08.2023 г. № 1378 устанавливает правила ведения государственного лесного реестра (далее – ГЛР), но не регламентирует оснащение транспортных средств АСН, т. е. не содержит требований к ним. Кроме того, указанное постановление не регулирует, кто должен вносить навигационную информацию в ГЛР и в какие сроки.

В соответствии с ч. 7 и 8 ст. 8.28.1 КоАП РФ «транспортировка древесины и (или) продукции ее переработки автомобильным транспортом, не оборудованным техническими средствами контроля, которые обеспечивают оперативное получение формируемой в некорректируемом виде на основе

использования сигналов глобальной навигационной спутниковой системы Российской Федерации информации, позволяющей установить координаты места нахождения таких транспортных средств, траекторию их движения, используют программное обеспечение, интегрированное с ФГИС ЛК, и передают в нее информацию в режиме реального времени, либо неперередача информации о перемещении такого автомобильного транспорта в ФГИС ЛК влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от двадцати до сорока тысяч рублей; на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица, – от ста до двухсот тысяч рублей; на юридических лиц – от двухсот до четырехсот тысяч рублей».

Из анализа нормативно-правовой документации напрашиваются следующие выводы.

1. Устанавливать АСН на транспортные средства и подключать их к ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» должны их собственники, однако у иностранных организаций и физических лиц, если они являются собственниками ТС, нет возможности заключить договор с АО «ГЛОНАСС».

2. Если на ТС, которые перевозят пиломатериал, согласно требованиям законодательства, должно быть установлено АСН с подключением ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС», то покупая пиломатериал на розничном рынке, физические лица обязаны установить на ТС указанное оборудование независимо от того, какой объем пиломатериала они покупают. Получается, что физическим лицам, чтобы выполнить требования законодательства, покупая пару досок, необходимо еще купить навигационное оборудование по средней цене 30 000 руб. и при этом каким-то образом зарегистрироваться на официальном сайте АО «ГЛОНАСС». В противном случае им придется нанимать транспортную компанию и оплачивать ее услуги.

Вместе с тем ст. 8.28.1 КоАП РФ административная ответственность за нарушение требований лесного законодательства об учете древесины и сделок с ней предусмотрена только для должностных лиц, юридических лиц и индивидуальных предпринимателей. Для физических лиц такая ответственность не установлена. Получается,

что обязанность установить АСН и подключить ее к ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» у физических лиц есть, а возможность это сделать как таковая отсутствует, равно как отсутствует юридическая ответственность за невыполнение данного требования.

Требования законодательства в части оснащения АСН и подключения к ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» техники, которая транспортирует и заготавливает древесину, а также лесопожарной техники направлены прежде всего на выявление мест незаконной заготовки древесины. Вместе с тем требования по оснащению транспортных средств, перевозящих пиломатериал, не совсем ясны. В целях какого вида контроля, учета или мониторинга предлагается оснащать транспортные средства, перевозящие пиломатериалы, аппаратурой спутниковой навигации? Если древесину заготавливают и перевозят только специализированными транспортными средствами, то пиломатериал могут перевозить и обычными транспортными средствами, причем делать это разово. И оснащение таких транспортных средств для разовой перевозки пиломатериалов системой спутниковой навигации, на наш взгляд, нецелесообразно.

ЛК РФ ст. 96.3 определяет, что установить АСН и подключить ее к «ЭРА-ГЛОНАСС» необходимо на автомобильные транспортные средства, которые перевозят древесину. Обязанность устанавливать данную систему на технику, которая заготавливает древесину, ЛК РФ при этом не предусмотрена. Однако именно с заготовки древесины и начинается ввод ее в коммерческий оборот, легальность которого должна быть безусловно подтверждена системой контроля. Тем самым отсутствие в лесном законодательстве требований по оснащению

АСН и подключению к ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» техники, которая участвует в заготовке древесины, должно быть устранено.

Выводы

На основе проведенного анализа нормативно-правовой базы предлагаем внести изменения в действующее законодательство, регулирующее оборот древесины и продукции ее переработки.

1. Дополнить ст. 96.3 ЛК РФ текстом следующего содержания: «перечень транспортных средств, на которые устанавливается АСН и подключается к ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС», утверждается Постановлением Правительства Российской Федерации».

2. Дополнить п. 1 Приложения к приказу Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 21.02.2022 г. № 121 текстом: «Оснащение техническими средствами контроля транспортных средств, перечень которых установлен Постановлением Правительства Российской Федерации, обеспечивается их собственниками».

3. Внести изменения в п. 7 ст. 8.28.1 КоАП РФ, исключив из нее текст «и (или) продукции ее переработки».

4. Внести изменения в п. 356 Постановления Правительства Российской Федерации от 25.08.2023 г. № 1378, удалив из него текст «продукции ее переработки».

5. Внести изменения в п. 7 ст. 8.28.1 КоАП РФ, исключив из него текст «и/или продукцией переработки древесины» и добавив текст «рубка лесных насаждений, вывозка из леса древесины, проведение лесосечных работ».

Список источников

- ГОСТ 18288–87. Производство лесопильное. Термины и определения. М., 2008. 18 с.
- Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 г. № 195-ФЗ // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/ (дата обращения: 01.03.2025).
- Леонтьев Л. Л. Древесиноведение и лесное товароведение : учебник. СПб. : Лань, 2017. 416 с.
- Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: 01.03.2025).

- Об утверждении Порядка оснащения транспортных средств, на которых осуществляется транспортировка древесины (в случае ее транспортировки автомобильным транспортом), и техники, используемой при тушении лесных пожаров, техническими средствами контроля, их видов, требований к их использованию и порядка их функционирования : приказ Минприроды России № 121 от 21.02.2022 г. М., 2022. 7 с.
- Об утверждении Правил ведения государственного лесного реестра : Постановление Правительства Российской Федерации от 25.08.2023 г. № 1378 // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_455548/ (дата обращения: 01.03.2025).
- Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1047-р от 13.06.2014 г. // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164414/c03ac9bf451e4d5486c08656f9d37d3cd523152a/ (дата обращения: 01.03.2025).
- Уголев Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение : учебник. М. : МГУЛ, 2007. 351 с.

References

- GOST 18288–87. Sawmill production. Terms and definitions. Moscow, 2008. 18 p.
- Leontyev L. L. Wood Science and Forest Commodity Science : textbook. St. Petersburg : Lan Publishing House, 2017. 416 p.
- On approval of the Procedure for equipping vehicles used to transport timber (in the case of its transportation by road) and equipment used to extinguish forest fires with technical control means, their types, requirements for their use and the procedure for their operation : Order of the Ministry of Natural Resources of Russia № 121 of February 21, 2022. 7 p.
- Order of the Government of the Russian Federation № 1047-r of June 13, 2014 // ConsultantPlus : [website]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164414/c03ac9bf451e4d5486c08656f9d37d3cd523152a/ (accessed 01.03.2025).
- Resolution of the Government of the Russian Federation of August 25, 2023 № 1378 “On approval of the Rules for maintaining the state forest register” // ConsultantPlus : [website]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_455548/ (accessed 01.03.2025).
- Ugolev B. N. Wood science and forest commodity science : textbook. M.: MSFU, 2007. 351 p.
- Forest Code of the Russian Federation of 04.12.2006 № 200-FZ. 2006 // ConsultantPlus : [website]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (accessed 01.03.2025).
- Code of the Russian Federation on Administrative Offenses of 30.12.2001 № 195-FZ. // ConsultantPlus : [website]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/ (accessed 01.03.2025).

Информация об авторах

О. М. Алферова – магистрант;

А. Е. Морозов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

O. M. Alferova – master’s student;

A. E. Morozov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; принята к публикации 07.05.2025.

The article was submitted 20.03.2025; accepted for publication 07.05.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 130–137.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 130–137.

Научная статья

УДК 712.4

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.014

СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА УФЫ

Татьяна Борисовна Сродных¹, Елена Вячеславовна Камынина²

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

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

² kamelena28@mail.ru

Аннотация. Городская система озеленения формируется под влиянием различных факторов, таких как природно-климатические условия местности, особенности планировочной структуры города, качество и количество существующих зеленых насаждений. Город Уфа, расположенный в междуречье рек Белой и Уфы, имеет преимущественно линейную планировочную структуру, обусловленную особенностями исторического развития. Зеленые насаждения города в большинстве своем расположены по его границам, опоясывая город, повторяя контуры рек. Внутри городской застройки элементы озеленения представлены в основном разрозненными участками в виде парков, скверов и садов. В большинстве случаев объекты озеленения не увязаны линейными либо другими элементами озеленения в единую систему. Эффективность системы озеленения города оценивается в первую очередь согласно нормативным показателям. Обеспеченность зелеными насаждениями общего пользования на одного горожанина удовлетворяет и даже превышает рекомендуемые нормативы. Однако доля площади всех зеленых насаждений относительно общей площади города недостаточна. В перспективе запланированы мероприятия, способствующие увеличению ее площадей и в целом улучшению ее состояния.

Ключевые слова: городская система озеленения, планировочная структура, элементы озеленения, нормативные показатели

Для цитирования: Сродных Т. Б., Камынина Е. В. Структура и особенности системы озеленения города Уфы // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 130–137.

Original article

STRUCTURE AND FEATURES OF THE LANDSCAPING SYSTEM OF UFA

Tatiana B. Srodnykh¹, Elena V. Kamynina²

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

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

² kamelena28@mail.ru

Abstract. The urban landscaping system is formed under the influence of various factors, such as the natural and climatic conditions of the area, the features of the planning structure of the city, the quality and quantity of existing green plantations. The city of Ufa, located between the rivers Belaya and Ufa, has a predominantly linear planning structure due to the peculiarities of historical development. The green plantations of the city are mostly located along its borders, encircling the city, repeating the contours of the rivers. Within urban development, landscaping elements are mainly represented by scattered areas in the form of parks, squares and gardens. In most cases, landscaping facilities are not linked by linear or other landscaping elements into a single system. The effectiveness of the city's landscaping system is assessed primarily according to regulatory indicators. The provision of public green plantations per citizen satisfies and even exceeds the recommended standards. However, the proportion of the area of all green plantations relative to the total area of the city is not sufficient. In the future, measures are planned to increase its area and generally improve its condition.

Keywords: urban landscaping system, planning structure, landscaping elements, regulatory indicators

For citation: Srodnykh T. B., Kamynina E. V. Structure and features of the landscaping system of Ufa // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 130–137.

Введение

Вопросы исследования и формирования городских систем озеленения очень остро стоят в последние десятилетия, связанные с широким массовым жилищным строительством и в целом с повышением урбанизации. Создание комфортной городской среды – одна из основных задач городского озеленения. Появляются новые термины, расширяющие и углубляющие понятие «городская система озеленения», такие как «водно-зеленый каркас города» или «экологический каркас города», можно оперировать понятием «комплексная зеленая зона города». В данной статье мы рассматриваем городскую систему озеленения как традиционное понятие, которое включает объекты озеленения общего, ограниченного и специального назначения. Но при определении успешности озеленения города в первую очередь используются такие термины, как уровень озелененности

и обеспеченность зелеными насаждениями общего пользования на одного жителя города, они регламентируются сводом правил Российской Федерации и представлениями о равномерности распределения объектов озеленения общего пользования, а также об их взаимосвязи. На эти факторы мы и обращали внимание в статье.

Цель, методика и объекты исследования

Цель работы – на основе имеющихся данных и материалов исследований провести анализ и дать характеристику городской системе озеленения Уфы.

Объектами исследования являются элементы системы озеленения Уфы.

Для достижения цели исследования поставлены следующие задачи: раскрыть особенности системы озеленения Уфы, связанные с природными

условиями, историей и планировкой города; оценить успешность системы озеленения по нормативным показателям; проанализировать состояние скверов города.

Результаты и их обсуждение

Город Уфа, административный центр и столица Башкортостана, расположен в центральной части республики. Город площадью более 700 км² занимает пространство между реками Уфой и Белой, на Прибельской увалисто-волнистой равнине к западу от Южного Урала.

Для города характерны умеренно суровая зима и теплое лето в связи с расположением в умеренно-континентальной климатической зоне. Особенности местного климата являются резкая изменчивость и непостоянство погодных условий. Средняя температура самого теплого месяца июля составляет 17–19 °С, самого холодного месяца января – минус 14–16 °С. Уровень промерзания почвы зимой доходит до 1,5–2 м (реже до 3 м). Наибольшее количество осадков обычно выпадает летом. Устойчивый снежный покров образуется во второй декаде ноября, а разрушается он в 1-й и 2-й декадах апреля (Климатическая характеристика..., 2025).

Говоря о городской системе озеленения, следует обратить внимание и на такое понятие, как планировочная структура города, – они тесно взаимосвязаны, влияя друг на друга за счет расположения своих элементов. Обычно выделяют 5 типов планировочной структуры – радиально-кольцевая, лучевая, линейная, шахматная и иррегулярная. Планировочную структуру обычно определяет схема расположения транспортных путей, которые фиксируют ее, определяют ее дальнейшее развитие (Малеева, 2008).

Планировочную структуру г. Уфы нельзя отнести только к одному конкретному типу, что характерно для многих современных крупных городов, поскольку необходимость застройки новых территорий, расширение городских границ, создание комфортной транспортной схемы зачастую требует совмещения и усложнения планировочной структуры. В Уфе преобладают три основных типа – линейная, обусловленная расположением

города в окружении рек, шахматная, характерная в основном для исторического центра города, и иррегулярная, присущая большинству относительно новых районов (рис. 1).

Городская система озеленения, так же как и планировочная структура города, формируется в течение длительного времени, видоизменяясь вместе с развитием самого города. Обратимся к истории г. Уфы.

Датой основания города считается 1574 г., когда на высоком правом берегу реки Белой отрядом русских стрельцов было организовано небольшое поселение. Хорошо защищенное со всех сторон руслами рек и крутыми подъемами поселение быстро росло и формировалось. В 1586 г. Уфа получила статус города и административного центра Уфимского уезда (История Уфы..., 1981). В первой половине XVIII в. город относится то к Казанской, то к Оренбургской губернии и лишь к 1865 г. становится центром Уфимской губернии (Уфа, 2025).

Первый генеральный план Уфы был разработан в 1803 г. под руководством архитектора В. И. Гесте. Генплан предлагал регулярную планировку с прямоугольными кварталами, со смещением центральной части города к периферии и развитием ее вдоль берега реки Белой. Этот план был окончательно утвержден в 1819 г. и положил начало развитию города в регулярном стиле (Атанян и др., 2018).

Город постепенно развивался, с появлением множества улиц и кварталов возникла необходимость сохранить зеленые насаждения, поэтому городские власти начали вводить штрафы за уничтожение деревьев. В 1833 г. был заложен первый общественный сад, начали появляться аллеи и бульвары, которые служили жителям местами для отдыха и прогулок (История Уфы..., 1981).

Предложенный В. И. Гесте план позволил городу равномерно развиваться во всех направлениях на протяжении длительного периода времени. Созданный в 1995 г. генплан города отражал развитие только исторического центра, отдаленным районам уделялось меньше внимания, поэтому они развивались хаотично. В 2006 г. был утвержден новый генплан, который предлагал

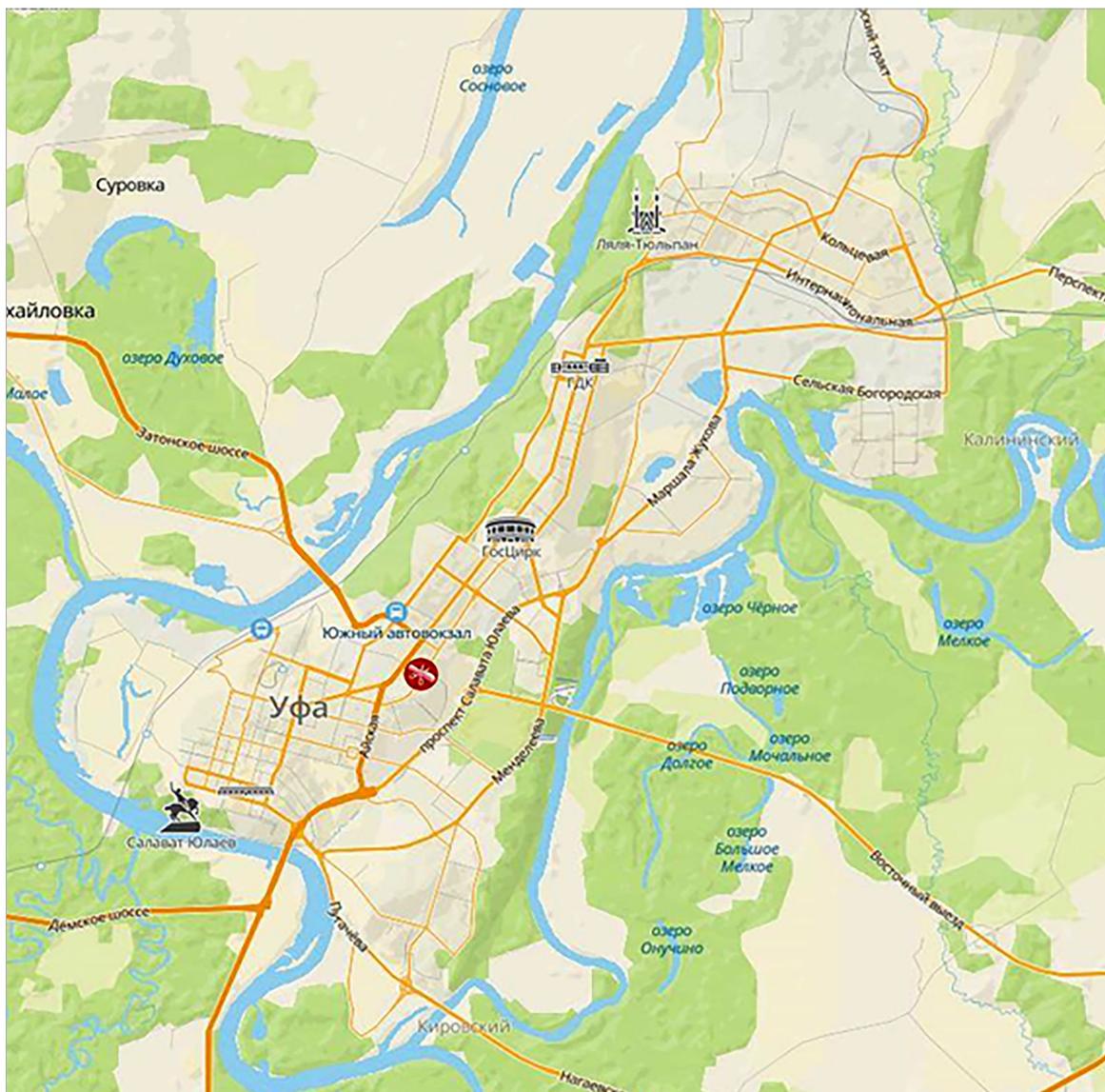


Рис. 1. Планировочная структура г. Уфы
 Fig. 1. The planning structure of Ufa

отказаться от параллельной структуры, чтобы избавиться от дисбаланса территории, а также уделить внимание развитию отдаленных районов города и созданию парковых и природоохранных зон (Атанян и др., 2018).

Последний генеральный план города Уфы 2022 г. предполагает создание комфортной и безопасной городской среды для жителей всех районов города, включая периферийные (Генеральный план..., 2022).

Элементы в городской системе озеленения могут быть размещены несколькими способами. В. С. Теодоронский выделяет четыре основных вида размещения озелененных территорий

в структуре города: центричное, периферийное, групповое и линейно-полосовое (Теодоронский, Боговая, 2003). Для крупных городов чаще всего характерно групповое и линейно-полосовое размещение озелененных территорий. Для Уфы можно отметить не только эти два вида размещения объектов и элементов озеленения, но также тяготение и к периферийному виду размещения.

На рис. 2 схематично представлено размещение озелененных территорий различных типов в черте плотной городской застройки.

Можно отметить, что большая часть зеленых насаждений в пределах плотной городской

застройки сосредоточена по берегам рек. Зеленые насаждения расположены также по периметру всего города, образуя своеобразное зеленое кольцо. Внутри городской застройки зеленые насаждения представлены в виде островков, образуемых парками, скверами, садами, территориями, прилегающими к общественным зданиям, и другими объектами озеленения всех категорий. В историческом центре озеленение в основном представлено скверами, парками и садами, в то время как в более новых районах сохранено множество стихийных зеленых насаждений, не имеющих конкретного статуса сквера или парка.

В городе достаточно хорошо развита система скверов, которые размещаются как в центральной исторической части города, так и в жилой застройке как в новых, так и в старых жилых районах.

Всего в городе 60 скверов, их площадь колеблется от 0,1 до 10 га. Наши исследования показывают, что большая часть существующих в настоящее время скверов создана после 2000-х гг., и лишь 14 из них сохранились с XX в. Самым старым сквером является сквер им. Ленина, который был создан в 1924 г. Также можно отметить, что значительная часть скверов расположена в юго-западной части города, которая является более старой, здесь сосредоточено множество исторических объектов архитектуры и озеленения. Мы провели исследование семи скверов в различных административных районах Уфы, которое показало, что планировка скверов в основном регулярная, средняя плотность посадки деревьев составляет 163 шт./га при рекомендуемом значении в 100–130 шт./га (Теодоронский, 2012). Отдельные новые скверы

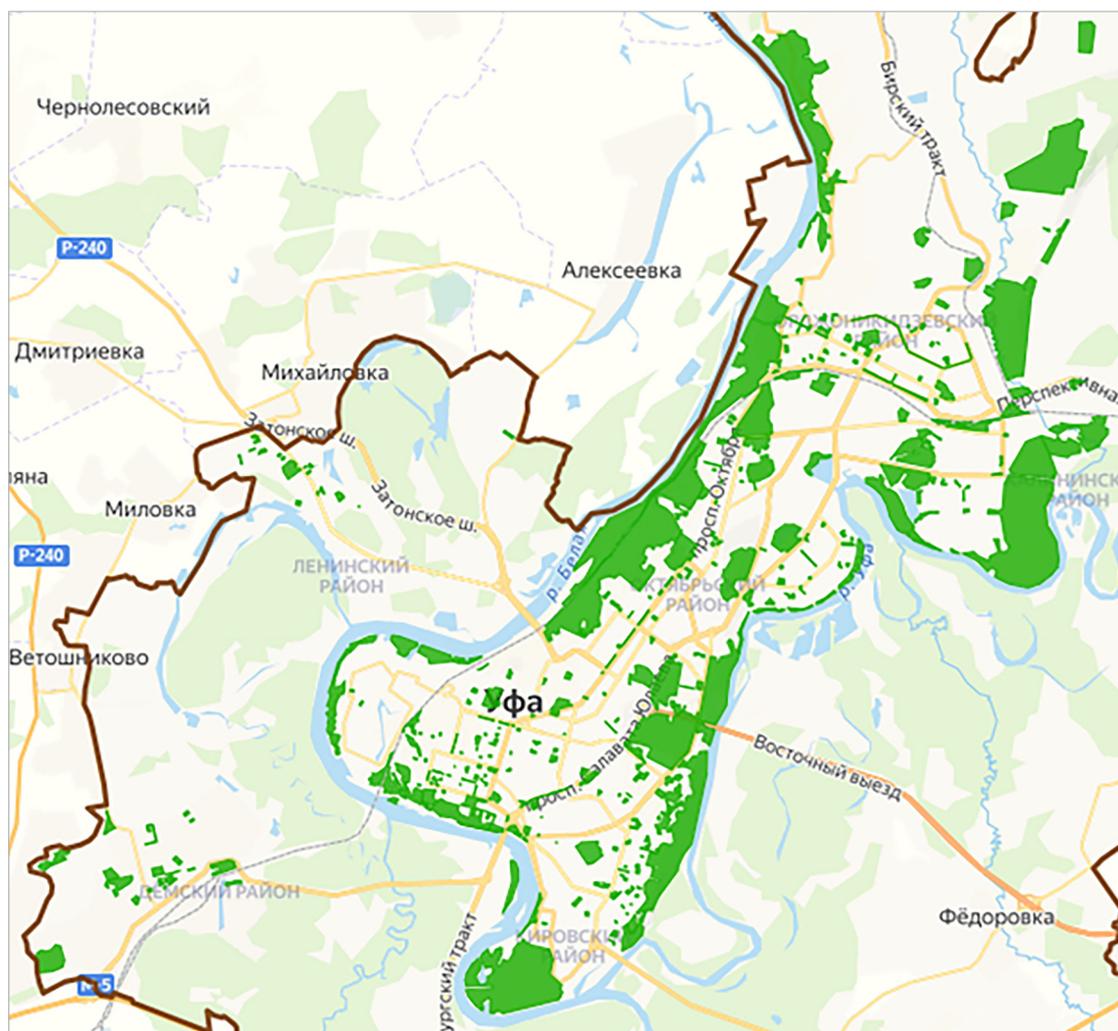


Рис. 2. Схематичное изображение озелененных территорий в г. Уфе
Fig. 2. Schematic representation of landscaped areas in the city of Ufa

имеют рекомендуемую плотность посадки деревьев (Камынина, Сродных, 2024). Плотность посадки кустарников очень низка во всех скверах, при этом ассортимент растений достаточно разнообразен.

Система озеленения г. Уфы, помимо скверов, парков и других объектов общего пользования, включает и объекты озеленения других категорий. По данным АО «Терра Тех», дочерней компании АО «Российские космические системы», которая в 2022 г. провела исследование озелененности 16 городов-миллионников, общая площадь озелененных территорий г. Уфы составила 4732,41 га при общей площади города 15295,08 га (Шестнадцать..., 2022). Таким образом, озелененность города – 30,9%, и Уфа заняла третье место в рейтинге, уступив городам Пермь и Екатеринбург.

Площадь озелененных территорий общего пользования (скверов, садов, парков, лесопарков) г. Уфы составляет 2833,41 га (Правила землепользования..., 2022), т. е. на 1 чел. приходится 25 м².

Согласно нормативам для категории крупных городов, этот показатель составляет 16 м²/чел. (СП 42.13330.2016). Таким образом, обеспеченность насаждениями общего пользования на одного жителя превышает норматив в 1,6 раза.

Неполный список наиболее крупных объектов общего пользования представлен в таблице.

В категорию объектов общего пользования включен городской лесопарк, так как он находится в пределах городской застройки в Советском районе Уфы. На его территории в 2024 г. была проведена реконструкция, оборудованы детские и спортивные площадки, а к 2027 г. планируется строительство большого зоопарка.

Большая часть объектов общего пользования находится на содержании МБУ «Горзеленхоз», в чьи задачи входит обслуживание и благоустройство городских объектов. К «Горзеленхозу» относятся 12 парков, 41 сквер, 3 сада, лесопитомник площадью 60 га и другие объекты городской системы озеленения (Об учреждении..., 2024).

Видовой состав объектов озеленения Уфы в основном представлен следующими видами: липой мелколистной, тополем башкирским пирамидальным, елью обыкновенной, березой повислой, кленом ясенелистным, лиственницей сибирской, кленом остролистным, сосной обыкновенной, рябиной обыкновенной, сиренью обыкновенной и др. (Гизатуллина, 2018). По данным наших исследований, встречаются также ясень обыкновенный, ель колючая – голубая форма, лох узколистный, пузыреплодник калинолистный, а в последние годы активно начали применяться различные сорта гортензий.

Перечень наиболее крупных объектов озеленения

List of the largest landscaping objects

№ п/п	Наименование объекта Name of the object	Площадь, га Area, ha
1	Парк культуры и отдыха им. М. И. Калинина M. I. Kalinin Park of Culture and Recreation	63
2	Центральный парк культуры и отдыха им. М. Гафури M. Gafuri Central Park of Culture and Recreation	29
3	Парк культуры и отдыха им. Ивана Якутова Ivan Yakutov Park of Culture and Recreation	14
4	Лесопарк имени Лесоводов Башкирской АССР Forest Park named after Foresters of the Bashkir ASSR	116
5	Сквер «Волна» Square park «Volna»	10
6	Сквер 50-летия Победы The square park of the 50th anniversary of Victory	9
7	Сад им. Салавата Юлаева Salavat Yulaev Garden	2,8
8	Сад им. С. Т. Аксакова S. T. Aksakov Garden	2,5

Выводы

Анализ городской системы озеленения показал, что она носит смешанный характер. Зеленые насаждения – объекты озеленения – располагаются линейно вдоль рек, по периметру городской застройки и группами, небольшими островками внутри городской застройки, в основном это сады и скверы центральной части города.

Обеспеченность зелеными насаждениями общего пользования на одного горожанина удовлетворяет и даже превышает рекомендуемые нормативы.

Анализ скверов г. Уфы показал, что они довольно равномерно размещены по территории города, особенно в его центральной части. Плотность по-

садки деревьев в скверах часто превышает рекомендуемое значение, однако наблюдается явный недостаток в количестве кустарников. Ассортимент деревьев и кустарников достаточно разнообразен.

В дальнейшем предусмотрено повышение общего уровня озелененности города за счет озеленения территорий предприятий, неиспользуемых земель и сельскохозяйственных территорий, максимального сохранения зеленых насаждений на участках всех видов пользования, увеличения площади зеленых насаждений общего пользования, активного применения компенсирующих видов озеленения и мн. др. (Генеральный план..., 2022).

Список источников

- Атанян М. К., Афонина М. И., Мухаметзянов В. М. Развитие планировочной структуры г. Уфы (исторический аспект) // Экономика и социум. 2018. № 7 (50). С. 22–23.
- Генеральный план городского округа город Уфа Республики Башкортостан до 2042 года от 23 марта 2022 года // Главный город : [сайт]. URL: <https://arch.gorodufa.ru/> (дата обращения: 20.05.2025).
- Гизатуллина Г. И. Лесоводственно-экологическая характеристика насаждений общего пользования в г. Уфе : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 / Гизатуллина Гульназ Ирековна. Уфа, 2018. 161 с.
- История Уфы. Краткий очерк. 2-е изд., исправл. и доп. Уфа : Башк. кн. изд-во, 1981. 608 с.
- Камынина Е. В., Сродных Т. Б. Анализ насаждений и благоустройства территории сквера им. Мустая Карима в г. Уфе Республики Башкортостан // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XX Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. Екатеринбург : УГЛУТУ, 2024. С. 162–167.
- Климатическая характеристика Республики Башкортостан // ФГБУ «Башкирское УГМС» : [сайт]. URL: <https://www.meteorb.ru/meteorology/climatic-characteristics> (дата обращения: 16.03.2025).
- Малеева Т. В. Инженерно-экономические основы градостроительства : учебник. СПб. : СПбГИЭУ, 2008. 343 с.
- Об учреждении // Муниципальное бюджетное учреждение «Горзеленхоз» : [сайт]. URL: <https://ufagreen.ru/ob-uchrezhdenii-3> (дата обращения: 16.03.2025).
- Правила землепользования и застройки городского округа город Уфа Республики Башкортостан : утв. решением Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 28 сентября 2022 год // Главный город : [сайт]. URL: <https://arch.gorodufa.ru/actualpzz> (дата обращения: 16.03.2025).
- Теодоронский В. С. Рекомендации по нормативной плотности и видовому составу древесных растений на объектах озеленения. 24 августа 2012 г. // АППМ : [сайт]. URL: www.ruspitomniki.ru/article223/?sphrase_id=37797 (дата обращения: 16.03.2025).
- Теодоронский В. С., Богоявая И. О. Объекты ландшафтной архитектуры : учеб. пособие для студентов спец. 260500. М. : МГУЛ, 2003. С. 14–16.
- Уфа // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : [сайт]. URL: <https://ru.wikisource.org/wiki/%D0%AD%D0%A1%D0%91%D0%95%D0%A3%D1%84%D0%B0,%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4> (дата обращения: 22.03.2025).
- Шестнадцать зеленых мегаполисов // ГПА. Геопространственная аналитика : [сайт]. URL: <https://geonovosti.terratech.ru/ecology/shestnadsat-zelenykh-megapolisov/> (дата обращения: 16.03.2025).

References

- About the institution // Municipal budgetary institution “Gorzelenkhoz” : [website]. URL: <https://ufagreen.ru/ob-uchrezhdenii-3> (accessed 16.03.2025).
- Atanyan M. K., Afonina M. I., Mukhametzyanov V. M. Development of the planning structure of Ufa (historical aspect) // Economics and society. 2018. P. 22–23. (In Russ.)
- Climatic characteristics of the Republic of Bashkortostan // Federal State Budgetary Institution “Bashkir Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring” : [website]. URL: <https://www.meteorb.ru/meteorology/climatic-characteristics> (accessed 16.03.2025).
- Gizatullina G. I. Forestry and ecological characteristics of public plantations in Ufa : dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences : 03.06.02 / Gizatullina Gulnaz Irekovna. Ufa, 2018. 161 p.
- Maleeva T. V. Engineering and economic foundations of urban planning : textbook. St. Petersburg : SPbSUE, 2008. 343 p.
- Sixteen green megacities // GPA. Geospatial analytics : [website]. URL: <https://geonovosti.terratech.ru/ecology/shestnadsat-zelenykh-megapolisov/> (accessed 16.03.2025).
- Teodoronsky V. S. Recommendations on the normative density and species composition of woody plants at landscaping facilities. August 24, 2012 // APPM : [website]. URL: www.ruspitomniki.ru/article223/?sphrase_id=37797 (accessed 16.03.2025).
- Teodoronsky V. S., Bogovaya I. O. Objects of landscape architecture : textbook for students spec. 260500. Moscow : MGUL, 2003. P. 14–16.
- The general plan of the Ufa city district of the Republic of Bashkortostan until 2042 dated March 23, 2022 // Main city : [website]. URL: <https://arch.gorodufa.ru/> (accessed 20.05.2025).
- The history of Ufa. A short essay. 2nd ed., corrected. Ufa : Bashkir Book Publishing House, 1981. 608 p.
- The rules of land use and development of the Ufa City Urban District of the Republic of Bashkortostan : approved by the decision of the Ufa City Urban District Council of the Republic of Bashkortostan dated September 28, 2022 // Main city : [website]. URL : <https://arch.gorodufa.ru/actualpzz> (accessed 16.03.2025).
- Ufa // Encyclopedia of Brockhaus and Efron : [website]. URL: <https://ru.wikisource.org/wiki/%D0%AD%D0%A1%D0%91%D0%95/%D0%A3%D1%84%D0%B0,%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4> (accessed 22.03.2025).

Информация об авторах

Т. Б. Сродных – доктор сельскохозяйственных наук;
Е. В. Камынина – магистр.

Information about the authors

T. B. Srodnykh – Doctor of Agricultural Sciences;
E. V. Kamyнина – Master’s student.

Статья поступила в редакцию 22.05.2025; принята к публикации 20.10.2025.
The article was submitted 22.05.2025; accepted for publication 20.10.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 138–143.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 138–143.

Научная статья

УДК 712.4

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.015

УСТОЙЧИВОСТЬ К НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, ВЫСАЖЕННЫХ ПРИ ОФОРМЛЕНИИ ТЕРРИТОРИИ «УГМК-АРЕНЫ» ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

Людмила Ивановна Аткина¹, Екатерина Анатольевна Деревянкина²,
Альбина Флоритовна Галиулина³

¹⁻³ 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>

³ galiulinaaf@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0009-0000-3642-8605>

Аннотация. В последнее время на территории Екатеринбурга создаются объекты благоустройства, в основе которых лежат новые подходы формирования зеленых пространств. Одним из последних и наиболее заметных примеров служит проект набережной р. Исети, являющийся частью архитектурного комплекса «УГМК-Арена». Дополнительной сложностью при озеленении данного объекта является значительный уклон берега. Целью работы было описание растений, которые были высажены в осенний период для благоустройства проекта. Особое внимание уделено анализу видового состава с точки зрения зимостойкости и морозостойкости. В результате установлено, что в посадках значительно преобладают кустарники. Количественно их более 18 тыс. экз. Деревьев всего 50 экз. Среди кустарников более трети от общего количества представлены различными видами дерена, около четверти посадок – сосна горная. В результате изучения показателей устойчивости к неблагоприятным условиям зимнего периода установлено, что рекомендованы к посадке в зоне Среднего Урала лишь 9 видов из 21 высаженных на набережной Исети в рамках комплекса «УГМК-Арена». Остальные 12 видов более требовательны к природно-климатическим условиям, что вызывает опасение за их выживаемость. Требуется дальнейшее наблюдение и анализ состояния растительности изучаемого объекта.

Ключевые слова: озеленение, долина реки, зимостойкость, морозоустойчивость

Для цитирования: Аткина Л. И., Деревянкина Е. А., Галиулина А. Ф. Устойчивость к низким температурам древесных растений, высаженных при оформлении территории «УГМК-Арены» города Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 138–143.

Original article

LOW TEMPERATURE RESISTANCE OF WOODY PLANTS PLANTED DURING THE DEVELOPMENT OF THE “UMMC-ARENA” IN YEKATERINBURG

Lyudmila I. Atkina¹, Ekaterina A. Derevyankina², Albina F. Galiulina³

¹⁻³ 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>

³ galiulinaaf@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0009-0000-3642-8605>

Abstract. Recently, landscaping facilities have been created on the territory of Yekaterinburg, which are based on new approaches to the formation of green spaces. One of the latest and most notable examples is the embankment project of the river Iset, which is a part of the “UMMC-Arena” architectural complex. An additional difficulty in landscaping this facility is the significant slope of the shore. The purpose of the research was to describe the plants that were planted in the autumn period for the improvement of the project, in particular, to analyze the species composition in terms of their winter hardiness and frost resistance. As a result, it was found that shrubs significantly predominate in the plantings. There are more than 18 thousand of them in quantity. There are only 50 trees. Among the shrubs, more than a third of the total number are represented by various types of dogwood, about a quarter of the plantings are mountain pine. As a result of studying the indicators of resistance to adverse winter conditions, it was found that only 9 of the 21 species planted on the Iset embankment within the “UMMC-Arena” complex are recommended for planting in the Middle Urals. The remaining 12 species are more demanding of natural and climatic conditions, raising concerns about their survival. Further observation and analysis of the vegetation condition of the studied object is required.

Keywords: landscaping, river valley, winter hardiness, frost resistance

For citation: Atkina L. I., Derevyankina E. A., Galiulina A. F. Low temperature resistance of woody plants planted during the development of the “UMMC-ARENA” in Yekaterinburg // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 138–143.

Введение

В Екатеринбурге появляются объекты благоустройства, основанные на новых подходах формирования зеленых пространств (Сады Пита Удольфа..., 2025). Ярким примером таких объектов является реализация проекта набережной р. Исети в рамках архитектурного комплекса «УГМК-Арена». Проект был подготовлен бюро S&P Architektura Krajobrazu. Строительные работы «УГМК-Арены» продолжались с весны 2023 до поздней осени 2024 гг. и включали благоустройство правого и левого берегов набережной р. Исети. Обязательное условие при подборе ассортимента растений для таких территорий – это

всесезонная их декоративность для создания привлекательности в любое время года. По заверениям авторов, растения были подобраны так, чтобы посадки смогли пережить неблагоприятные природно-климатические условия Среднего Урала. Ситуация осложнялась тем, что насаждения создавались в долине реки с достаточно крутыми берегами.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Цель работы – характеристика видов растений, которые были высажены в осенний период для благоустройства проекта «УГМК-Арена» вдоль берегов р. Исети. Главное внимание уделено

анализу видового состава с точки зрения показателей зимостойкости и морозостойкости. Объект расположен в долине р. Исети, примыкает к зданию «УГМК-Арена», которое было сдано в эксплуатацию в 2023 г. Территория благоустройства протянулась от ул. Куйбышева до ул. Декабристов. Для выявления зимостойкости, отражающей способность растений из года в год переносить весь комплекс факторов, присущих зимнему периоду, был использован показатель, основанный на системе древокультурных районов СССР А. И. Колесникова (1974). Морозостойкость растений определялась

по шкале USDA-зоны, которая включает 13 зон от 0 до 12 в градусах 5–12 °С (Hoffman, Ravesloot, 1998).

Результаты и их обсуждение

Всего на изучаемом объекте высажен 21 вид древесных растений, из них 12 кустарников и 9 деревьев (Семкина, Епанчинцева, 2023). Многие из них крайне редко встречаются в посадках г. Екатеринбурга. Показатели, отражающие устойчивость видов к неблагоприятным условиям в зимний период, представлены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Характеристика зимостойкости и морозоустойчивости древесных растений
левого берега р. Исети
Characteristics of winter hardiness and, frost resistance of woody plants of the left bank
of the river Iset

№	Наименование Name	Жизненная форма Life form	Зимостойкость по USDA Winter hardiness according to USDA	Морозоустойчивость по А. И. Колесникову Frost resistance according to A. I. Kolesnikov
1	Гортензия метельчатая «Лаймлайт» <i>Hydrangea paniculata</i> Sieb old	Кустарник Shrub	USDA 4	Устойчив Stable
2	Дерен белый «Сибирика» <i>Swida alba</i> (L.) Opiz	Кустарник Shrub	USDA 3	Устойчив Stable
3	Дерен опрысковый <i>Kelseyi</i> L. <i>Cornus stolonifera</i> Kelsey	Кустарник Shrub	USDA 6	Неустойчив Unstable
4	Дерен отпрысковый «Флавирамея» <i>Swida alba</i> (L.) Opiz	Кустарник Shrub	USDA 2	Устойчив Stable
5	Ива ломкая шаровидная <i>Salix × fragilis</i> L.	Дерево Tree	USDA 3	Устойчив Stable
6	Ива пурпурная <i>Salix purpurea</i> L.	Кустарник Shrub	USDA 4	Устойчив Stable
7	Ирга Ламарка <i>Amelanchier × lamarckii</i> F. G. Schroed.	Кустарник Shrub	USDA 4	Устойчив Stable
8	Кизильник блестящий <i>Cotoneaster lucidus</i> Schltldl	Кустарник Shrub	USDA 3	Устойчив Stable
9	Липа европейская «Паллида» <i>Tilia × europaea</i> L.	Дерево Tree	USDA 4	Устойчив Stable
10	Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	Дерево Tree	USDA 4	Устойчив Stable
11	Ольха серая <i>Alnus incana</i> (L.) Moench	Дерево Tree	USDA 2	Устойчив Stable
12	Рябина обыкновенная «Эдулис» семейства Розоцветные <i>Sorbus aucuparia</i> Edulis (Rosaceae)	Дерево Tree	USDA 3	Устойчив Stable
13	Рябинник рябинолистный <i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Braun	Кустарник Shrub	USDA 2	Устойчив Stable

Окончание табл. 1
The end of the table 1

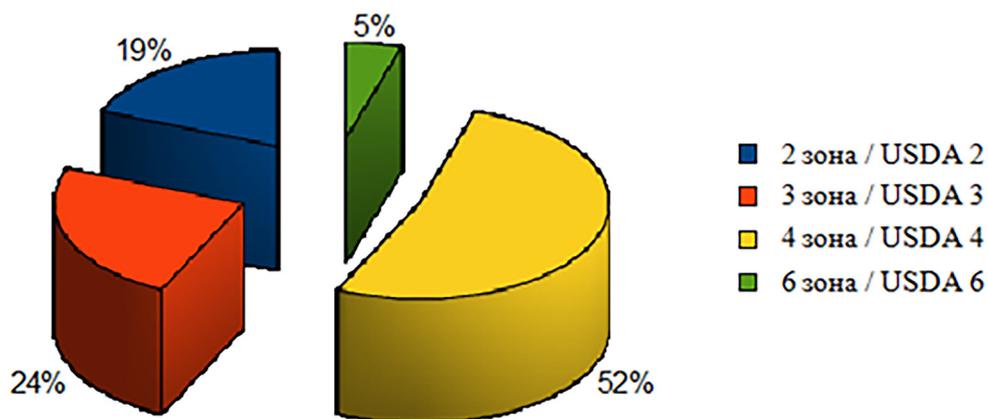
№	Наименование Name	Жизненная форма Life form	Зимостойкость по USDA Winter hardiness according to USDA	Морозоустойчивость по А. И. Колесникову Frost resistance according to A. I. Kolesnikov
14	Сосна горная «Мугус» <i>Pinus mugo</i> Mughus	Дерево Tree	USDA 4	Устойчив Stable
15	Черемуха Маака «Амбер Бьюти» <i>Padus maacki</i> i (Rupr.) Kom.	Дерево Tree	USDA 3	Устойчив Stable
16	Черемуха обыкновенная <i>Padus avium</i> Mill	Дерево Tree	USDA 2	Устойчив Stable
17	Яблоня гибридная «Винтер Голд» <i>Malus Wintergold</i>	Кустарник Shrub	USDA 4	Устойчив Stable
18	Яблоня гибридная «Рудольф» <i>Malus hybride</i> Rudolph	Кустарник Shrub	USDA 4	Устойчив Stable
19	Яблоня гибридная «Стрит Парад» <i>Malus hybridus</i> Street parade	Кустарник Shrub	USDA 4	Устойчив Stable
20.	Яблоня «Мокум» <i>Malus 'Mokum'</i>	Кустарник Shrub	USDA 4	Устойчив Stable
21.	Ясень пенсильванский <i>Fraxinus penn sylvanica</i> Mar shall	Дерево Tree	USDA 4	Устойчив Stable

В результате установлено, что более половины видов древесных растений, которые вошли в ассортимент набережной левого берега р. Исети, относятся к 4-й зоне зимостойкости по классификации USDA, т. е. к более южному району по сравнению с г. Екатеринбург, а один даже к 6-му (рисунок). Соответственно, можно ожидать, что в ближайшее время возможно серьезное ухудшение состояния растений данных видов.

В то же время, по древокультурному районированию А. И. Колесникова, ассортимент деревьев и кустарников, которые были высажены, не дол-

жен испытывать дискомфорт по морозоустойчивости. Из представленного списка недостаточно устойчивым к холоду оказался только дерен отпрысковый *Kelseyi*.

О сложности взаимодействия различных систем оценки противодействия неблагоприятным факторам писал в А. Ю. Сапелин. Поэтому можно лишь предполагать, насколько успешно будут адаптироваться виды к условиям произрастания не просто в более северной зоне, но и в условиях повышенной ветровой нагрузки, существующей в долине реки.



Долевое распределение ассортимента по показателю зимостойкости
Shared distribution of the assortment according to the winter hardiness indicator

Всего на территории объекта высажено и предполагается высадить 50 экз. деревьев и почти более 18 тыс. кустарников (табл. 2).

Согласно сведениям табл. 2, максимальное долевое участие в посадках имеют кустарники: *Pinus mugo* Mughus – 25% и *Cornus stolofera* Kelsey –

17,8%, *Salix purpurea* L. – 17,5%. Около 10% имеют: *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun и *Swida alba* (L.) Opiz, *Cornus stolofera* Kelsey. Ими засажена большая часть территории, но, как выяснили ранее, они не устойчивы к погодным условиям, что может отразиться на их состоянии после зимовки.

Таблица 2

Table 2

Долевое участие деревьев и кустарников

Tree and shrub share participation

№ No	Вид View	Семейство Families	Кол-во Quantities	Доля Share
Деревья Trees				
1	<i>Alnus incana</i> (L.) Moench	Березовые <i>Betulaceae</i>	13	26
2	<i>Fraxinus penn sylvanica</i> Mar shall	Маслиновые <i>Oleaceae</i>	2	4
3	<i>Padus avium</i> Mill	Розовые <i>Osaceae</i>	4	8
4	<i>Padus maacki</i> i (Rupr.) Kom	Розоцветные <i>Rosaceae</i>	3	6
5	<i>Salix × fragil</i> is L.	Ивовые <i>Salicaceae</i>	1	2
6	<i>Tilia cordata</i> Mill	Липовые <i>Tiliaceae</i>	2	4
7	Паллида <i>Tilia × europ aea</i> L.	Мальвовые <i>Malvaceae</i>	18	36
8	<i>Sorbus aucuparia</i> Edulis	Розоцветные <i>Rosaceae</i>	1	2
9	<i>Malus</i> ‘Mokum’)	Розоцветные <i>Rosaceae</i>	2	4
	<i>Malus</i> hybride Rudolph	Розоцветные <i>Rosaceae</i>	1	2
	<i>Malus</i> hybridus Street parade	Розоцветные <i>Rosaceae</i>	1	2
	<i>Malus</i> Wintergold	Розоцветные <i>Rosaceae</i>	2	4
Всего Total			50	100
Кустарники Shubs				
	<i>Pinus mugo</i> Mughus	Сосновые <i>Pinaceae</i>	4640	25
1	<i>Amelanchier × lamarckii</i> F. G. Schroed.	Розоцветные <i>Rosaceae</i>	1	0
2	Дерен белый «Сибирика» <i>Swida alba</i> (L.) Opiz	Кизилловые <i>Cornaceae</i>	1921	10,3
3	Дерен отпрысковый «Флавирамея» <i>Swida alba</i> (L.) Opiz	Кизилловые <i>Cornaceae</i>	1077	5,8
4	<i>Cotoneaster lucidus</i> Schldtl	Розоцветные <i>Rosaceae</i>	531	2,9
5	<i>Hydrangea pa niculata</i> Sieb old	Гортензиевые <i>Hydrangeaceae</i>	1842	9,9
6	<i>Salix Purpurea</i> L	Ивовые <i>Salicaceae</i>	3245	17,5
7	<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Braun	Розоцветные <i>Rosaceae</i>	2007	10,8
8	<i>Cornus stolofera</i> Kelsey	Кизилловые <i>Cornaceae</i>	3299	17,8
Всего Total			18563	100

Выводы

1. Объекты озеленения, созданные в долине р. Исети вблизи здания «УГМК-Арена», являются знаковыми для г. Екатеринбурга, т. к. впервые проведены столь массовые озеленительные работы достаточно крутых откосов реки с использованием кустарников.

2. Анализ зимостойкости долевого участия видов показал, что большая часть посадок исследуемого объекта может оказаться не приспособленной к росту в природно-климатических условиях Среднего Урала из-за недостаточной зимостойкости.

3. Требуется дальнейшие наблюдения за высаженными растениями, особенно необходимо следить за их состоянием в зимний период.

Список источников

- Колесников А. И.* Декоративная дендрология. М. : Лесн. пром-сть, 1974. 703 с.
- Сады Пита Удольфа: новая волна ландшафтного дизайна // 7dach.ru : [сайт]. URL: <https://7dach.ru/FrolovaEkaterina/sady-pita-udolfa-novaya-volna-landshaftnogo-dizayna-93476.html> (дата обращения: 01.04.2025).
- Семкина Л. А., Епанчинцева О. В.* Ассортимент древесных растений для озеленения г. Екатеринбурга. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. 156 с.
- Hoffman M. H. A., Ravesloot M. B. M.* Winterhardheid van boornkwekerijgewassen Bos Koop : naslaggids, 1998. 473 p. (In Dut.)

References

- Hoffman M. H. A., Ravesloot M. B. M.* Winterhardheid van boornkwekerijgewassen Bos Koop : naslaggids, 1998. 473 p. (In Dut.)
- Kolesnikov A. I.* Decorative dendrology. Moscow : Forest industry, 1974. 703 p.
- Piet Oudolf's Gardens: New wave of landscape design // 7dach.ru : [website]. URL: <https://7dach.ru/FrolovaEkaterina/sady-pita-udolfa-novaya-volna-landshaftnogo-dizayna-93476.html> (accessed 01.04.2025).
- Semkina L. A., Epanchintseva O. V.* Assortment of woody plants for landscaping Yekaterinburg. Yekaterinburg : USFEU, 2023. 156 p.

Информация об авторах

- Л. И. Аткина* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Е. А. Деревянкина – аспирант;
А. Ф. Галиulina – аспирант.

Information about the authors

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

*Статья поступила в редакцию 09.04.2025; принята к публикации 20.11.2025.
The article was submitted 09.04.2025; accepted for publication 20.11.2025.*

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 144–153.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 144–153.

Научная статья

УДК 674.02

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.016

УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ БЕРЕЗОВОГО ЛУЩЕНОГО ШПОНА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НАПОЛЬНЫХ ПЛАНК

А. А. Лукаш¹, А. А. Пыкин², В. А. Романов³, Д. М. Максименко⁴,
О. Н. Чернышев⁵

¹⁻⁴ Брянский государственный инженерно-технологический университет,
Брянск, Россия

⁵ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Александр Андреевич Лукаш,
mr.luckasch@yandex.ru

Аннотация. В статье обоснована возможность изготовления напольных планок из березового лущеного шпона, что обеспечивает снижение сырьевых затрат по сравнению с сырьевыми затратами при производстве паркета из дуба. Эксплуатационные показатели свойств напольных планок из березового лущеного шпона предлагается повысить уплотнением в процессе их склеивания. Для получения фиксированной толщины напольных планок предлагается производить их склеивание с применением дистанционных прокладок, что позволит снизить расход древесины на 25 % за счет припусков на строгание, а применение клея обеспечит стабилизацию толщины. Приведены результаты исследования зависимости прочности при статическом изгибе напольных планок от параметров режима склеивания. Получена регрессионная модель зависимости прочностных показателей напольных планок от режима склеивания: продолжительности прессования, толщины пакета шпона и температуры плит пресса. Установлено, что наибольшее влияние на целевую функцию оказывают продолжительность прессования и толщина пакета шпона. Полученная модель в виде адекватного уравнения регрессии со значимыми коэффициентами позволяет выполнять технологические задачи по изготовлению напольных планок из березового лущеного шпона. Для получения планок максимальной прочности при статическом изгибе ($\sigma_{из} = 31,2$ МПа) в рамках варьируемых факторов оптимальным является следующий режим прессования: $\tau = 8$ мин, $S_n = 13,3$ мм, $T = 120$ °С.

Ключевые слова: прочность, лущеный шпон, склеивание, напольная планка

Для цитирования: Условия получения композиционных материалов из березового лущеного шпона при изготовлении напольных планок / А. А. Лукаш, А. А. Пыкин, В. А. Романов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 144–153.

Original article

CONDITIONS FOR OBTAINING COMPOSITE MATERIALS FROM BIRCH PEELED VENEER IN THE MANUFACTURE OF FLOOR SLATS

Alexander A. Lukash², Alexey A. Pykin², Viktor A. Romanov³,
Dmitry M. Maksimenko⁴, Oleg N. Chernyshev⁵

¹⁻⁴ Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk, Russia

⁵ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Alexander A. Lukash,
mr.lukasch@yandex.ru

Abstract. The article substantiates the possibility of manufacturing floor slats from birch peeled veneer, which reduces raw material costs compared with raw material costs in the production of oak parquet. To improve the performance properties of birch peeled veneer floor slats, it is proposed to increase their density during the gluing process. To achieve a fixed thickness of the floor slats, it is suggested to use spacers during gluing, which reduces the amount of wood by 25 % due to the allowance for planing, while the use of glue ensures stability in thickness. The results of the research of the dependence of the static bending strength of floor slats on the parameters of the gluing mode are presented. A regression model has been obtained for the dependence of the strength characteristics of floor slats on the gluing mode: the duration of pressing, the thickness of the veneer package, and the temperature of the press plates. It has been established that the duration of pressing and the thickness of the veneer package have the greatest impact on the target function. The resulting model, in the form of an adequate regression equation with significant coefficients, allows for the implementation of technological tasks related to the production of floor slats made from birch peeled veneer. To achieve the maximum static bending strength ($\sigma_b = 31,2$ MPa) within the range of variable factors, the following pressing conditions are optimal: $\tau = 8$ minutes, $S_p = 13,3$ mm, and $T = 120$ °C.

Keywords: strength, peeled veneer, gluing, floor slats

For citation: Conditions for obtaining composite materials from birch peeled veneer in the manufacture of floor slats // A. A. Lukash, A. A. Pykin, V. A. Romanov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 144–153.

Введение

Несмотря на имеющуюся самую большую в мире площадь лесов, лесной комплекс России по величине получаемых доходов значительно отстает от промышленно развитых стран. В США доход от использования лесов составляет 119 млрд долл., тогда как в России – 0,055 млрд долл. (Булгакова, 2021). Поэтому Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года предусматривается повышение уровня доходности лесопользования (Об утверждении стратегии..., 2021). Вследствие хороших эксплуатационных показателей твердолиственная и хвойная древесина активно

используется. В результате этого спрос на нее превышает предложение и постоянно растет цена. Проблему увеличивающегося дефицита ценной в техническом отношении твердолиственной древесины в настоящее время пытаются решить вовлечением в рубку не достигших возраста спелости древостоев (Гагарин, 2021). Но такой способ решения данной проблемы в будущем еще больше усилит дефицит твердолиственной древесины и, как следствие, приведет к еще большему возрастанию цен на сырье.

Авторы предлагают более широко вовлекать в промышленную переработку мягколиственную древесину путем улучшения ее эксплуатационных

показателей, вследствие чего станет возможным расширение сферы ее использования (Лукаш, Лукутцова, 2021). Итальянская фирма ALPI продолжительным изготовлением отделочных материалов из мягколиственной древесины, которые имитируют красивую текстуру твердолиственной древесины, подтвердила эту возможность (Вараксин, Кошелева, 2017; Composite layered..., 2025; Максименко, 2025).

Для производства паркетных напольных покрытий традиционно используется твердолиственная древесина, которая обладает высокой стойкостью к истиранию. Как известно, при уплотнении древесины березы ее прочностные показатели возрастают (Уголев, 2007). Поэтому для обоснования возможности использования древесины березы в паркетном производстве проведены данные исследования.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Цель исследований – обоснование возможности применения древесины березы при изготовлении напольных паркетных покрытий. Задача исследований – установление зависимости прочностных показателей от условий склеивания. Объект исследования – напольные планки из березового лущеного шпона. Предмет исследований – параметры режима: продолжительность прессования, толщина склеиваемого пакета из шпона, температура плит пресса. Применяемые материалы: березовый лущеный шпон толщиной 1,15 мм. При склеивании применялся клей на основе смолы карбамидоформальдегидной (КФС) марки КФ120-65 ТУ2311-001-00252569–94. Оборудование: для склеивания – гидравлический пресс марки П-713; для испытания – разрывная машина Р-5. Целевую функцию (предел прочности при статическом изгибе) σ , МПа, определяли по формуле

$$\sigma = 3/2 (Fl) / (bh^2), \quad (1)$$

где F – максимальная нагрузка, Н;

l – пролет, расстояние между центрами опор, равный 200 мм;

b и h – соответственно ширина и высота образца, мм.

Исследование влияния продолжительности прессования (X_1) от 6 до 8 мин; толщины пакета лущеного шпона (X_2) от 10,5 до 13,5 мм; температуры плит пресса (X_3) от 110 до 120 °С на предел прочности при статическом изгибе выполнялось методом композиционного планирования эксперимента по плану Бокса (B3) в соответствии с методикой (Пижурин, 2005). Установление регрессионной модели и построение графических зависимостей производилось с помощью компьютерных программ PlanExp B-D13, Excel и SigmaPlot.

Результаты и их обсуждение

Промышленный (индустриальный, технический, коммерческий) паркет – это небольших размеров планки древесины (рис. 1).

Паркетные планки изготавливают из массивной некондиционной древесины, непригодной для изготовления традиционного паркета размерами: длиной – до 250 мм; шириной – до 100 мм; толщиной – до 23 мм. Внешний вид этой продукции уступает по эстетическим свойствам традиционным видам паркета, но меньшие размеры обуславливают более низкую цену и спрос.

Промышленный (индустриальный) паркет по прочности и износостойкости соответствует классическому паркетному полу. Эти планки применяют в качестве напольных покрытий офисных помещений, торговых залов, танцплощадок, театральных сцен, ресторанов, кафе, актовых залов, школ и т. д. Преимуществом этого вида напольного покрытия являются большая экономия времени и денежных средств при укладке планок по системе шип-паз; сохраняемость геометрических размеров и форм.

Основной эксплуатационный показатель паркетного покрытия – стойкость к истиранию, определяемая плотностью и твердостью. Вследствие этого сырьем для производства паркетной продукции традиционно является дуб, который при плотности 750 кг/м³ обладает твердостью по Бринеллю 3,7. Однако эта древесина является дефицитной и дорогой (более 70 000 руб. за 1 м³ лесоматериалов). Береза широко распространена в России, и цена на нее в десять раз ниже, чем

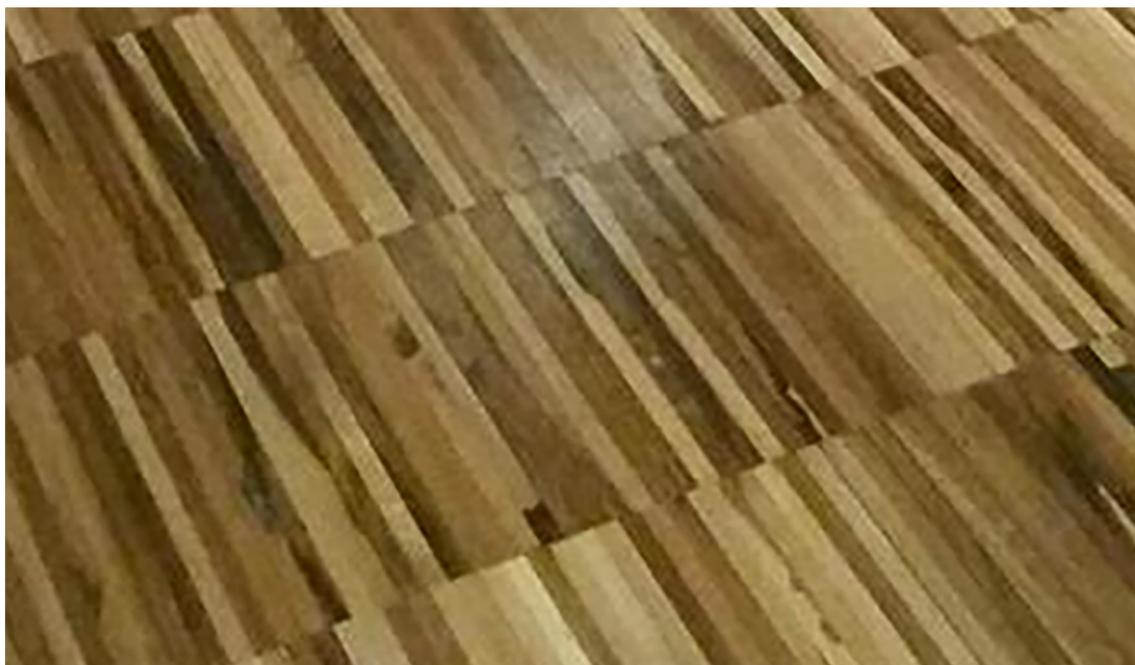


Рис. 1. Планки промышленного паркета
Fig. 1. Industrial parquet slats

на лесоматериалы из дуба. Однако при плотности 600 кг/м³ береза обладает меньшей твердостью по Бринеллю – 3,0. Вследствие этого береза для производства паркета не применяется. Как известно, улучшение эксплуатационных свойств древесины достигается уплотнением (Хуажев, 2000) или модификацией (Шамаев и др., 2006). Поэтому, уплотнив древесину березы, можно улучшить ее эксплуатационные (прочностные) характеристики и тем самым сделать пригодной для получения напольных покрытий.

Предлагаемая технология получения напольных планок из лущеного шпона березы аналогична технологии склеивания фанеры общего назначения, а уплотнение древесины достигается регулированием параметров режима склеивания (Куликов, 1976). При производстве напольных паркетных планок необходимо обеспечение стабильной толщины, тогда как при склеивании фанеры толщина может изменяться в диапазоне $\pm 10\%$ от толщины склеиваемого материала.

Для обеспечения стабильной толщины по традиционной паркетной технологии пиломатериалы строгают с припуском по толщине 4 мм. В результате этого полезный выход продукции снижается из-за потерь на строгание на 25 % при толщине

планки 16 мм. Вследствие этого при производстве паркета полезный выход составляет 45–50 %. Также положительным фактором в вопросе получения фиксированной толщины будет являться наличие клея. Клей при нанесении частично впитывается в лущеный шпон, а затем в процессе склеивания становится твердым и тем самым дополнительно фиксирует толщину детали. Поэтому для получения фиксированной толщины напольных планок их склеивание производилось с применением ограничительных прокладок (Способ изготовления..., 2025). На рис. 2 приведена схема получения напольных планок из лущеного шпона фиксированной толщины.

Стойкость к истиранию и прочность при статическом изгибе взаимосвязаны. Поэтому для установления возможности изготовления напольных планок из березового лущеного шпона проведено исследование зависимости прочности при статическом изгибе от параметров режима склеивания. Постоянными факторами при проведении исследований были:

- толщина березового лущеного шпона 1,15 мм;
 - расход клея КФ 120–65 на 1 м² 110–115 г;
 - давление на склеиваемый пакет 1,8–2 МПа.
- Переменные факторы приведены в табл. 1.

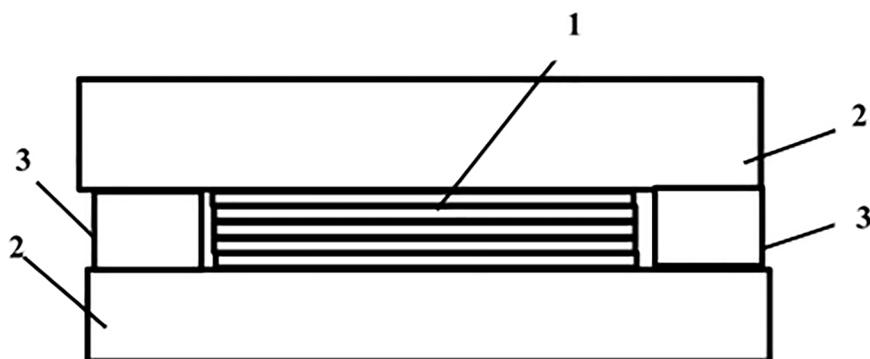


Рис. 2. Схема получения напольных планок фиксированной толщины:
1 – пакет лущеного шпона; 2 – плиты пресса; 3 – ограничительные прокладки
Fig. 2. Scheme for obtaining floor slats of fixed thickness:
1 – package of peeled veneer; 2 – press plates; 3 – limiting spacers

Таблица 1
Table 1

Переменные факторы исследования
Variable research factors

Факторы Factors	Обозначения Designations		Интервал Range	Уровни варьирования Variation levels		
	в натуральном виде in natural form	в кодированном виде in encoded form		Нижний Lower	Основной Main	Верхний Upper
				-1	0	1
1. Продолжительность прессования, мин Duration of pressing, min	τ	X_1	1,0	6,0	7,0	8,0
2. Толщина пакета, мм Package thickness, mm	S_{Π}	X_2	1,4	10,5	11,9	13,3
3. Температура, °C Temperature, °C	T	X_3	5,0	110	115	120

Матрица планирования и результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Значимость коэффициентов модели определялась по критерию Стьюдента:

$$t_1 = |b_1| / S\{b_1\}, \quad (2)$$

где b_1 – i -й коэффициент ($b_0, b_1, b_2, b_3, b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{12}, b_{13}, b_{23}$);

$S\{b_1\}$ – среднеквадратическое отклонение в определении b_i .

Для выбранного уровня значимости (5 %) и данного числа степеней свободы расчетное значение t_1 сравнивалось с табличным $t_{\text{табл}}$. Коэффициент модели b_1 считается незначимым, если t_1 менее $t_{\text{табл}}$.

Адекватность модели оценивалась по критерию Фишера:

$$F = S_{\text{ад}}^2 / S_{\text{в}}^2, \quad (3)$$

где $S_{\text{ад}}^2$ – дисперсия адекватности;
 $S_{\text{в}}^2$ – дисперсия воспроизводимости в параллельных опытах.

Значения $S_{\text{ад}}^2$ и $S_{\text{в}}^2$ рассчитывались по формулам

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{m}{N - n_3} \sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2, \quad (4)$$

$$S_{\text{в}}^2 = \frac{1}{N(m-1)} \sum_{u=1}^N \sum_{j=1}^m (y_{uj} - \bar{y}_u)^2, \quad (5)$$

где N – количество опытов в плане эксперимента ($N = 10$);

m – число параллельных измерений в каждом опыте ($m = 3$);

n_3 – количество значимых коэффициентов;
 \bar{y}_u – среднее значение прочности в u -м опыте;
 \hat{y}_u – прочность, предсказанная по уравнению;
 y_{uj} – прочность в u -м опыте j -м параллельном измерении.

Расчетное значение F сравнивалось с табличным $F_{\text{табл}}$ при значимых коэффициентах. При F менее $F_{\text{табл}}$ модель является достоверной.

Методом математического планирования трехфакторного эксперимента установлено, что зависимость прочности при статическом изгибе напольных планок от продолжительности прессования (τ , мин), толщины пакета шпона ($S_{\text{п}}$, мм) и температуры (T , °C) представлена адекватным уравнением регрессии со значимыми коэффициентами:

$$Y = 23,01 + 1,16X_1 + 4,43X_2 + 2,29X_3 - 1,16X_1^2 + 1,51X_2^2 - 1,55X_3^2 - 0,86X_1X_2 + 1,16X_1X_3 + 1,19X_2X_3. \quad (6)$$

Графические зависимости прочности при статическом изгибе от параметров режима склеивания проиллюстрированы на рис. 3.

Из уравнения регрессии (6) и поверхностей отклика (см. рис. 3) следует, что наибольшее влияние на прочность напольных планок оказывают продолжительность прессования (X_1) и толщина пакета шпона (X_2). С их возрастанием прочность напольных планок увеличивается. Для получения планок максимальной прочности при статическом изгибе ($\sigma_{\text{из}} = 31,2$ МПа) в рамках варьируемых факторов оптимальным является следующий режим прессования: $\tau = 8$ мин, $S_{\text{п}} = 13,3$ мм, $T = 120$ °C.

Таблица 2
Table 2

Матрица планирования и результаты эксперимента
Planning matrix and experimental results

№	Кодированный вид Coded view			Натуральный вид Natural appearance			Прочность при изгибе σ , МПа Bending strength σ , MPa
	X_1	X_2	X_3	τ , мин	$S_{\text{п}}$, мм	T , °C	
1	–	–	–	6	10,5	110	15,2
2	+	–	–	8	10,5	110	18,1
3	–	+	–	6	13,3	110	25,2
4	+	+	–	8	13,3	110	20,3
5	–	–	+	6	10,5	120	17,1
6	+	–	+	8	10,5	120	20,3
7	–	+	+	6	13,3	120	27,5
8	+	+	+	8	13,3	120	31,6
9	–	0	0	6	11,9	115	18,3
10	+	0	0	8	11,9	115	24,6
11	0	–	0	7	10,5	115	20,7
12	0	+	0	7	13,3	115	31,1
13	0	0	–	7	11,9	110	18,2
14	0	0	+	7	11,9	120	23,4
15	0	0	0	7	11,9	115	21,5

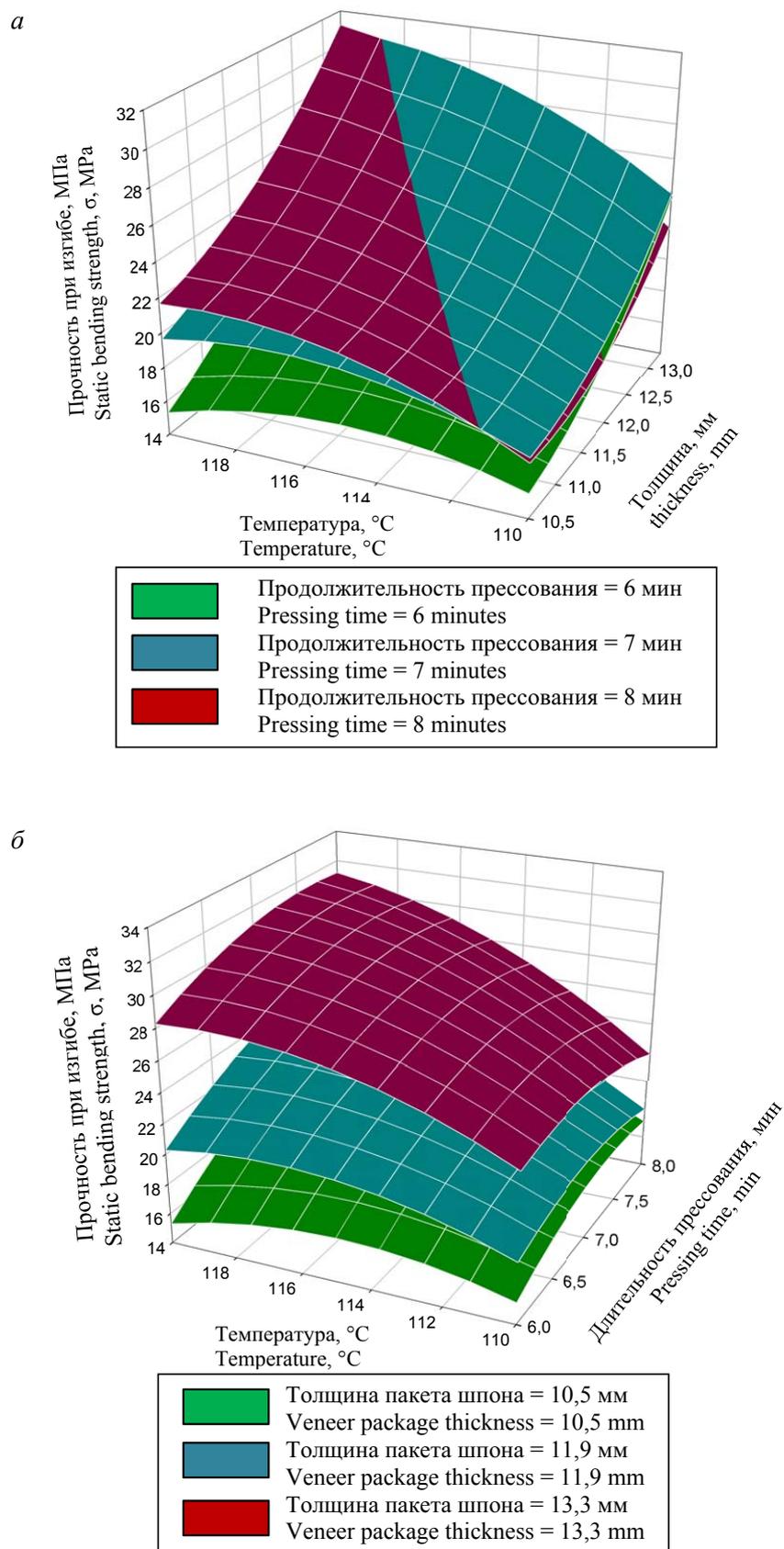


Рис. 3. Зависимости прочности при статическом изгибе напольных планок от продолжительности прессования (*a*) и толщины пакета (*б*)
Fig. 3. Dependence of the static bending strength of floor slats on the pressing duration (*a*) and veneer package thickness (*б*)

Выводы

В результате проведения исследований установлено следующее.

1. Обоснована возможность изготовления напольных планок из березового лущеного шпона, что обеспечивает снижение сырьевых затрат по сравнению с сырьевыми затратами при производстве паркета из дуба.

2. Эксплуатационные показатели свойств напольных планок из березового лущеного шпона предлагается повысить уплотнением в процессе их склеивания. Для получения фиксированной толщины напольных планок рекомендуется производить их склеивание с применением дистанционных прокладок, что позволит снизить расход древесины на 25 % за счет припусков на строгание, а применение клея обеспечит стабилизацию толщины.

3. Проведено исследование зависимости прочности при статическом изгибе напольных планок

от параметров режима склеивания. Получена регрессионная модель зависимости прочностных показателей напольных планок от режима склеивания: продолжительности прессования, толщины пакета шпона и температуры плит пресса. Установлено, что наибольшее влияние на целевую функцию оказывают продолжительность прессования и толщина пакета шпона.

4. Полученная модель в виде адекватного уравнения регрессии со значимыми коэффициентами позволяет выполнять технологические задачи по изготовлению напольных планок из березового лущеного шпона. Для получения планок максимальной прочности при статическом изгибе ($\sigma_{из} = 31,2$ МПа) в рамках варьируемых факторов наиболее оптимальным является следующий режим прессования: $\tau = 8$ мин, $S_{п} = 13,3$ мм, $T = 120$ °С.

Список источников

- Булгакова М. А. Формирование системы обеспечения экономической безопасности лесного комплекса России : дис. ... д-ра экон. наук / Булгакова Марина Александровна. СПб. : СПбГЭУ, 2021. 356 с.
- Вараксин В. В., Кошелева Н. А. Использование реструктурированного шпона (файн-лайн) для облицовывания щитов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». Екатеринбург, 2017. С. 60–62.
- Гагарин Ю. Н. Научный комментарий к стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года // Вопросы лесной науки. 2021. Т. 4, № 4. Ст. № 96.
- Куликов В. А. Производство фанеры. М. : Лесн. пром-сть, 1976. 340 с.
- Лукаш А. А., Лукутцова Н. П. Процессы комплексной переработки древесины мягких лиственных пород в композиционные материалы строительного назначения с улучшенными эксплуатационными свойствами. М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2021. 324 с.
- Максименко Д. М. Изготовление из древесины мягких лиственных пород декоративных пластин, имитирующих текстуру дуба // Актуальные вопросы техники, науки, технологии : сб. науч. тр. нац. конф. 13–15 февраля 2025 г. / под общ. ред. Т. Э. Сергутиной. Брянск : Брянск. гос. инж.-технол. ун-т, 2025. С. 179–182.
- Об утверждении стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 11.02.2021 г. № 312-р // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: <https://inlnk.ru/LAAVNO> (дата обращения: 12.09.2025).
- Пижурич А. А. Основы научных исследований в деревообработке. М. : МГУЛ, 2005. 304 с.
- Способ изготовления композиционных отделочных материалов из древесины лиственных пород / О. Н. Чернышев, А. А. Лукаш, В. А. Романов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 109–114.

- Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М. : МГУЛ, 2007. 340 с.
- Хуажев О. З. Формирование декоративных элементов мебели из древесины методом термопрессования : дис. ... д-ра техн. наук / Хуажев Олег Закиреевич. Воронеж, 2000. 293 с.
- Шамаев В. А., Скориданов Р. В., Постников В. В. Получение модифицированной древесины с высокими прочностными свойствами // Известия вузов. Лесной журнал. 2006. № 4. С. 78–83.
- Composite layered materials from soft hardwood species imitating oak structure / A. Lukash, E. Sivakova, O. Chernyshev [et al.] // E 3S Web Conf. Vol. 627. URL: <https://clav.usfeu.ru/handle/123456789/14486> (accessed 12.09.2025). DOI: 10.1051/e3sconf/202562705002

References

- Bulgakova M. A. Formation of the economic security system of the Russian forest complex : Dissertation. ... doct. economy. Sciences / Bulgakova Marina Alexandrovna. St. Petersburg : SPbSUE, 2021. 356 p.
- Composite layered materials from soft hardwood species imitating oak structure / A. Lukash, E. Sivakova, O. Chernyshev [et al.] // E 3S Web Conf. Vol. 627. URL: <https://clav.usfeu.ru/handle/123456789/14486> (accessed 12.09.2025). DOI: 10.1051/e3sconf/202562705002
- Gagarin Yu. N. Scientific commentary on the development strategy of the forest complex of the Russian Federation until 2030 // Issues of Forest Science. 2021. Vol. 4, № 4. Article № 96. (In Russ.)
- Khuazhev O. Z. The formation of decorative elements of furniture made of wood by thermal pressing : dis. ... doct. Technical Sciences / Oleg Zakireevich Khuazhev. Voronezh, 2000. 293 p.
- Kulikov V. A. Plywood production. Moscow : Forest Industry, 1976. 340 p.
- Lukash A. A., Lukutsova N. P. The processes of complex processing of soft hardwood into composite materials for construction purposes with improved performance properties. Moscow ; Berlin : Direct-Media, 2021. 324 p.
- Maksimenko D. M. Production of decorative plates from soft hardwood that mimic the texture of oak // Actual issues of engineering, science, technology : collection of scientific papers of the national conference on February 13–15, 2025 / Under the general editorship of T. E. Sergutina. Bryansk : Bryansk State Technological University of Engineering, 2025. P. 179–182. (In Russ.)
- Improving the technology of cabinet furniture with volumetric profile facades / O. N. Chernyshev, A. A. Lukash, V. A. Romanov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 109–114. (In Russ.)
- Shamaev V. A., Skoridanov R. V., Postnikov V. V. Obtaining modified wood with high strength properties // News of the universities. Forest Journal. 2006. № 4. P. 78–83. (In Russ.)
- On approval of the strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation until 2030 : Decree of the Government of the Russian Federation dated 11.02.2021 № 312-R // KonsultantPlus : [website]. URL: <https://inlnk.ru/LAAVNO> (accessed 12.09.25).
- Pyzhurin A. A. Fundamentals of scientific research in woodworking. Moscow : MGUL, 2005. 304 p.
- Ugolev B. N. Wood science with the basics of forest commodity science : textbook for universities. 3rd ed., reprint. and add. Moscow : MGUL, 2007. 340 p.
- Varaksin V. V., Kosheleva N. A. The use of restructured veneer (fine-line) for cladding shields // Scientific creativity of youth – the forest complex of Russia : mater. XIII All-Russian Scientific and Technical conference of students and postgraduates and the Umnik program competition. Yekaterinburg, 2017. P. 60–62. (In Russ.)

Информация об авторах

Александр Андреевич Лукаш – доктор технических наук, профессор,
mr.luckasch@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5675-6304>

Алексей Алексеевич Пыкин – кандидат технических наук, доцент,
alexem87@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1369-4884>

Виктор Александрович Романов – кандидат технических наук, доцент,
vromanov62@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1794-7956>

Дмитрий Максимович Максименко – аспирант,
ttazikofficial@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0009-7342-5687>

Олег Николаевич Чернышев – кандидат технических наук, доцент.
chernyshevon@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9396-1246>

Information about the authors

Alexander A. Lukash – Doctor of Technical Sciences, Professor,
mr.luckasch@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5675-6304>

Alexey A. Pykin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
mr.luckasch@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5675-6304>

Victor A. Romanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
alexem87@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1369-4884>

Dmitry M. Maksimenko – postgraduate student,
ttazikofficial@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0009-7342-5687>

Oleg N. Chernyshev – candidate of technical sciences, associate professor.
chernyshevon@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9396-1246>

Статья поступила в редакцию 19.11.2025; принята к публикации 20.12.2025.

The article was submitted 19.11.2025; accepted for publication 20.12.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 154–162.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 154–162.

Научная статья

УДК 630*182

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.017

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ

Н. Н. Теринов¹, В. В. Побединский², Э. Ф. Герц³, А. В. Мехренцев⁴,
М. М. Ляхова⁵, Г. Г. Терехов⁶

²⁻⁵ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

^{1,6} Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Николай Николаевич Теринов,

n_n_terinov@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена проблеме восстановления темнохвойных лесов. Одно из направлений ее решения – прогнозирование процесса лесообразования на основе имитационного моделирования. Изложены первые этапы создания имитационной модели по прогнозированию процесса лесообразования в темнохвойных лесах. Модель базируется на теории последовательности восстановительно-возрастных смен древесной растительности Ивашкевича – Колесникова. Установлено, что наиболее перспективным направлением для восстановления темнохвойных лесов является формирование коротко-производных насаждений, которые обладают наиболее высоким демутационным потенциалом по отношению к длительно-производным. Характеризуются такие насаждения доминированием коренной древесной породы в составе верхнего яруса древостоя или в случае формирования производного мягколиственного насаждения она «обильно представлена в подросте». В первом случае восстановление темнохвойного насаждения происходит без смены пород, во втором случае – через одно поколение временно преобладающих некоренных пород (первично-производное насаждение). Естественный процесс формирования темнохвойных насаждений в рамках каждого направления лесообразования по коротко-производному типу сопровождается и ускоряется своим комплексом хозяйственных мероприятий и прежде всего своей системой рубок. Эти мероприятия являются обязательным элементом при создании имитационной модели лесообразовательного процесса в темнохвойных лесах. Моделирование такого сложного объекта целесообразно производить путем разделения на отдельные подсистемы или блоки. Таким образом, целью исследования являлась разработка первой части алгоритма имитационной модели процесса лесообразования в темнохвойных лесах с учетом хозяйственных мероприятий. Решались следующие задачи: 1) обоснование теоретической части процесса лесообразования темнохвойных лесонасаждений; 2) разработка общей схемы лесообразовательного процесса; 3) разработка первой части алгоритма лесообразовательного процесса темнохвойных лесонасаждений. Результатами работы является алгоритм первого блока модели лесообразовательного процесса темнохвойных насаждений, предназначенный для его

компьютерной реализации. Развитие предложенного алгоритма с использованием материалов лесоустройства позволит создать систему цифрового прототипирования лесообразовательного процесса.

Ключевые слова: цифровые технологии, лесообразовательный процесс, моделирование, алгоритм процесса лесообразования

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Ботанический Сад УрО РАН», № гос.регистрации 123112700125-1.

Для цитирования: Разработка имитационной модели лесообразовательного процесса в темных хвойных лесах // Н. Н. Теринов, В. В. Побединский, Э. Ф. Герц [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 154–162.

Original article

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF THE FOREST FORMATION PROCESS IN THE DARK CONIFEROUS FORESTS

Nikolay N. Terinov¹, Vladimir V. Pobedinsky², Eduard F. Gerts³,
Andrey V. Mekhrentsev⁴, M. M. Lyakhova⁵, G. G. Terekhov⁶

²⁻⁵ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

^{1,6} Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Nikolay N. Terinov,

n_n_terminov@mail.ru

Abstract. The work is devoted to the problem of restoration of dark coniferous forests. One of the directions for its solution is forecasting the process of forest formation based on simulation modeling. The first stages of creating a simulation model for predicting the process of forest formation in dark coniferous forests are described. The model is based on the Ivashkevich-Kolesnikov theory of the sequence of restorative-age changes of woody vegetation. It has been established that the most promising direction for the restoration of dark coniferous forests is the formation of short-derived plantations, which have the highest demutation potential in relation to long-term derivatives. Such plantations are characterized by the dominance of the indigenous wood species in the upper tier of the forest stand, or in the case of the formation of a derivative soft-leaved plantation, it is “abundantly represented in the undergrowth”. In the first case, the restoration of a dark coniferous plantation occurs without changing species, in the second case – after one generation of temporarily predominant non-indigenous species (primary – derivative plantation). The natural process of formation of dark coniferous plantations within each direction of forest formation of the short-derived type is accompanied and accelerated by its own set of economic measures and, first of all, its own system of cutting. These measures are an indispensable element in the creation of a simulation model of the forest formation process in dark coniferous forests. Modeling of such a complex object belongs to the class of modeling large systems, which will be most accessible by dividing it into separate subsystems or blocks. Thus, the purpose of the research was to develop the first part of the algorithm of the simulation model of the process of forest formation in dark coniferous forests, taking into account economic measures. The following tasks were solved: 1) substantiation of the theoretical part of the process of forest formation of dark coniferous forest plantations; 2) development of a general scheme of the forest formation process; 3) development of the

first part of the algorithm of the forest formation process of dark coniferous forests. The results of the work are the algorithm of the first block of the model of the forest formation process of dark coniferous plantations, designed for its computer implementation. The development of the proposed algorithm using forest inventory materials will create a system for digital prototyping of the forest formation process.

Keywords: digital technologies, forest formation process, modeling, forest formation process algorithm

Funding: the research was carried out within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. State registration number 123112700125-1.

For citation: Development of a simulation model of the forest formation process in the dark coniferous forests / N. N. Terinov, V. V. Pobedinsky, E. F. Gerts [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 154–162.

Введение

Современные исследования и управление производственными процессами различного уровня тесно связаны с использованием современных технических средств и цифровых технологий. Это космическое зондирование земной поверхности, использование беспилотных наземных, водных и летательных средств, обработка больших объемов данных и т. д. Все это начинает активно использоваться в лесной отрасли, начиная с учетных и проектных работ до отвода лесосек в рубку, подготовку и сопровождение необходимой документации. На сегодняшний день накоплен значительный теоретический и экспериментальный материал, который реализован в правовых актах по ведению лесного хозяйства и эксплуатации лесов. Прогноз развития лесных насаждений и достижение планируемого результата в средне- и долгосрочной перспективе с учетом хозяйственных мероприятий является следующим шагом развития цифровых технологий в управлении лесами. С учетом значительного объема исследований по вопросу прогнозирования лесообразовательного процесса, его цифрового прототипирования предполагается решить отдельную часть такой проблемы на примере темнохвойных насаждений.

Цель, задачи, методы и средства исследований

Целью исследования являлась разработка первой части алгоритма имитационной модели процесса лесообразования в темнохвойных лесах с учетом хозяйственных мероприятий.

Для достижения цели решались следующие задачи.

1. Обоснование теоретической части процесса лесообразования темнохвойных лесонасаждений.
2. Разработка общей схемы лесообразовательного процесса.
3. Разработка первой части алгоритма лесообразовательного процесса темнохвойных лесонасаждений.

В работе использованы теория последовательности восстановительно-возрастных смен древесной растительности Ивашкевича – Колесникова, теория алгоритмов и программ, программа Microsoft Office Visio.

Результаты и их обсуждение

Согласно генетической типологии Ивашкевича – Колесникова при нарушении естественного хода лесообразовательного процесса в результате рубки, пожара, ветровала восстановление условно-коренных лесов происходит через последовательность восстановительно-возрастных смен древесной растительности (Колесников и др., 1973). Реализуется этот процесс через формирование коротко- или длительно-производных насаждений. Первые являются наиболее перспективным и по отношению ко вторым обладают наиболее высоким демутационным потенциалом (Восстановление..., 2020). Характеризуются такие насаждения доминированием коренной древесной породы в составе верхнего яруса древостоя, а в случае образования производного лиственного насаждения она «обильно представлена в подросте».

В любом случае формирование древостоя с преобладанием коренной древесной породы обеспечивается за период жизни одного ее поколения.

Таким образом, мы имеем два перспективных направления формирования условно-коренных насаждений в рамках процесса лесообразования по коротко-производному типу: без смены пород и формирование условно-коренного насаждения через преобладание одного поколения некоренной древесной породы в верхнем ярусе древостоя или через первично-производное насаждение (рис. 1).

Каждое направление сопровождается своим комплексом хозяйственных мероприятий. При участии в верхнем ярусе молодняка или средневозрастного древостоя четырех и более единиц хвойных пород (рис. 1, *a*), согласно действующим нормативным документам, осуществляется

комплекс рубок ухода. При формировании производного лиственного насаждения (рис. 1, *б*) на месте еловых насаждений с меньшим участием хвойных пород в верхнем ярусе и наличием 1,0–1,5 тыс. экз./га и более подроста последующей генерации (Исаева, 1984) разработан цикл рубок трансформации (Теринов, 2013). Эти перспективные направления с сопровождающими их хозяйственными мероприятиями явились основой для моделирования лесообразовательного процесса в темнохвойных лесах. Сам процесс моделирования заключается в прогнозировании процесса развития насаждения в зависимости от вероятностных переходов между блоками, т. е. состояниями насаждения. Первым шагом в этом направлении явилось создание графической информационно-модели в виде схемы, дающей

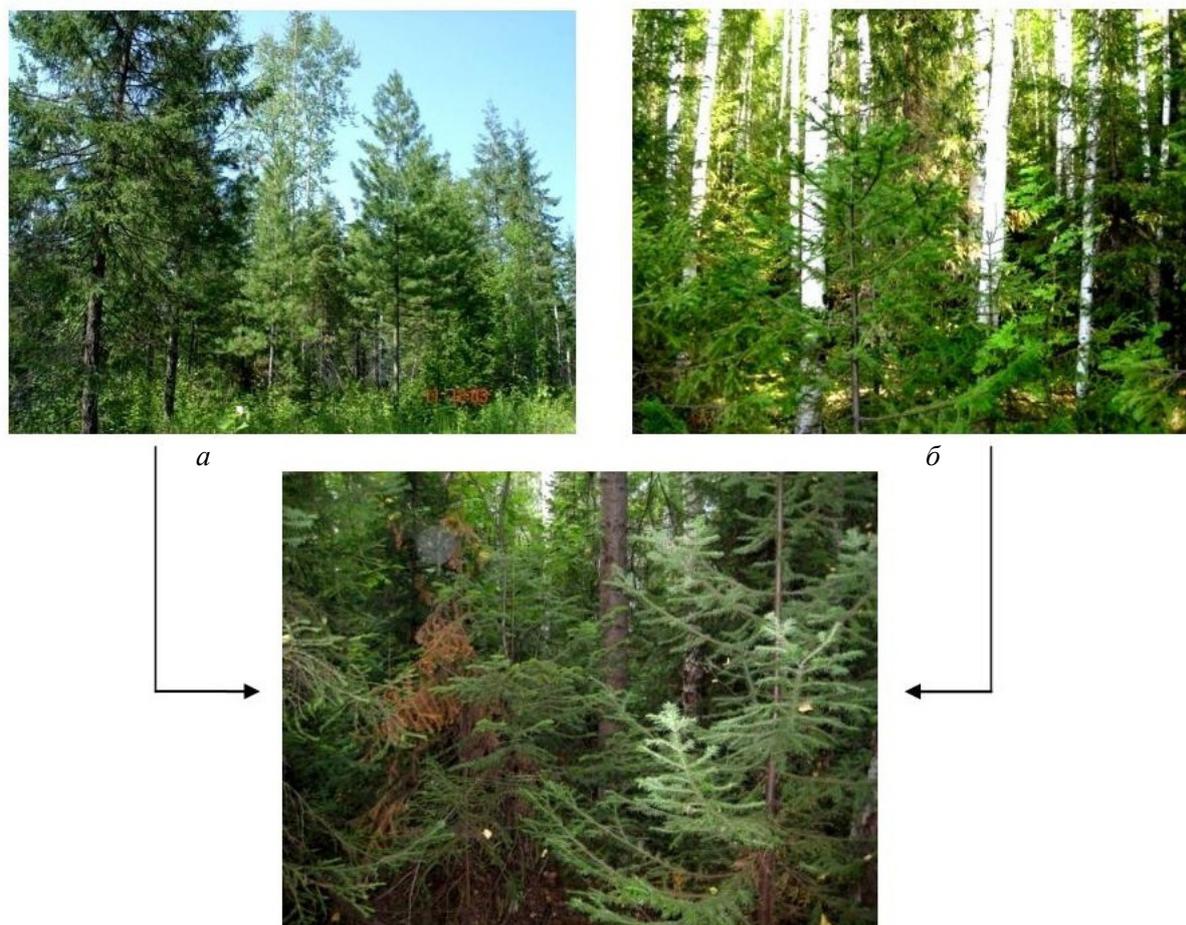


Рис. 1. Формирование темнохвойного насаждения при коротко-производном типе лесообразования:

a – без смены пород, *б* – через первично-производное насаждение

Fig. 1. Formation of dark coniferous plantations with a short-derivative type of forest formation:

a – without changing species, *б* – through a primary-derivative plantation

самое общее понятие о процессе (рис. 2). Схема представляет собой матрицу и состоит из блоков, в одних из которых прописаны параметры состояния древостоя, в других – хозяйственные мероприятия. Каждый блок обозначен первой цифрой и соответствует направлению лесообразования: цифра 1 – без смены пород, цифра 2 – через первично-производное лиственное насаждение (темный фон). Пунктирной линией обозначено нежелательное направление лесообразовательного процесса. Первое направление характеризуется преобладанием или равным участием в составе древостоя хвойных пород, т. е. пяти и более единиц. На начальных возрастных этапах древостоя допускается участие в его составе четырех единиц хвойных пород (позиции х.1.1, х.1.2, х.1.3). Есть вероятность, что в этом случае равное участие или преобладание хвойных пород в составе древостоя может быть достигнуто естественным способом (Исаева, 1975, Синельщиков, 1966). Соответственно, при втором направлении участие хвойных пород в составе древостоя составляет три и менее единицы. Вторая цифра соответствует классу возраста древостоя: для первого направления интервал между классами возраста составляет 20 лет, для второго направления – 10 лет. Каждая прямоугольная ячейка матрицы является платформой, где, кроме соотношения древесных пород, записаны и некоторые другие таксационные характеристики древостоя: относительная полнота, наличие подроста или деревьев более старшего возраста, находящихся в нижнем ярусе древостоя. При совпадении таксационной характеристики участка (выдела) с записанной в матрице открывается полная картина развития темнохвойного насаждения с сопровождающими этот процесс мероприятиями (обозначено овалом). Их своевременное и качественное выполнение обеспечивает высокую вероятность формирования производительных древостоев и восстановления и сохранения темнохвойных лесов. Например, позиция 1.6.2 соответствует спелому древостою шестого класса возраста (101–120 лет) с преобладанием хвойных пород в его составе и наличием подроста в нижнем ярусе. Такое состояние предполагает равномерно- или группово-

постепенную рубку (овал – позиция 1.6.2), после которой с высокой долей вероятности сформируется чистый или с преобладанием хвойных пород молодняк (переход на позицию 1.2). Другой пример: выполнение цикла рубок трансформации (позиции 2.3–2.6) позволяет не только практически исключить повторное формирование производного лиственного насаждения (вторично-производное насаждение), но и системой рубок трансформации сформировать темнохвойный молодняк или средневозрастной древостой минимум на 10–15 лет раньше, чем при существующих методах ведения лесного хозяйства (Теринов, 2024).

Для создания алгоритма лесообразовательного процесса необходим более детализированный вариант представленной схемы. Эта задача реализована в программе Microsoft Office Visio пока только для первого блока. Ее фрагмент показан на рис. 3. Из рис. 3 следует, что в этот блок (за некоторым исключением) попадают участки с равным участием или преобладанием хвойных пород (в схеме – хв) в составе древостоя. Далее идет их распределение по классам возраста и полноте. В зависимости от этих параметров назначаются соответствующие рубки ухода за лесом.

Начиная с приспевающих и спелых древостоев, в матрицу дополнительно вводятся данные по наличию подроста, его количеству и размещению по площади. Эти характеристики определяют хозяйственные мероприятия, от проведения которых будет зависеть дальнейшее направление процесса лесообразования.

Предлагаемая версия схемы лесообразовательного процесса в темнохвойных лесах и создаваемый на ее основе алгоритм и далее прототип имитационной модели предполагают некоторые ограничения. Прежде всего это касается показателя производительности древостоя и лесорастительных условий – гидрологического режима почвы и ее мощности. С точки зрения экономической целесообразности и сохранения природной среды нет необходимости в вырубке низкобонитетных древостоев на каменистых почвах и проведении выборочных рубок в сырых и мокрых условиях лесопроизрастания.

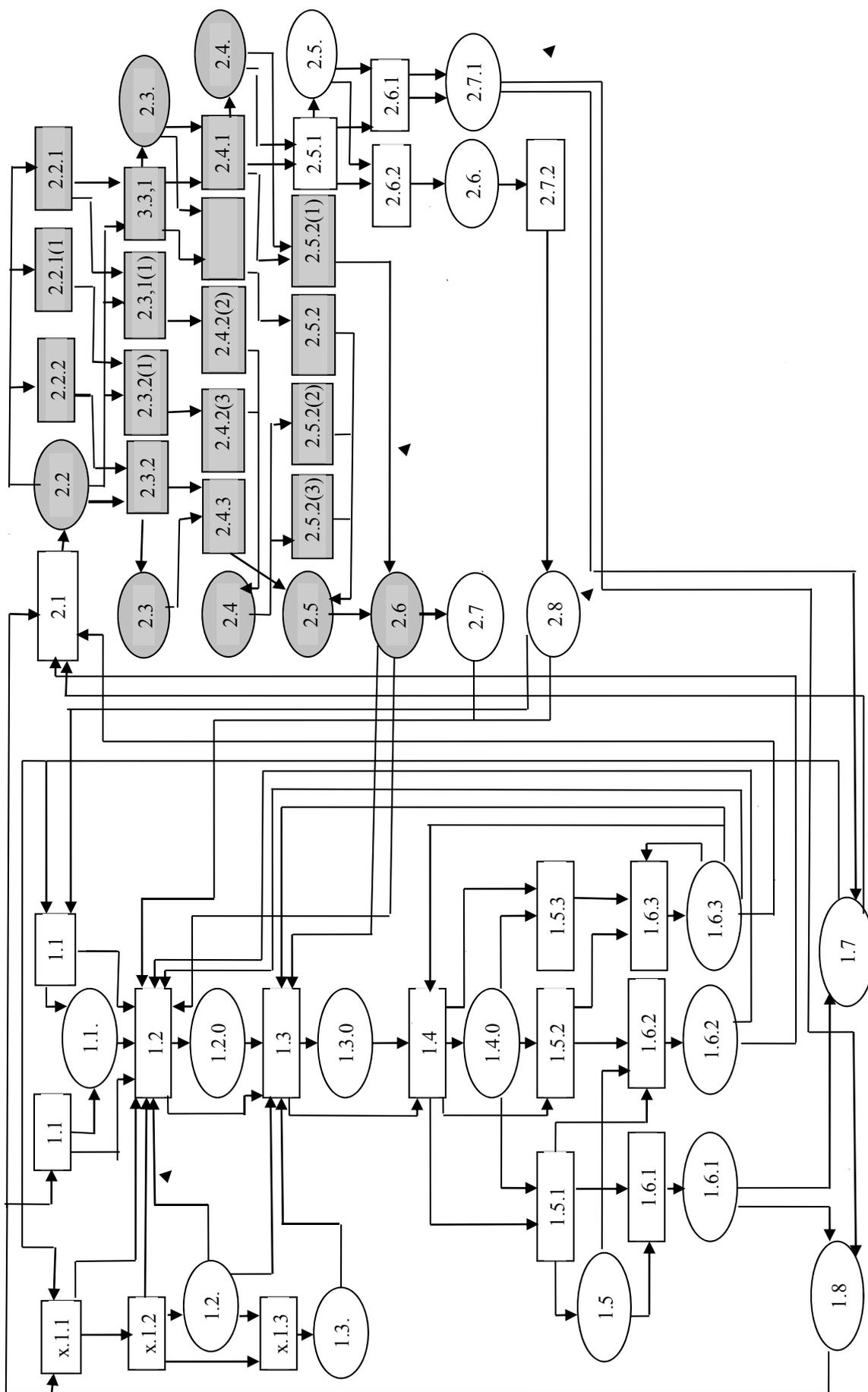


Рис. 2. Схема формирования темнохвойных насаждений
Fig. 2. Scheme of the dark coniferous plantation formation

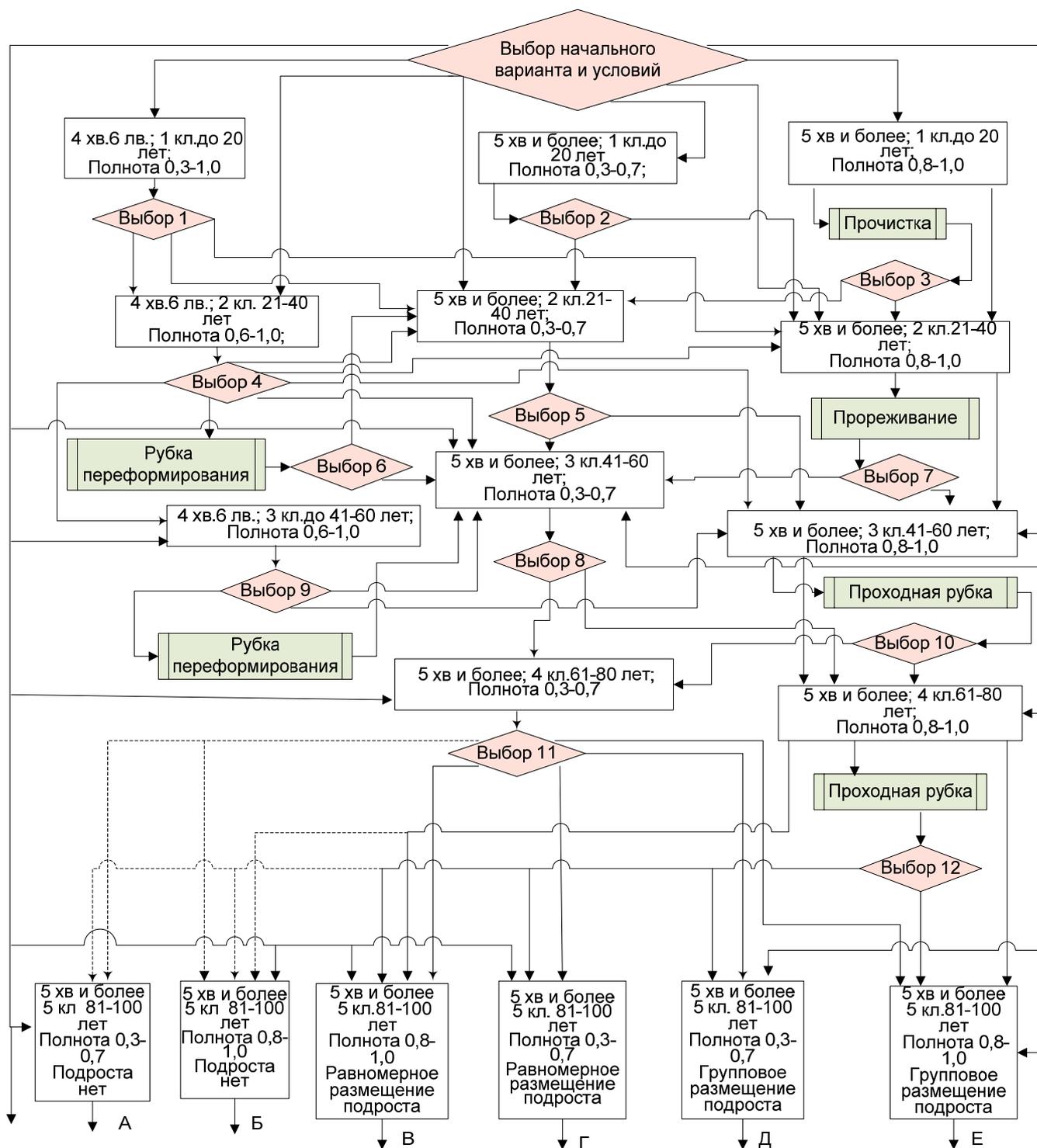


Рис. 3. Фрагмент первого блока алгоритма лесообразовательного процесса при доминировании в составе верхнего яруса древостоя темнохвойных пород
 Fig. 3. Fragment of the first block of the forest formation process algorithm with the dominance of dark coniferous species in the upper story of the forest stand

Для дальнейшего развития алгоритма и в конечном итоге создания цифрового прототипа лесообразовательного процесса в темнохвойных лесах необходима интеграция с материалами лесоустройства, выполненными в цифровом формате. Например, таксационные описания лесных участков (выделов) предоставляются на бумажном носителе и дублируются в электронном виде в программе Excel. Этот электронный ресурс позволяет группировать таксационные выделы по определенным показателям и использовать их напрямую в качестве входных параметров.

Выводы

1. Предложенная схема лесообразовательного процесса в темнохвойных лесах с учетом лесохозяйственных мероприятий разработана на основе известных теоретических положений.
2. Созданный алгоритм первого блока схемы предназначен для цифрового прототипирования лесообразовательного процесса темнохвойных насаждений.
3. На основе метода имитационного моделирования, современных программ и возможности компьютерной техники, материалов лесоустройства система ведения лесного хозяйства может быть поднята на новый уровень.

Список источников

- Восстановление еловых лесов: теория, отечественный опыт и методы решения / *Н. Н. Теринов, Е. М. Андреева, С. В. Залесов* [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. 2020. № 3. С. 9–23. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-9-2
- Исаева Р. П.* Особенности формирования молодняков на сплошных концентрированных вырубках в темнохвойных лесах // Леса Урала и хозяйство в них. 1975. № 8. С. 59–69.
- Исаева Р. П.* Рекомендации по ведению лесного хозяйства на зонально-типологической основе в лесах Свердловской области. Пушкино : ВНИИЛМ, 1984. 56 с.
- Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П.* Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1973. 275 с.
- Синельщиков Р. Г.* Развитие лесов, формирующихся на еловых вырубках Среднего Урала // Лесное хозяйство. 1966. № 4. С. 24–27.
- Теринов Н. Н.* Метод восстановления темнохвойных лесов // Лесное хозяйство на современном этапе. Новые технологии и научные решения : сб. ст., посвящ. 90-летию Всерос. науч.-исслед. ин-та лесоводства и механизации лесн. хоз-ва. Пушкино : ВНИИЛМ, 2024. С. 62–68.
- Теринов Н. Н.* Метод формирования темнохвойных насаждений // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2013. № 1. С. 64–71.

References

- Isaeva R. P.* Features of the young forests formation in clear concentrated cutting in dark coniferous forests // Forests of the Urals and economy in them. 1975. № 8. P. 59–69. (In Russ.)
- Isaeva R. P.* Forest management recommendations on a zonal-typological basis in the forests of the Sverdlovsk region. Pushkino : ARRIFM, 1984. 56 p.
- Kolesnikov B. P., Zubareva R. S., Smolonogov E. P.* Forest Site Conditions and Forest Types in Sverdlovsk Region. Sverdlovsk : Ural Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1973. 275 p.
- Restoration of Spruce Forests : Theory, National Practice and Problem Solving / *N. N. Terinov, E. M. Andreeva, S. V. Zalesov* [et al.] // News of universities. Forest journal. 2020. № 3. P. 9–23. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-9-2 (In Russ.)

- Sinelshchikov R. G.* Forests development forming in spruce cleared areas in the Middle Urals // *Forestry*. 1966. № 4. P. 24–27. (In Russ.)
- Terinov N. N.* Method of restoration of dark coniferous forests // *Forestry at current stage. New technologies and research solutions : collected papers dedicated to 90-th anniversary of the Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry*. Pushkino : ARRIFFM, 2024. P. 62–68. (In Russ.)
- Terinov N. N.* The Method of Formation of Dark-Coniferous Forest Stands // *Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry*. 2013. № 1. P. 64–71. (In Russ.)

Информация об авторах

Николай Николаевич Теринов – доктор сельскохозяйственных наук,

n_n_terminov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5936-208X>

Владимир Васильевич Побединский – доктор технических наук, профессор,

pobedinskyvv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6318-3447>

Эдуард Федорович Герц – доктор технических наук, доцент,

gerz.e@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0434-7282>

Андрей Вениаминович Мехрентцев – кандидат технических наук, доцент,

mehrentsev@yandex.ru; <https://orsid.org/0000-0002-2186-0152>

Марина Марселевна Ляхова – аспирант,

2273397@inbox.ru

Геннадий Григорьевич Терехов – доктор сельскохозяйственных наук.

terekhov_g_g@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2312-9224>

Information about the authors

Nikolay N. Terinov – Doctor of Agricultural Sciences,

n_n_terminov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5936-208X>

Vladimir V. Pobedinskiy – Doctor of Technical Sciences, Professor,

pobedinskyvv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6318-3447>

Edward F. Gerts – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

gerz.e@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0434-7282>

Andrey V. Mekhrentsev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

mehrentsev@yandex.ru; <https://orsid.org/0000-0002-2186-0152>

Marina M. Lyakhova – postgraduate student,

2273397@inbox.ru

Gennady G. Terekhov – Doctor of Agricultural Sciences.

terekhov_g_g@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2312-9224>

Статья поступила в редакцию 01.08.2025; принята к публикации 25.11.2025.

The article was submitted 01.08.2025; accepted for publication 25.11.2025.



Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 163–168.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 163–168.

Обзорная статья

УДК 674.039

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.018

МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ: МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ

Матвей Сергеевич Чекасин¹, Ирина Валерьевна Яцун²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

¹ chekasin01gto10v@gmail.com

² yatsuniv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3195-2410>

Аннотация. В статье приводится анализ различных методов модификации древесины с акцентом на их преимущества и недостатки. Рассматриваются физико-механические свойства древесины, полученные в результате ее модифицирования, а также области потенциального применения получаемых материалов. Особое внимание уделяется технологическим аспектам и научным обоснованиям, лежащим в основе каждого из описанных методов модифицирования. По результатам проведенного обзора сделан вывод о том, что наиболее эффективным способом модифицирования древесины является механохимический, сочетающий в себе несколько технологических операций и позволяющий повысить как физико-механические показатели, так и эстетические свойства древесины. Предлагается провести эксперименты по модифицированию древесины разными комбинациями известных способов, что предположительно должно дать результаты, на которые можно будет опереться в процессе дальнейших исследований. В связи с тем, что в настоящее время отсутствуют четкие данные о резонансных свойствах модифицированной древесины, предлагается провести исследования еще и в этом направлении.

Ключевые слова: способы модификации древесины, модифицирование древесины, химическая модификация древесины, термическая модификация древесины, механохимическое модифицирование

Для цитирования: Чекасин М. С., Яцун И. В. Модификация древесины: методы и подходы // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 163–168.

Review article

WOOD MODIFICATION: METHODS AND APPROACHES

Matvey S. Chekasin¹, Irina V. Yatsun²

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

¹ chekasin01gto10v@gmail.com

² yatsuniv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3195-2410>

Abstract. The article provides an analysis of various methods of wood modification, focusing on their advantages and disadvantages. It examines the physical and mechanical properties of wood obtained through modification, as well as the potential applications of the resulting materials.

Special attention is given to the technological aspects and scientific foundations underlying each of the described modification methods. Based on the results of the review, it was concluded that the most effective method of wood modification is the mechanochemical method, which combines several technological operations and allows for the improvement of both the physical and mechanical properties and the aesthetic qualities of wood. It is proposed to conduct experiments on wood modification using different combinations of known methods, which should provide results that can be used as a basis for further research. However, due to the lack of clear data on the resonance properties of wood, further research is needed.

Keywords: wood modification methods, wood modification, chemical modification of wood, thermal modification of wood, mechanochemical modification

For citation: Chekasin M. S., Yatsun I. V. Wood modification: methods and approaches // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 163–168.

Введение

Российская Федерация занимает второе место в мире по запасам древесины после Бразилии. В лесах нашей страны находится значительная часть мировых древесных запасов, причем особое значение имеют хвойные породы, порядка 75 %, доля лиственных пород составляет около 25 %, причем из них 20 % приходится на мягколиственные (осина, липа, ольха, береза) и всего 5 % – на твердолиственные породы, такие как дуб, бук, граб, ясень и др. Как известно, древесина мягколиственных пород значительно уступает по своим физико-механическим свойствам древесине твердолиственных пород. В связи с этим древесина мягколиственных пород менее востребована в деревоперерабатывающей промышленности (Николин и др., 2012).

В России давно обсуждается вопрос эффективного использования древесины мягколиственных пород. В настоящее время важно улучшить их свойства, для того чтобы они могли заменить более дорогую древесину твердых пород. Это увеличит спрос на мягколиственные материалы и расширит их применение в производстве.

Анализ российского и мирового опыта показывает, что решить эту задачу можно с помощью технологии модифицирования древесины. Модифицирование древесины – это процесс направленного изменения физико-механических, теплофизических, триботехнических, биохимических, огнезащитных свойств древесины применительно к условиям эксплуатации изделий из нее (ГОСТ 23944–80).

В настоящее время разработано много способов улучшения свойств древесины. Основными среди них являются термомодификация, химическая модификация и механохимическое модифицирование. Рассмотрим подробно каждый из них.

Термомодификация является самым экологичным способом модифицирования древесины (рис. 1). Она проводится при высокой температуре в диапазоне от 140 до 220 °С в специальных камерах. Внешний вид образцов древесины после обработки данным методом представлен на рис. 2.

Механизм термомодификации работает следующим образом: в результате теплового воздействия в древесных материалах происходят реакции деструкции компонентов древесины (гемицеллюлозы, лигнина, целлюлозы).

Термохимическая устойчивость составных частей древесины неодинакова. Быстрее всего разрушаются пентозаны (наиболее устойчив лигнин), наименее термостойким компонентом, судя по температуре начала потери массы, является ксилан, а наиболее термостойкой – целлюлоза. Лигнин занимает промежуточное положение, так как уже в момент его плавления (при температуре 180 °С) в нем происходят конденсационные превращения, а при температуре выше 200 °С начинается деструкция с образованием летучих веществ. Одним из основных компонентов гемицеллюлоз является ксилан. В ксилане по мере повышения температуры уменьшается доля высомолекулярной фракции и увеличивается доля низкомолекулярной. Исследование термохимической деструкции ксилана березовой древесины при низких температурах (155 и 175 °С)



Рис. 1. Термомодификация древесины
Fig. 1. Thermal modification of wood

показало, что уже при этих температурах отмечаются изменение макромолекулы ксилана вследствие разрыва гликозидных связей в отдельных ослабленных местах и нарушение межмолекулярных ассоциированных связей с образованием олигосахаридов со свободными редуцирующими группами без глубокого разрушения вещества.

Область, в пределах которой происходит снижение степени полимеризации, а потеря массы идет с незначительной скоростью, можно приблизительно ограничить температурами 140–220 °С. Бурный распад целлюлозы с интенсивной потерей массы начинается при температуре около 270–280 °С. Этим объясняется максимальная температура термомодификации древесных материалов, не превышающая 250 °С.

Различные способы температурного воздействия (вакуум-кондуктивный метод, нагрев топочными газами, водяным паром, в органических жидкостях) на широкий ассортимент древесных материалов (пиломатериалы, шпон, измельченные древесные частицы) обусловили развитие новых технологий и аппаратных оформлений процесса термомодификации (Термомодификация..., 2014).

В результате термомодифицирования древесины:

- снижается равновесная влажность за счет изменения химического состава клеток древесины, так как поглощается меньшее количество воды стенками клеток;



Рис. 2. Образцы термомодифицированной древесины
Fig. 2. Samples of thermally modified wood

- повышается устойчивость к биологическому поражению за счет снижения возможности образования поли- и моносахаридов, являющихся питательной средой для развития дереворазрушающих грибов;

- повышается стабильность размеров за счет снижения гигроскопичности древесины.

Химическая модификация древесины осуществляется разными методами, такими как ацилирование, алкилирование, карбоксиметилирование, бензилирование, цианэтилирование, фурфуляция, взаимодействие с изоцианатами, эпоксидами этилена, пропилена, бутилена, эпихлоргидрином и формальдегидом, обработкой различными полимерами (Базарнова и др., 2004). Подробно остановимся на методах ацитилирования и фурфуляции древесины.

Ацетилирование древесины – это метод обработки, при котором гидроксильные группы целлюлозы и лигнина взаимодействуют с ангидридом уксусной кислоты. В результате этерификации гидроксильных групп происходит гидрофобизация древесины (Ацетилирование древесины, 2025).

Технологический процесс ацетилирования древесины состоит из нескольких стадий. Вначале древесина влажностью от 8 до 10 % погружается в емкость с раствором уксусной кислоты. На втором этапе происходит повышение давления в емкости от 0,2 до 2 МПа в течение 300 мин. На третьей стадии удаляется избыток ацетилирующей жидкости. Четвертой стадией является введение

флюида до тех пор, пока не начнется экзотермический процесс. Для эффективности реакции необходимо поддерживать температуру на уровне не ниже 180 °С. Заключительный этап процесса сводится к выпариванию флюида в условиях вакуума, что способствует завершению химических превращений и получению продукта с заданными характеристиками.

Ацелирование древесины приводит к ряду значительных повышений показателей свойств: стойкость и стабильность размеров, повышение устойчивости к воздействию ультрафиолетового излучения, изменение оттенка цвета (в зависимости от породы древесины), что положительно влияет на эстетические и декоративные свойства древесины. Внешний вид образца ацелированной древесины представлен на рис. 3 (Ацелирование древесины, 2025). Такая древесина применяется не только в декоративных целях, но и в серьезных инженерно-строительных проектах. На рис. 4 представлен деревянный мост, изготовленный из клееного соснового ацелированного бруса (Нидерланды).

Фурфуляция древесины – это метод пропитки древесины в вакууме фурфуроловым спиртом с последующими консервацией и сушкой, в результате чего внутри структуры древесины образуется фурановый полимер. Этот способ является зарубежной разработкой и с 2004 г. активно используется компанией Kebony (Норвегия).



Рис. 3. Внешний вид образца ацелированной древесины
Fig. 3. Appearance of an acetylated wood sample

Данный процесс состоит из нескольких этапов. На первом этапе происходит пропитка заготовок фурфуроловым спиртом под давлением от 0,01 до 1,3 МПа, за счет чего протекает реакция полимеризации спирта. На втором этапе полученные заготовки высушиваются в вакуумных сушильных камерах и консервируются. Конденсат, образовавшийся при этом, собирается и используется повторно как разбавитель пропитываемой жидкости (Термическая и химическая модификация..., 2025). В конечном результате древесина получает более высокую прочность, биостойкость, становится формостабильной и приобретает покрытие битумного цвета.

Механохимическое модифицирование древесины. Этот процесс заключается в пропитке древесины модификаторами (преимущественно на основе карбамида, аммиака) с последующей термообработкой или прессованием и высушиванием при переменном давлении.

Модификатор – это вещество, способствующее улучшению свойств обрабатываемого материала (Галактионов и др., 2017). Модифицирование древесины методом прессования осуществляется за счет уменьшения объема материала путем механического воздействия. Этот процесс позволяет комплексно повысить прочностные свойства и износостойкость древесины (Шамаев, 2007). Существует два основных метода модифицированной древесины данным способом: это дестам и лигнамон.



Рис. 4. Мост, изготовленный из клееного соснового ацелированного бруса (Нидерланды)
Fig. 4. Bridge made of glued pine acetylated square log (the Netherlands)

Дестам (древесина, стабилизированная амидами) (Коротаев, Клименко, 1983) производят из древесины мягких лиственных пород, которая обрабатывается раствором мочевины концентрацией 30 % способом горяче-холодных ванн. Затем пропитанную древесину уплотняют и высушивают при температуре 100 °С с последующей высокотемпературной обработкой в течение 3–5 ч при температуре 170 °С. Такая обработка применяется для придания формоустойчивости древесине в условиях действия переменной влажности, а также повышения показателя предела прочности при статическом изгибе.

Лигнамон – это прессованная древесина, в которой в качестве пластификатора использован аммиак. Далее пластифицированную древесину уплотняют и высушивают под давлением 0,5–1,5 МПа в течение 40–120 ч (Коротаев, Клименко, 1983). В результате модифицирования происходит изменение цвета в зависимости от породы (в частности, дуб становится похожим на мореный дуб, береза приобретает оттенки ореха), выявляется и подчеркивается структура древесины, что повышает ее эстетические свойства. Самым важным моментом является то, что древесина, обработанная таким способом, приобретает повышенные прочностные характеристики.

Выводы

По результатам проведенного литературного обзора можно сделать следующие выводы.

1. Способы модифицирования древесины, рассмотренные в данной статье, в основном направлены на повышение таких физико-механических свойств, как прочность, плотность, формостабильность, биостойкость.

2. Наиболее эффективным способом модифицирования является механохимический способ, который сочетает в себе несколько процессов, позволяющих повысить физико-механические и эстетические свойства древесины. В то же время он является самым затратным по сравнению с химической модификацией и термомодификацией древесины.

3. В связи с широким спектром возможных способов модификации древесины представляется целесообразным провести исследования по модифицированию древесины мягколиственных пород (ольха, береза, осина, липа) с целью комплексного изучения их физико-механических характеристик.

4. Отдельно имеет смысл провести изучение резонансных свойств модифицированной древесины уже имеющимися способами, что даст более детальное описание изменения физических свойств.

Список источников

- Ацелирование древесины // Промышленные технологии : [сайт]. URL: <https://tehnology-pro.ru/acetilirovanie-drevesiny.html> (дата обращения: 25.09.2025).
- Базарнова Н. Г., Катраков И. Б., Маркин В. И. Химическое модифицирование древесины // Российский химический журнал. 2004. Т. XLVIII, № 3. С. 108–115.
- Галактионов О. Н., Хюнинен И. А., Давыдов Н. Б. Механохимическая модификация древесины // Научные исследования: теория, методика и практика : матер. III Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2017. Т. 1. С. 23–25.
- ГОСТ 23944–80. Древесина модифицированная. Термины и определения. URL: https://rosgosts.ru/file/gost/01/040/gost_23944-80.pdf (дата обращения: 25.09.2025).
- Коротаев Э. И., Клименко М. И. Использование мягкой лиственной древесины. М. : Лесн. пром-сть, 1983. 129 с.
- Николин М. Е., Шейкман Д. В., Кошелева Н. А. Улучшение эксплуатационных свойств мягколиственных пород древесины модифицированием // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. VIII Всерос. науч.-техн. конф. студ. и аспирантов и конкурса по программе «Умник». Екатеринбург, 2012. С. 260–262.

- Термическая и химическая модификация древесины // Леспроминформ : [сайт]. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1049> (дата обращения: 25.09.2025).
- Термомодификация древесных материалов / Д. Ф. Зиятдинова, Д. А. Ахметова, А. Л. Тимербаева, А. Р. Хабибуллина // Вестник Казанского технологического университета. 2014. С. 94–96.
- Шамаев В. А. Модифицирование древесины : учеб. пособие. Воронеж : ВГЛТА, 2007. С. 385.

References

- Acetylation of wood // Industrial Technology : [website]. URL: <https://tehnology-pro.ru/acetilirovanie-drevesiny.html> (accessed 25.09.2025).
- Bazarnova N. G., Katrakov I. B., Markin V. I. Chemical modification of wood // Russian Chemical Journal. Vol. XLVIII, № 3. P. 108–115. (In Russ.)
- Galaktionov O. N., Hunninen I. A., Davydov N. B. Mechanochemical modification of wood. Scientific research: theory, methodology and practice : Collection of materials of the III International Scientific and Practical conference. Cheboksary, 2017. P. 23–25. (In Russ.)
- GOST 23944–80. Modified wood. Terms and definitions. URL: https://rosgosts.ru/file/gost/01/040/gost_23944-80.pdf (accessed 25.09.2025).
- Nikolin M. E., Sheikman D. V., Kosheleva N. A. Improving the operational properties of soft-leaved wood species by modification // Scientific creativity of youth – to the Russian forest complex : Materials of the VIII All-Russian Scientific and Technical conference of students and postgraduates and the competition under the program “Umnik”. Yekaterinburg, 2012. P. 260–262. (In Russ.)
- Shamaev V. A. Modification of wood : study guide. Voronezh : VSUFT, 2007. 385 p.
- Thermal and chemical modification of wood // Lesprominform : [website]. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1049> (accessed 25.09.2025).
- Thermomodification of wood materials / D. F. Ziatdinova, D. A. Akhmetova, A. L. Timerbayeva, A. R. Khabibullina // Bulletin of Kazan Technological University. 2014. P. 94–96. (In Russ.)

Информация об авторах

- М. С. Чекасин – аспирант;*
И. В. Яцун – доктор технических наук, доцент.

Information about the authors

- M. S. Chekasin – Postgraduate Student;*
I. V. Yatsun – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 21.10.2025; принята к публикации 25.11.2025.
The article was submitted 21.10.2025; accepted for publication 25.11.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 169–186.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 169–186.

Научная статья

УДК 004.942/ 674.8

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.019

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗГРУЗКЕ БУНКЕРА

Владислав Олегович Цубикс¹, Сергей Николаевич Долматов²,
Анастасия Александровна Цубикс³

¹⁻³ Сибирский государственный университет науки и технологий
им. академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

¹ vladsubix@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8912-8006>

² pipinaskus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9297-3699>

³ ansob_1209@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-7756-1793>

Аннотация. Измельчение, фракционирование и хранение сыпучего сырья и готовой продукции является важной частью множества технологических процессов в различных отраслях промышленности, в том числе в деревопереработке. Актуальность темы обусловлена значительными объемами производства измельченной древесины, технологической щепы, древесных пеллет и необходимостью совершенствования процессов хранения и выгрузки продукции из бункеров. В работе исследован процесс выгрузки пеллет из технологического бункера. Были исследованы три варианта конструктивного исполнения бункеров с углами откоса стенок 40, 50 и 60°. Методология основана на применении компьютерного имитационного твердотельного моделирования в программном пакете Altair EDEM с обработкой результатов в виде статистического анализа в среде Statistica. В ходе работы установлены количественные зависимости между углом наклона стенок и выходными характеристиками выгрузки пеллет. Регрессионный анализ продемонстрировал высокую прогностическую способность моделей с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,95$ для скорости истечения и $R^2 = 0,93$ для показателя массы. Результаты показывают, что угол откоса в 40° обеспечивает наилучшие показатели и производительность до 34,9 т/ч при времени загрузки 1 ч 26 мин. Моделирование процесса истечения показало наличие заторов в бункере, что с течением времени приведет к снижению производительности. При увеличении угла до 60° наблюдается критическое снижение производительности на 43 %. Практическая значимость работы подтверждена расчетами, показывающими возможность сокращения времени операций на 35–45 % при использовании бункеров с углами 40–50° по сравнению с таковой в конструкции, имеющей угол наклона стенок в 60°. Разработанная методика позволяет оптимизировать параметры технологического оборудования для предприятий деревообрабатывающей отрасли без необходимости создания натуральных образцов. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании систем транспортировки сыпучих материалов на производственных объектах.

Ключевые слова: пеллеты, имитационное моделирование, метод дискретных элементов, угол откоса бункера, статистический анализ

Для цитирования: Цубикс В. О., Долматов С. Н., Цубикс А. А. Имитационное моделирование процесса движения сыпучих материалов при разгрузке бункера // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 169–186.

Original article

SIMULATION MODELING OF THE PROCESS OF BULK MATERIALS MOVEMENT DURING BUNKER UNLOADING

Vladislav O. Tsubiks¹, Sergey N. Dolmatov², Anastasia A. Tsubiks³

¹⁻³ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, Russia

¹ vladtsubix@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8912-8006>

² pipinaskus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9297-3699>

³ ansob_1209@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-7756-1793>

Abstract. The crushing, fractionation, and storage of bulk raw materials and finished products are essential components of many technological processes in various industries, including woodworking. The relevance of this topic is determined by the significant production volumes of crushed wood, process chips, and wood pellets, and the need to improve the processes of storing and unloading products from process bunkers. This paper examines the process of unloading pellets from a process bunker. Three bunkers design options with wall slope angles of 40°, 50°, and 60° were investigated. The methodology is based on the use of computer simulation solid modeling in the Altair EDEM software package, with the results processed through statistical analysis in the Statistica environment. During the course of the research, quantitative relationships were established between the wall slope angle and the output characteristics of pellet unloading. Regression analysis demonstrated the high predictive ability of the models, with a determination coefficient of $R^2 = 0,95$ for the flow rate and $R^2 = 0,93$ for the mass indicator. The results show that an angle of inclination of 40° provides the best performance, ensuring a productivity of up to 34,9 t/h with a loading time of 1 hour 26 minutes. Simulation of the outflow process revealed the presence of blockages in the bunker, which will lead to a decrease in productivity over time. Increasing the angle to 60°, a critical decrease in productivity of 43 % is observed. The practical significance of the research is confirmed by calculations demonstrating the possibility of reducing operating time by 35–45 % when using bunkers with angles of 40–50° compared to a design with a wall angle of 60°. The developed method allows for the optimization of process equipment parameters for enterprises in the woodworking industry without the need for creating full-scale samples. The obtained results can be used in the design of bulk material handling systems at industrial facilities.

Keywords: pellets, simulation modeling, discrete element method, bunker slope angle, statistical analysis

For citation: Tsubiks V. O., Dolmatov S. N., Tsubiks A. A. Simulation modeling of the process of bulk materials movement during bunker unloading // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 169–186.

Введение

Современной тенденцией в области заготовки, переработки и утилизации природных ресурсов является ESG-повестка. Экологические, соци-

альные и управленческие критерии (ESG) трансформируются из добровольного элемента корпоративной ответственности в норму и стандарт производственной деятельности развитых стран.

Можно сказать, что практически произошел переход от модели потребления в виде добыть – произвести – утилизировать к экономике замкнутого цикла с интенсивным использованием вторичных древесных ресурсов, развитием технологий рециклинга и полной утилизацией отходов лесопиления и деревообработки (кора, опилки, щепа) для производства биотоплива, биохимикатов и композиционных материалов. Наибольшие объемы древесной продукции из щепы и опилок приходятся на производство древесного топлива, а именно топливных гранул (пеллет). Несмотря на негативные явления, связанные с санкционным давлением и ограничением поставок российских пеллет на рынки Европы (Долматов, Гуляева, 2024), технология переработки древесных отходов на пеллеты продолжает быть перспективной.

Рост производства топливных гранул соответствует требованиям постепенного перехода к экономике биовозобновляемых ресурсов, что становится особенно актуальным в условиях острого мирового энергетического кризиса в настоящее время. По имеющимся данным, объем производства и импорта пеллет и топливных брикетов в Европе в 2023 г. составил 22 млн т (Производство и торговля..., 2025). Высокий спрос на пеллеты в ЕС обусловлен сложившейся экономической целесообразностью замены ископаемых видов топлива. Промышленные масштабы производства пеллет требуют совершенствования технологического процесса, его оптимизации и уменьшения издержек. Это особенно важно из-за снижения маржинальности производства и поставок пеллет.

Любое производство, связанное с хранением и перемещением сыпучих древесных частиц (например, щепы, пеллет, опилок) содержит в своем составе бункеры различного вида и назначения. Бункеры могут быть как временного хранения с оперативной выгрузкой, так и серьезные конструкции емкостью до нескольких тысяч кубометров, рассчитанные, например, на обслуживание крупного пеллетного производства.

Проблема обеспечения устойчивого и контролируемого истечения сыпучих материалов из бункера при его разгрузке остается важной частью современного технологического процесса пере-

рабатывающего и энергетического производства. Ключевым параметром, определяющим эффективность разгрузки бункеров, является угол откоса стенок бункера, оптимальное значение которого должно обеспечивать истечение материала без образования заторов и сводов. Этот вопрос изучался рядом ученых в части исследования влияния угла откоса стенок бункера на истечение сыпучего материала (Effect of hopper..., 2019; Mendez et al., 2021; Сиваков, Гольнский, 2014; Лозовецкий и др., 2018). В работах проводились эксперименты, расчеты и моделирование малогабаритных бункерных устройств для определения поведения частиц, а также определялась склонность к сводообразованию при изменении угла откоса стенок бункера и его формы. Результаты обзора научной литературы подтверждают важность учета геометрических факторов при проектировании и выборе бункеров для оптимизации их работы и предотвращения нежелательных явлений. В существующих работах в качестве анализируемой сыпучей среды применялись материалы, значительно отличающиеся по физико-механическим свойствам от древесных гранул, что затрудняет полное понимание процесса и возможного результата и определяет необходимость проводить исследования в этой области.

Цель, объекты и методика исследований

Цель работы заключается в определении влияния конструктивных параметров технологического бункера на процесс выгрузки (истечения) сыпучих древесных частиц для оптимизации производительности технологического оборудования. В качестве анализируемой сыпучей среды приняты древесные пеллеты.

Цель исследования предусматривает решение следующих задач:

- 1) определить влияние угла откоса стенок технологического бункера на скорость истечения пеллет методом имитационного моделирования;
- 2) провести статистический анализ полученных данных с построением регрессионных моделей;
- 3) провести расчет производительности технологического бункера при изменении угла откоса стенок.

Объектом исследования является конструкция технологического бункера, который предназначен для хранения и отгрузки готовых древесных пеллет. Исследования основаны на применении программ имитационного моделирования, методов дискретных элементов и статистической обработки данных.

Результаты и их обсуждение

Технологические бункеры могут иметь различные размеры, форму (прямоугольную, пирамидальную, комбинированную, круглую, коническую, цилиндрическую и т. д.), материал и угол откоса стенок. Конструктивные особенности технологического бункера напрямую влияют на основные параметры движения сыпучей среды. Для определения влияния угла откоса технологического бункера на скорость истечения пеллет был использован САД пакет «Компас 3D v20» и САЕ пакет Altair EDEM. Компас 3D – это отечественная система автоматизированного проектирования (САПР), разработанная компанией «Аскон». Она предназначена для создания чертежей, доку-

ментации и двухмерного и трехмерного проектирования деталей, механизмов (Компас-3D..., 2017). Altair EDEM – это специализированное программное обеспечение для моделирования и анализа поведения сыпучих материалов и гранулированных сред с помощью метода дискретных элементов. Программное обеспечение предназначено для оптимизации конструкций и повышения эффективности производства в тяжелом машиностроении, горно-рудной, атомной, сельскохозяйственной отраслях. EDEM позволяет анализировать взаимодействие сыпучих материалов с различными механизмами и конструкциями, что помогает производителям оборудования значительно снизить затраты на создание реальных прототипов и повысить производительность и надежность разрабатываемых конструкций (Analysis of Performance..., 2024; Altair, 2025; Чендырев, Журавлев, 2022).

Для решения поставленных задач в «Компас 3D v20» производилось создание чертежа бункера прямоугольной формы с углами откоса стенок в 40° (рис. 1), 50° (рис. 2), 60° (рис. 3).

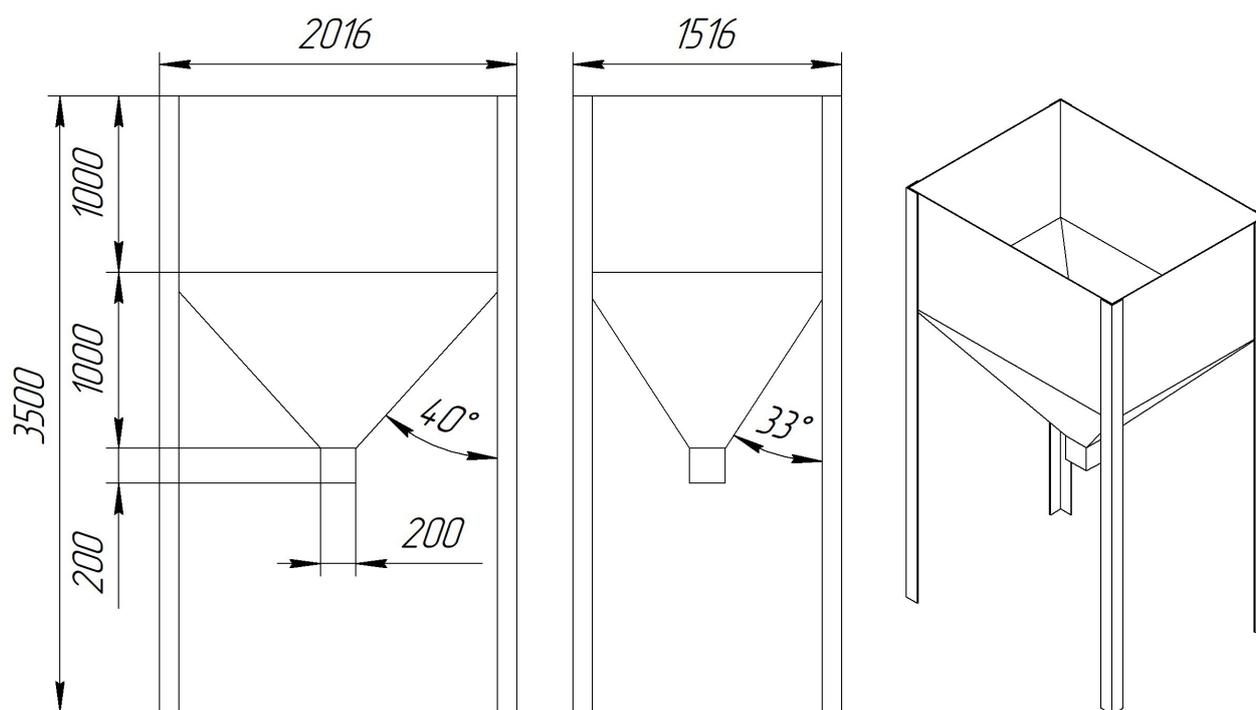


Рис. 1. Чертеж бункера с углом откоса 40°
Fig. 1. Drawing of a bunker with a slope angle of 40°

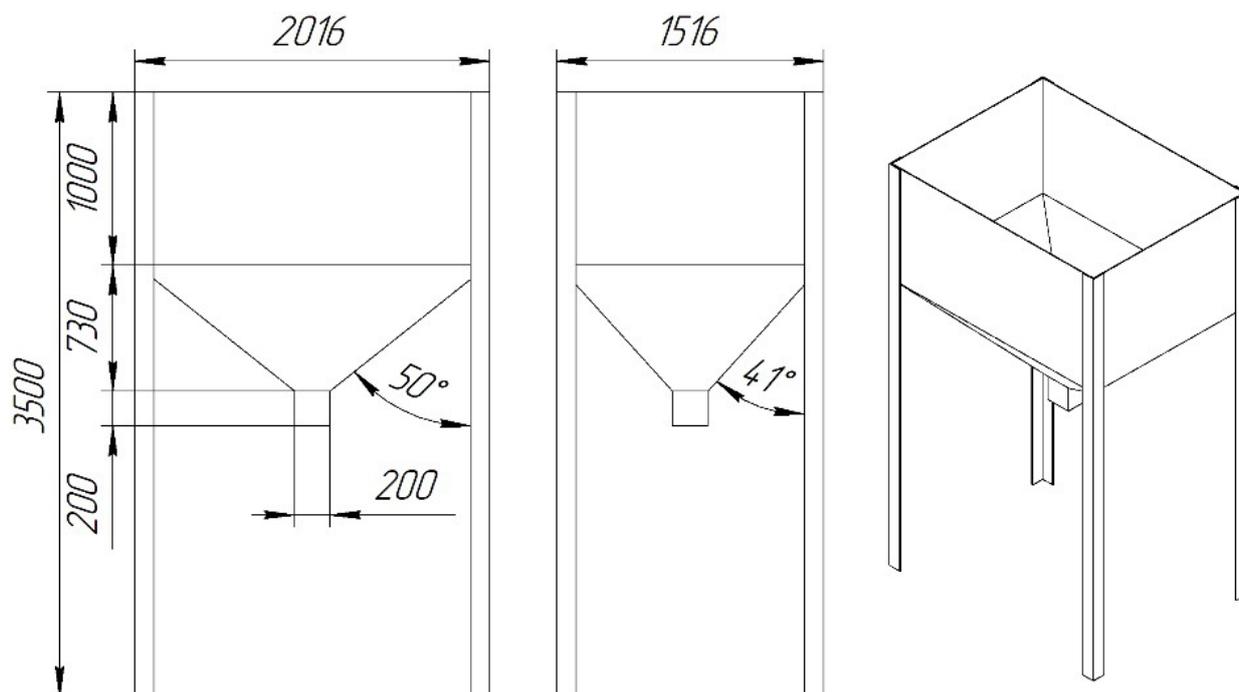


Рис. 2. Чертеж бункера с углом откоса 50°
 Fig. 2. Drawing of a bunker with a slope angle of 50°

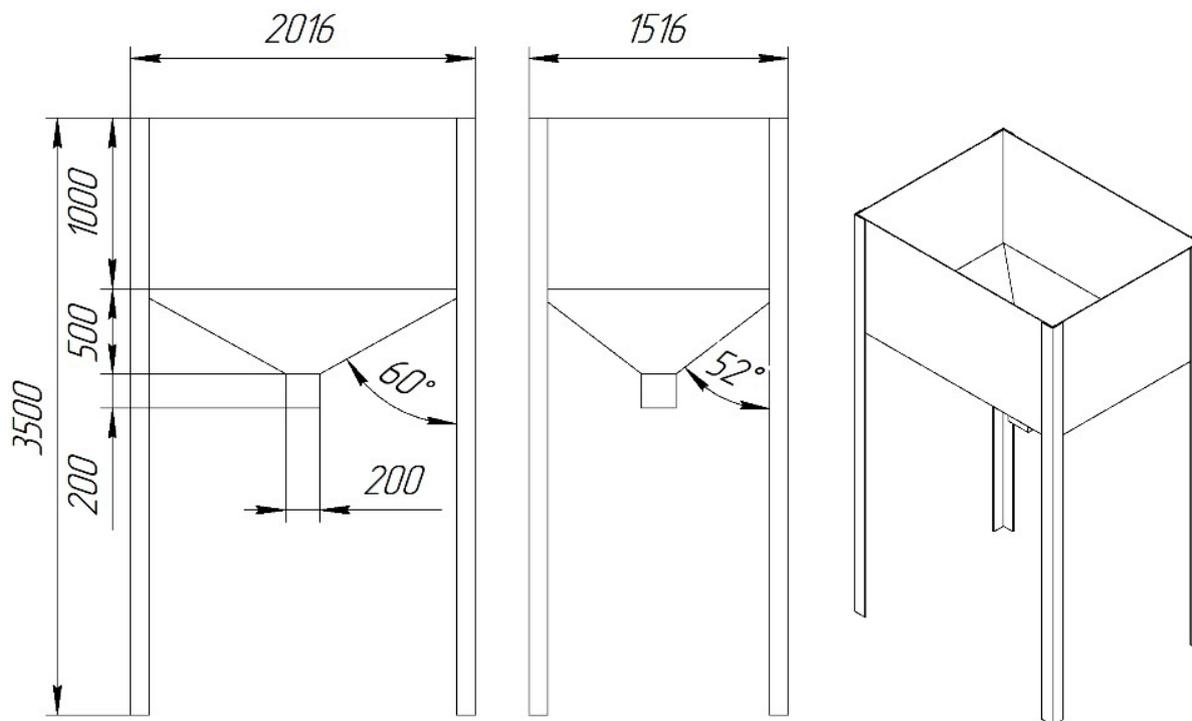


Рис. 3. Чертеж бункера с углом откоса 60°
 Fig. 3. Drawing of a bunker with a slope angle of 60°

По чертежам рис. 1–3 создавались трехмерные модели бункера в соответствии с геометрическими размерами (рис. 4). Модель сохранялась

в формате igs. Универсальный формат файла igs необходим для дальнейшей работы в программе Altair EDEM.

В программном обеспечении Altair EDEM создавался файл проекта. Далее в рабочем поле программы генерировался материал частиц, им присваивались свойства, необходимые для расчета в имитационном эксперименте при работе модели. В качестве сыпучего материала заданы древесные пеллеты, основные параметры которых: диаметр 6 мм, длина 30 мм, плотность 1300 кг/м³. Параметры подобраны в соответствии с требованиями ГОСТ 33103.1–2017.

Программа позволяет выбирать материал из библиотеки имеющихся, а также создавать свой материал, наделяя его заданными свойствами. На рис. 5 представлена библиотека частиц материала в Altair EDEM. Нами были заданы размеры и плотность пеллет, полученная частица представлена на рис. 6 (Цубикс, Соболева..., 2024).

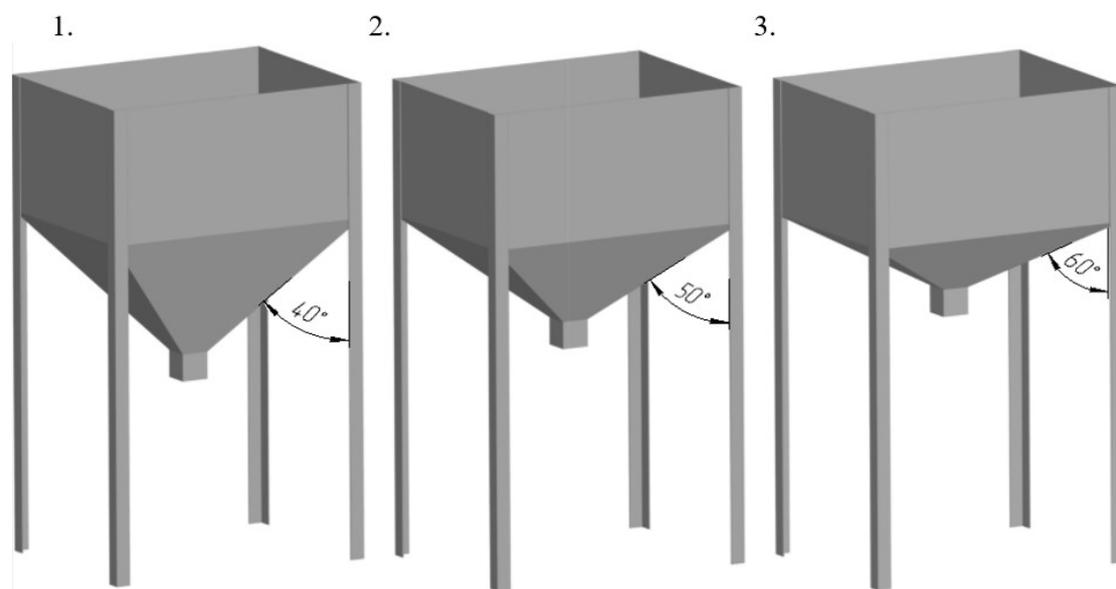


Рис. 4. Трехмерная модель бункера накопителя для пеллет:
1 – угол откоса 40°; 2 – угол откоса 50°; 3 – угол откоса 60°
Fig. 4. Three-dimensional model of a pellet storage bunker
1 – slope angle of 40°; 2 – slope angle of 50°; 3 – slope angle of 60°

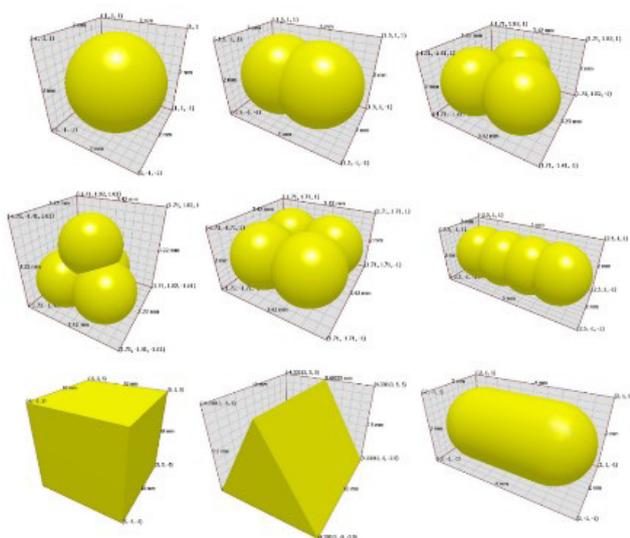


Рис. 5. Библиотека частиц материала в Altair EDEM
Fig. 5. Material particle library in Altair EDEM

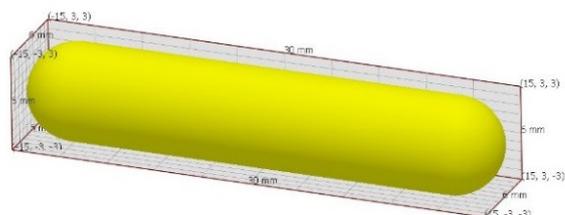


Рис. 6. Пример полученной частицы пеллеты
в Altair EDEM
Fig. 6. Example of a pellet particle obtained
in Altair EDEM

После генерации частиц задается материал окружающей геометрии. Под геометрией подразумевается сам бункер, который в виде 3D-модели загружается в программу в формате *igs*. Стенкам бункера присваиваются параметры материала, из которого он изготовлен. Это сталь Ст3 с плотностью в 7850 кг/м^3 . Для подачи материала в бункер (добавление частиц) планируется окно в пространстве или место выхода пеллет – «фабрика», которая генерирует частицы. Внутри «фабрики» задаются параметры: скорость генерации частиц – 500 частиц в 1 с, общее количество частиц – 10 000, также был задан характер движения частиц – хаотичный. Программная среда Altair EDEM позволяет задавать не только хаотичный характер движения, но и подчиняющийся определенным законам, заложенным в модель.

Для расчета были выбраны физические параметры, которые нужно получить: масса (расход) пеллет, скорость движения пеллет и время. Для того чтобы условия работы бункера соответствовали реальным производственным, в качестве объекта, который наполняется пеллетами, принят мешок биг-бэг. Скорость будет фиксироваться в месте подачи пеллет (ферме), в бункере, в мешке биг-бэг. На рис. 7 представлен пример модели с цифровыми показателями технологического бункера, где 193,93 kg, 190,52 kg и 108,1 kg – это масса пеллет, выгруженных за 20 с (Цубикс и др., 2024; Increasing the efficiency..., 2025; Bembenek и др., 2022).

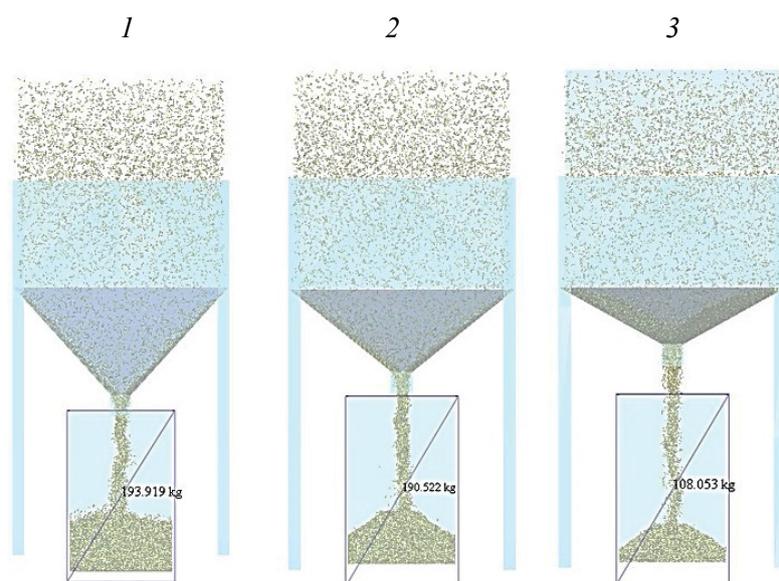


Рис. 7. Пример имитационных моделей в программе Altair EDEM:

1 – технологический бункер с углом откоса 40° ; 2 – технологический бункер с углом откоса 50° ;
3 – технологический бункер с углом откоса 60°

Fig. 7. Example of simulation models in the Altair EDEM program:

1 – technological bunker with an angle of 40° ; 2 – technological bunker with an angle of 50° ;
3 – technological bunker with an angle of 60°

Результаты работы имитационной модели технологического бункера с углом откоса стенок в 40° представлены на рис. 8, где показана зависимость скорости и массы загрузки от времени. На рисунке *velocity* – это скорость, м/с, а 39,38 kg, 90,68 kg и 193,92 kg – это масса за 5, 15 и 20 с.

Результаты работы имитационной модели технологического бункера с углом откоса стенок в 50° представлены на рис. 9. На рисунке *velocity* – это скорость, м/с, а 36,14 kg, 87,74 kg и 193,92 kg – это масса за 5, 15 и 20 с.

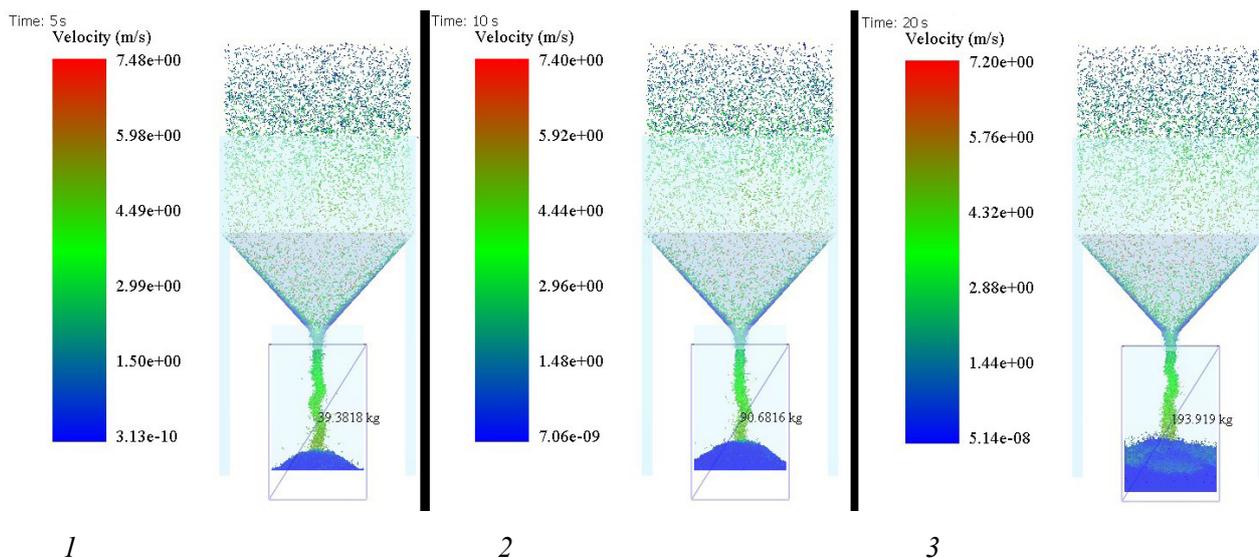


Рис. 8. Результат имитационной работы модели бункера с углом откоса 40° в Altair EDEM:
1 – время 5 с; 2 – 10 с; 3 – 20 с

Fig. 8. The result of the simulation of a bunker model with a slope angle of 40° in Altair EDEM:
1 – time 5 s; 2 – 10 s; 3 – 20 s

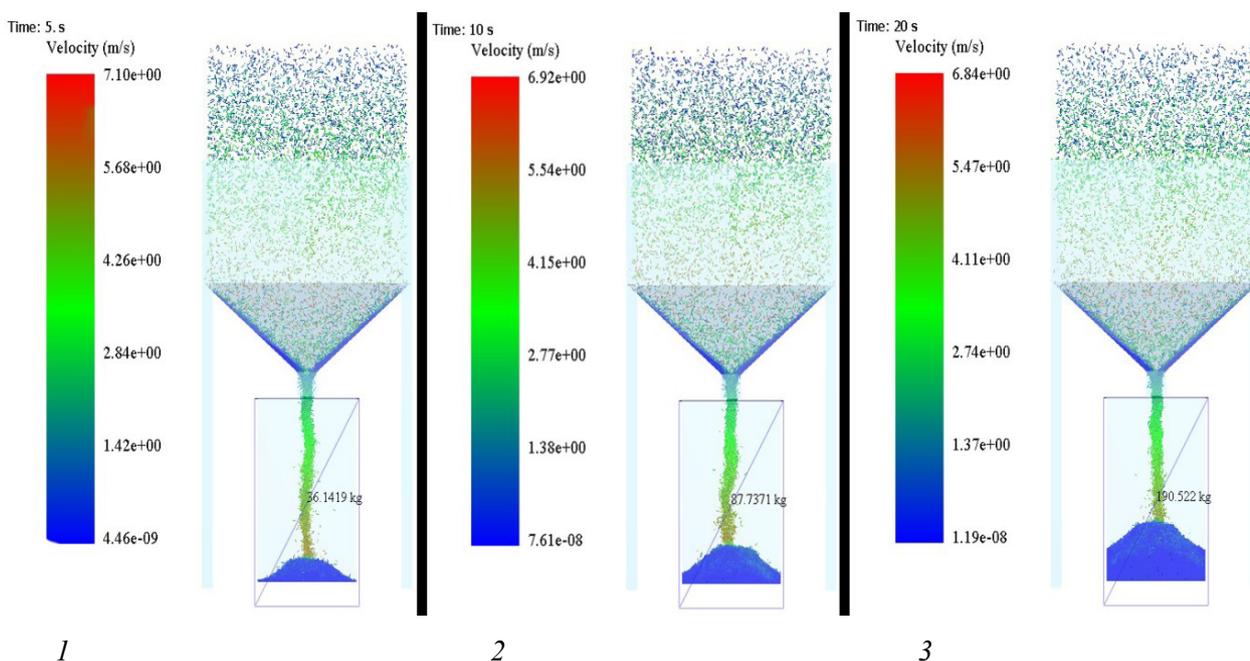


Рис. 9. Результат имитационной работы модели бункера с углом откоса 50° в Altair EDEM:
1 – время 5 с; 2 – 10 с; 3 – 20 с

Fig. 9. The result of the simulation of a bunker model with a slope angle of 50° in Altair EDEM:
1 – time 5 s; 2 – 10 s; 3 – 20 s

Результаты работы имитационной модели технологического бункера с углом откоса стенок в 60° представлены на рис. 10. На рисунке velocity – это скорость, м/с, а 15,7 kg, 48,82 kg и 108,05 kg – это масса за 5, 15 и 20 с.

Результаты работы модели технологического бункера в зависимости от геометрических размеров в программном обеспечении Altair EDEM, а именно время, максимальная скорость и масса, представлены в табл. 1.

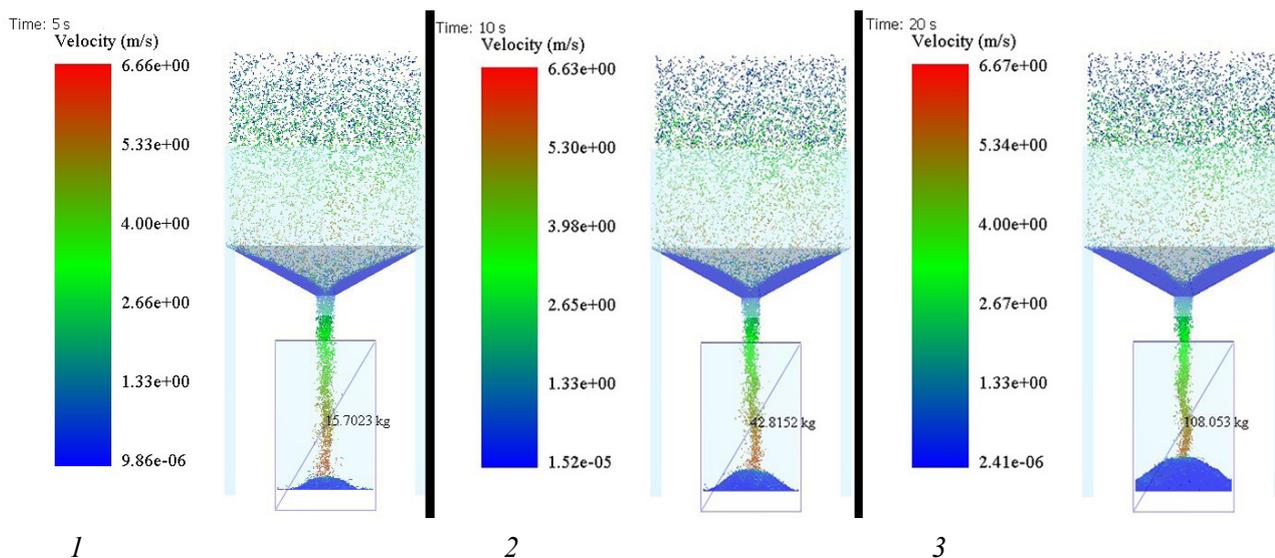


Рис. 10. Результат имитационной работы модели бункера с углом откоса 60° в Altair EDEM:
 1 – время 5 с; 2 – 10 с; 3 – 20 с
 Fig. 10. The result of the simulation of a bunker model with a slope angle of 60° in Altair EDEM:
 1 – time 5 s; 2 – 10 s; 3 – 20 s

Таблица 1
 Table 1

Результаты расчета программой Altair EDEM
 Altair EDEM calculation results

Номер модели Model number	Угол An gle,	Время, с Time, s	Максимальная скорость, м/с Maximum velocity, m/s	Масса, кг Weight, kg
1	40°	1	3,65	0,5
		5	0,37	38,8
		10	0,17	87,3
		15	0,13	135,7
		20	0,18	193,9
2	50°	1	3,81	9,5
		5	0,4	47,6
		10	0,19	95,3
		15	0,16	142,9
		20	0,07	190,5
3	60°	1	4,8	5,4
		10	0,24	54
		15	0,19	81
		20	0,12	108,1

Для выявления значимости факторов и уровня их влияния на показатели работы бункера используем статистические методы и регрессионный анализ полученных данных, определим значимость коэффициентов регрессии, приведенных в табл. 1.

Анализ проводился в программе Statistica. Это пакет, предназначенный для статического анализа, визуализации и моделирования данных (Ходыревская, 2020). Для проведения анализа были определены факторы и отклики и создана матрица

планирования полного факторного эксперимента, составленная в программе Statistica (табл. 2). В качестве отклика были приняты выходные данные модели, а именно: $Y1$ – скорость истечения пеллет

и $Y2$ – масса пеллет в биг-бэге. Факторами послужил $X1$ – угол откоса бункера; $X2$ – время истечения (Гржибовский и др., 2017).

Таблица 2

Table 2

Фрагмент журнала работы имитационной модели
A journal fragment of the simulation model's operation log

$X1$	$X2$	$Y1$	$Y2$
40°	5	7,48	39,3818
40°	10	7,40	90,6816
40°	20	7,20	193,9190
50°	5	7,10	36,1419
50°	10	6,92	87,7371
50°	20	6,84	190,5220
60°	5	6,66	15,7023
60°	10	6,63	42,8152
60°	20	6,67	108,0530

Для оценки зависимости откликов от факторов были проведены регрессионный анализ для скорости (рис. 11) и массы (рис. 12), проверка значимости коэффициентов регрессии для скорости (табл. 3) и для массы (табл. 4).

В общем виде полученная регрессия (для скорости выгрузки пеллет) будет иметь вид

$$C = 8,886667 - 0,035333x_1 - 0,011238x_2 + \varepsilon. \quad (1)$$

Проведенный регрессионный анализ демонстрирует высокую точность модели $R_2 = 0,953$. Стандартизованные коэффициенты регрессии ука-

зывают на большее влияние угла наклона ($\beta = -0,948$), чем временного параметра ($\beta = -0,230$). Отрицательные значения коэффициентов свидетельствуют об обратной зависимости: увеличение угла наклона и времени приводит к снижению скорости истечения. Полученные уравнения регрессии обладают высокой статистической надежностью ($p < 0,00011$), что подтверждает адекватность модели и позволяет рекомендовать ее для практического применения при проектировании технологических бункеров.

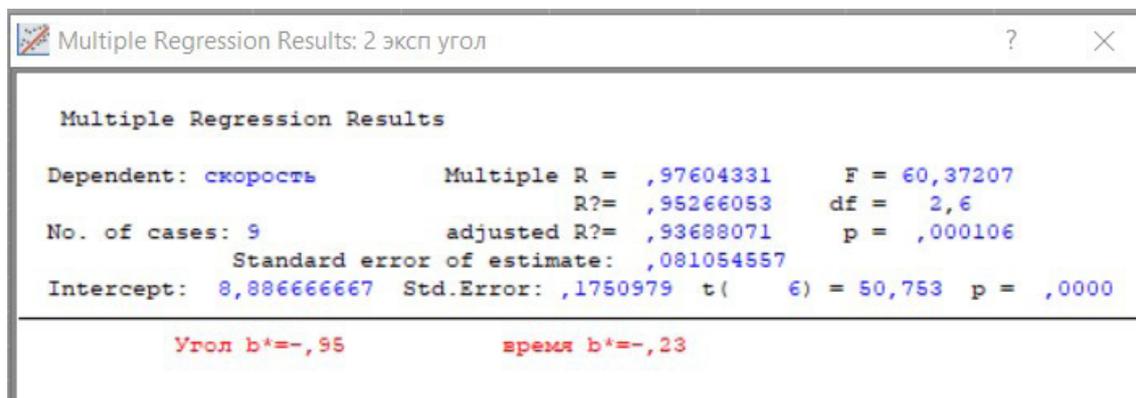


Рис. 11. Показатели регрессии для скорости

Fig. 11. Regression indicators for velocity

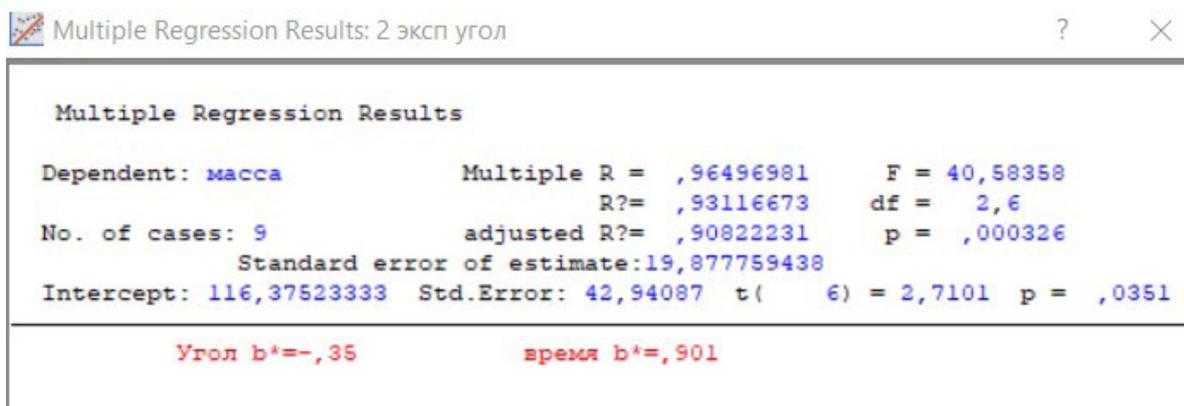


Рис. 12. Показатели регрессии для массы
 Fig. 12. Regression indicators for mass

Таблица 3
 Table 3

Проверка значимости коэффициентов регрессии для скорости
 Checking the significance of regression coefficients for velocity

Параметр Parameter	Коэффициент β Coefficient β	Стандартная ошибка β Standard error β	Коэффициент регрессии Regression coefficient	Стандартная ошибка Standard error	t-критерий t-criterion	p-уровень p-level
Пересечение	–	–	8,887	0,175	50,75	<0,00001
Угол	-0,948	0,089	-0,035	0,003	-10,68	0,00004
Время	-0,230	0,089	-0,011	0,004	-2,59	0,04100

Таблица 4
 Table 4

Проверка значимости коэффициентов регрессии для массы
 Checking the significance of regression coefficients for mass velocity

Параметр Parameter	Коэффициент β Coefficient β	Стандартная ошибка β Standard error β	Коэффициент регрессии Regression coefficient	Стандартная ошибка Standard error	t-критерий t-criterion	p-уровень p-level
Пересечение	–	–	116,3752	42,94087	2,71013	0,035100
Угол	-0,346273	0,107108	-2,6235	0,81151	-3,23292	0,017845
Время	0,900701	0,107108	8,9349	1,06251	8,40924	0,000154

В общем виде полученная регрессия (для массы выгружаемых пеллет) будет иметь вид

$$C = 116,4 - 2,62x_1 - 8,9x_2 + \varepsilon. \quad (2)$$

Проведенный регрессионный анализ демонстрирует высокую точность модели $R_2 = 0,93$. Стандартизованные коэффициенты регрессии указывают на большее влияние временного пара-

метра ($\beta = -0,90$), чем угла наклона ($\beta = -0,346$). Отрицательное значение коэффициента угла наклона и положительное для времени свидетельствуют об обратной зависимости: увеличение угла наклона и времени приводит к повышению скорости истечения. Полученные уравнения регрессии обладают высокой статистической надежностью ($p < 0,035$), что подтверждает адекватность модели

и позволяет рекомендовать ее для практического применения при проектировании технологических бункеров.

Для проверки статистической значимости полученного уравнения регрессии был проведен дисперсионный анализ (табл. 5).

Таблица 5

Table 5

Дисперсионный анализ уравнения регрессии
Analysis of variance of the regression equation

Данные Data	SS	df	MS	F	p-value
Регрессия	0,793270	2	0,396635	60,37207	0,000106
Остаток	0,039419	6	0,006570	–	–
Итого	0,832689	–	–	–	–

Результаты дисперсного анализа показали, что p -value имеет значение меньше, чем 0,01 %. Это говорит о том, что модель статистически значимая и данные получены не случайно и имеют четкую взаимосвязь между собой. Для дополнительной проверки корректности полученных данных был построен нормальный вероятностный график остатков (рис. 13).

Анализ графика позволяет выявить незначительные отклонения между имитационной и регрессионной моделями. Как видно, остатки (точки) расположены близко к линии нормальной прямой, это говорит о нормальном распределении остатков. Наглядная демонстрация зависимости откликов от факторов представлена на рис. 14.

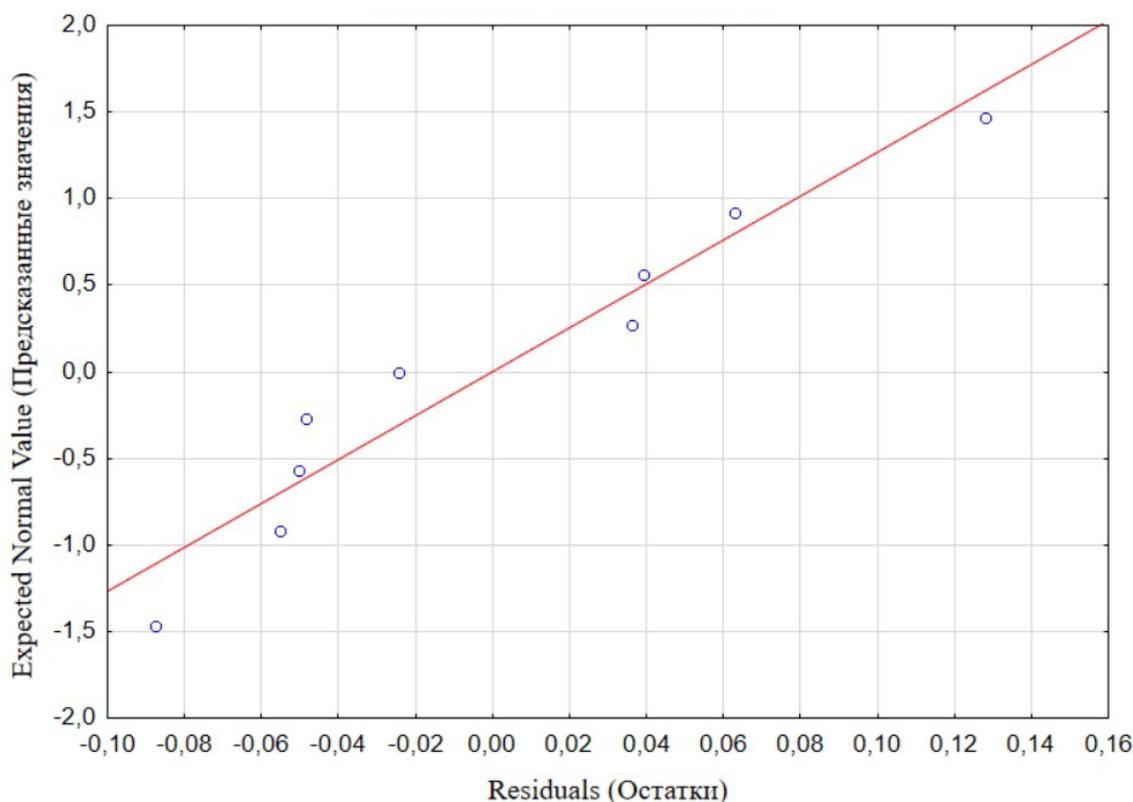
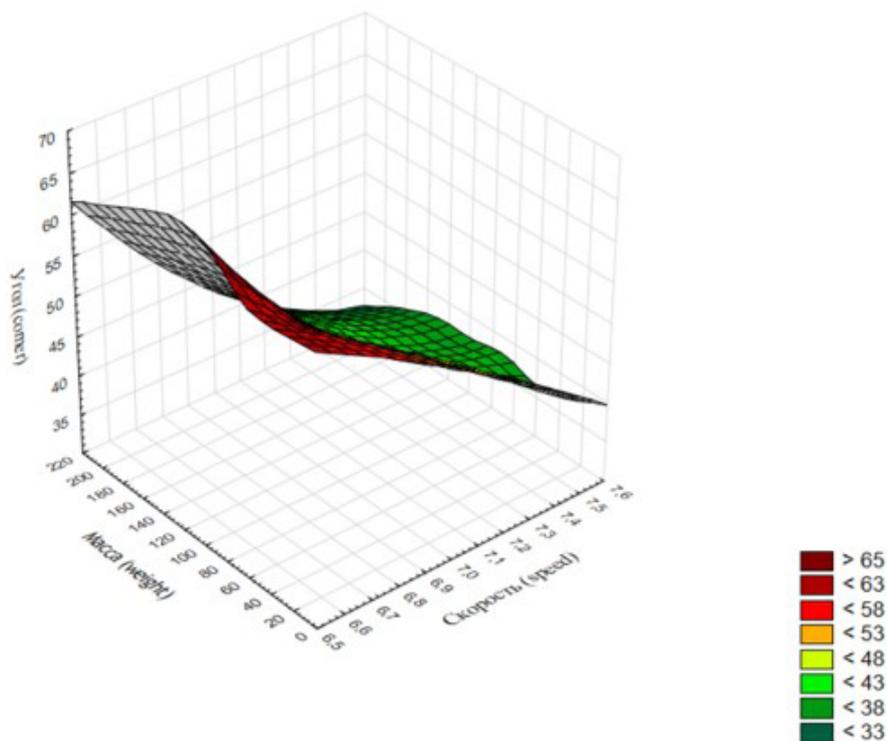


Рис. 13. Нормальный вероятностный график остатков

Fig. 13. Normal probability plot of residuals

1



2

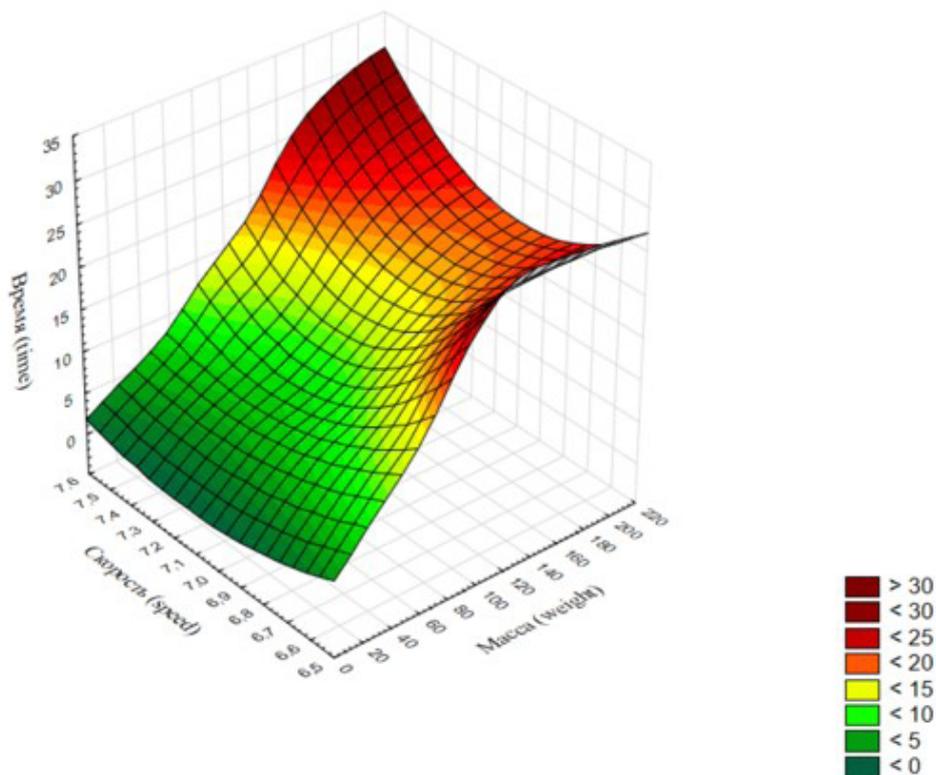


Рис. 14. Трехмерные графики зависимости отклика от факторов:
 1 – зависимость скорости, массы от угла откоса стенки; 2 – зависимость скорости, массы от времени
 Fig. 14. Three-dimensional graphs of the response dependence on factors:
 1 – dependence of velocity and mass on the slope angle of the wall; 2 – dependence of velocity and mass on time

Как видно из трехмерного графика (см. рис. 14), с увеличением угла откоса стенок бункера снижаются скорость и время истечения, а при увеличении времени работы модели масса и скорость растут.

В качестве примера проведем расчет влияния угла откоса на производительность технологического бункера, если суточная производительность предприятия составляет 50 т/сут, а режим работы предприятия – 3 смены по 8 ч. В табл. 6 представлены основные данные для расчета.

Таблица 6
Table 6

Углы откоса бункера и экспериментальные данные для расчета
Bunker slope angles and experimental data for calculation

Угол откоса, град Slope angle	Масса за 20 с, кг Mass in 20 seconds, kg	Скорость потока, м/с Flow rate, m/s
40	193,919	7,20
50	190,522	6,84
60	108,053	6,67

Производительность для бункера определяется по формуле

$$Q_{\text{бунк}} = \left(\frac{m}{20}\right) 3600, \quad (3)$$

где $Q_{\text{бунк}}$ – производительность, кг/ч;

m – масса за 20 с, кг, количество пеллет, кг, поступающих в мешок биг-бэг за 20 с экспериментального замера;

20 с – временной интервал эксперимента, в течение которого измерялась масса потока пеллет;

3 600 с/ч – коэффициент перевода секунд в часы (поскольку в 1 ч 3 600 с).

Производительность бункера с углом откоса 40° определяется по формуле (3):

$$Q_{\text{бунк}} = \frac{193,919}{20} 3600 = 34905,42 \text{ кг/ч} \approx 34,9 \text{ т/ч.}$$

Производительность бункера с углом откоса 50° определяется по формуле (3):

$$Q_{\text{бунк}} = \frac{190,522}{20} 3600 = 34293,96 \text{ кг/ч} \approx 34,3 \text{ т/ч.}$$

Производительность бункера с углом откоса 60° определяется по формуле (3):

$$Q_{\text{бунк}} = \frac{108,053}{20} 3600 = 19449,54 \text{ кг/ч} \approx 19,4 \text{ т/ч.}$$

Далее определим время, за которое через бункер пройдет 50 т пеллет, по формуле

$$t = \frac{m}{Q_{\text{бунк}}} \quad (4)$$

Время загрузки при угле откоса бункера в 40° определяется по формуле (4):

$$t = \frac{50000}{34905,42} \approx 1 \text{ ч } 26 \text{ мин.}$$

Время загрузки при угле откоса бункера в 50° определяется по формуле (4):

$$t = \frac{50000}{34293,96} \approx 1 \text{ ч } 28 \text{ мин.}$$

Время загрузки при угле откоса бункера в 60° определяется по формуле (4):

$$t = \frac{50000}{19449,54} \approx 2 \text{ ч } 34 \text{ мин.}$$

По данным расчета был составлен график зависимости производительности и времени прохождения пеллет через бункер с разными углами откоса (рис. 15).

Результаты расчета производительности показали, что при угле наклона стенок бункера в 50° производительность (34,3 т/ч) несколько ниже, чем при угле 40°. Но время прохождения составляет 1 ч 28 мин. При угле 60° производительность резко падает до 19,4 т/ч, а время загрузки возрастает до 2 ч 34 мин.

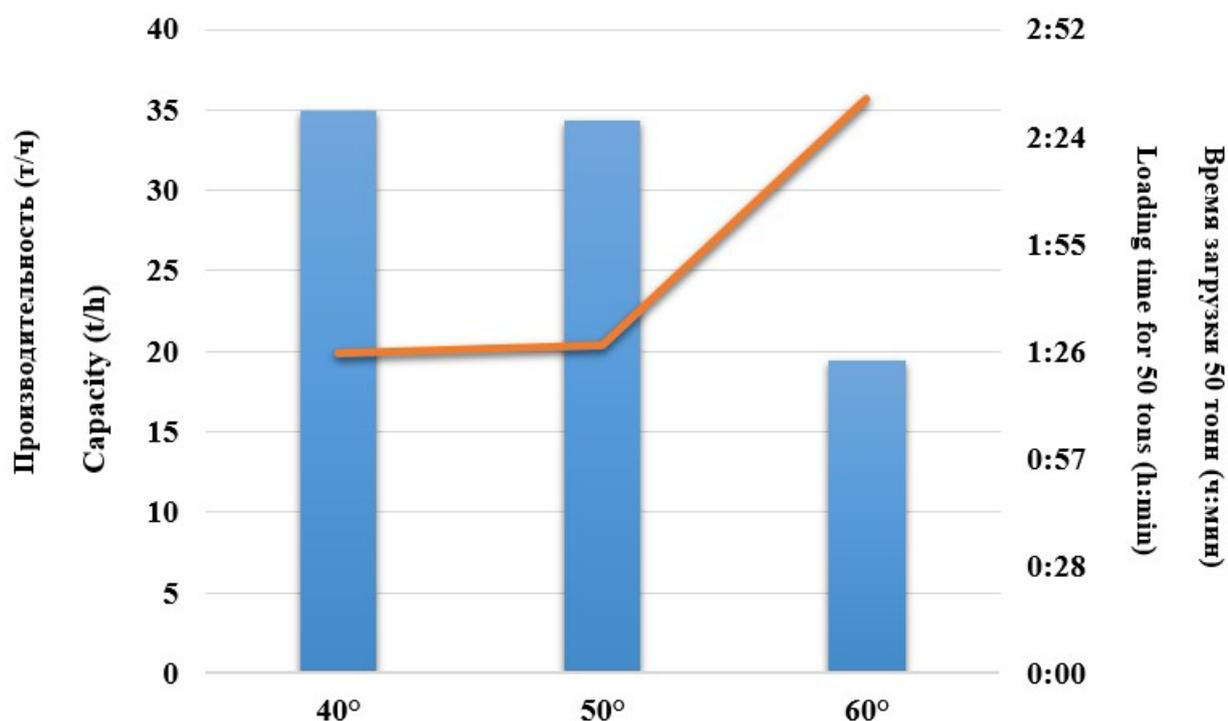


Рис.15. График зависимости производительности бункера от угла откоса
 Fig. 15. Graph of the bunker capacity dependence on the slope angle

Выводы

1. Проведенное имитационное моделирование процесса выгрузки пеллет из технологического бункера показало, что увеличение угла откоса стенок бункера приводит к снижению выходных показателей (скорости частиц и расхода в единицу времени). Обоснованной величиной угла откоса бункера является угол в 40 и 50°. Такие параметры позволяют обеспечить высокую скорость и массу выгружаемых частиц без образования сводов и заторов.

2. Статистический анализ полученных данных показал, что разработанная регрессионная модель имеет высокую точность $R_2 = 0,953$. Стандартизованные коэффициенты регрессии указывают на большее влияние угла наклона ($\beta = -0,948$), чем временного параметра ($\beta = -0,230$).

3. Расчет производительности технологического бункера является практической методикой, которая может использоваться на производстве. Определено, что наиболее эффективными для предприятия будет применять бункер с углами откоса в 40 и 50°, а угол в 60° ведет к снижению производительности.

4. Применение программ имитационного моделирования в совокупности с регрессионным анализом позволяет проводить инженерные расчеты без затрат на создание натуральных конструкций – прототипов. Работа имитационной модели позволяет визуализировать процессы работы технологического бункера. Применение программ способствует модернизации и оптимизации производственного процесса деревоперерабатывающего производства.

Список источников

ГОСТ 33103.1–2017. Биотопливо твердое. Технические характеристики и классы топлива : нац. стандарт Российской Федерации : изд. офиц. : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 января 2017 г. № 95-П : введен впервые : дата введения 2017-07-01. М. : Стандартинформ, 2017. 57 с.

- Гржибовский А. М., Иванов С. В., Горбатова М. А. Описательная статистика с использованием пакетов статистических программ Statistica и SPSS // Наука и здравоохранение. 2017. № 1. С. 7–23.
- Долматов С. Н., Гуляева К. А. Перспективы экспорта древесных пеллет из России в Японию и Южную Корею в условиях международных санкций // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 9. С. 447–453. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-9-447-448
- «Компас-3D» на примерах. СПб. : Наука и Техника, 2017. 272 с.
- Лозовецкий В. В., Шадрин А. А., Катков С. А. Моделирование движения древесностружечных материалов в цилиндрических бункерах // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018. № 2 (362). С. 97–108. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.97
- Производство и торговля лесной продукцией // Производственная и сельскохозяйственная организация : [сайт]. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/FO> (дата обращения: 03.09.2025).
- Сиваков В. П., Голынский М. Ю. Физическая сущность процесса образования и обрушения сводов технологической щепы // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2014. № 3 (339). С. 132–138.
- Ходыревская С. В. Программные статистические комплексы : учеб. пособие. Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2020. 163 с.
- Цубикс В. О., Долматов С. Н., Соболева А. А. Обоснование размеров конструктивных элементов стокера путем имитационного моделирования механики движения сыпучих древесных частиц // Решетневские чтения : матер. XXVIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева : в 2 ч., Красноярск, 18–22 ноября 2024 года. Красноярск : Сиб. гос. ун-т науки и технологий им. акад. М. Ф. Решетнева, 2024. С. 633–637.
- Цубикс В. О., Соболева А. А. Симуляция измельченного древесного сырья с помощью DEM // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Красноярск, 17 декабря 2024 года. Красноярск : Сиб. гос. ун-т науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева, 2025. С. 284–287.
- Чендырев М. А., Журавлев А. Г. Рационализация геометрических параметров приемных бункеров конусных дробилок крупного дробления при автомобильном транспорте // Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал. 2022. № 5-1. С. 158–170. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_51_0_158
- Altair : [официальный сайт]. США. URL: <https://altair.com/> (дата обращения: 10.09.2025).
- Analysis of Performance Indicators of Disc Ripper Blades Using CAD, CAE Engineering Methods / S. Dolmatov, A. Soboleva, M. Kalimullin [et al.] // III International Conference «Sustainable Development : Agriculture, Energy and Ecology» (VMAEE-III-2024) : AIP Conference Proceedings, Karshi, 26–28 february 2024. Melville : AIP PUBLISHING, 2024. Vol. 3184. P. 20032. DOI: 10.1063/5.0212201
- Bembenek M., Buczak M., Baiul K. Modelling of the Fine-Grained Materials Briquetting Process in a Roller Press with the Discrete Element Method // Materials. 2022. № 15. DOI: 10.3390/ma15144901
- Effect of hopper angle on granular clogging // D. Lopez-Rodríguez, D. Gella, T. Kiwing [et al.] // Physical Review E. 2019. № 99. DOI: 10.1103/PhysRevE.99.032901
- Increasing the efficiency of the granulation process of crushed wood based on CAE simulation technologies // V. Tsubiks, S. Dolmatov, V. Malikov [et al.] // E3S Web of Conferences. 2025. DOI: 10.1051/e3sconf/202562705020
- Mendez D., Hidalgo R., Maza D. The role of the hopper angle in silos: experimental and CFD analysis // Granular Matter. 2021. P. 23–34. DOI: 10.1007/s10035-021-01094-6

References

- Altair : [official website]. USA. URL: <https://altair.com/> (accessed 10.09.2025).
- Analysis of Performance Indicators of Disc Ripper Blades Using CAD, CAE Engineering Methods / *S. Dolmatov, A. Soboleva, M. Kalimullin* [et al.] // III International Conference «Sustainable Development : Agriculture, Energy and Ecology» (VMAEE-III-2024) : AIP Conference Proceedings, Karshi, 26–28 february 2024. Melville : AIP PUBLISHING, 2024. Vol. 3184. P. 20032. DOI: 10.1063/5.0212201
- Bembenek M., Buczak M., Baiul K.* Modelling of the Fine-Grained Materials Briquetting Process in a Roller Press with the Discrete Element Method // *Materials*. 2022. № 15. DOI: 10.3390/ma15144901
- Chendyrev M. A., Zhuravlev A. G.* Rationalization of geometric parameters of receiving bunkers of cone crushers of large crushing in automobile transport // *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2022. № 5-1. P. 158–170. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_51_0_158 (In Russ.)
- Compass-3D with examples. St. Petersburg : Science and Technology, 2017. 272 p.
- Dolmatov S. N., Gulyaeva K. A.* Prospects of export of wood pellets from Russia to Japan and South Korea in the context of international sanctions // *Bulletin of Tula State University. Technical Sciences*. 2024. № 9. P. 447–453. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-9-447-448 (In Russ.)
- Effect of hopper angle on granular clogging // *D. Lopez-Rodríguez, D. Gella, T. Kiwing* [et al.] // *Physical Review E*. 2019. № 99. DOI: 10.1103/PhysRevE.99.032901
- GOST 33103.1–2017. Biofuels are solid. Technical characteristics and fuel classes: national standard of the Russian Federation : official publication : approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated January 30, 2017 № 95-P : introduced for the first time: date of introduction 2017-07-01 / FSUE VNII SMT. Moscow : Standartinform, 2017. 57 p.
- Grzybowski A. M., Ivanov S. V., Gorbatova M. A.* Descriptive statistics using statistical software packages Statistica and SPSS // *Science and healthcare*. 2017. № 1. P. 7–23. (In Russ.)
- Increasing the efficiency of the granulation process of crushed wood based on CAE simulation technologies // *V. Tsubiks, S. Dolmatov, V. Malikov* [et al.] // *E3S Web of Conferences*. 2025. DOI: 10.1051/e3sconf/202562705020
- Khodyrevskaya S. V.* Software statistical complexes : a textbook. Kursk : South-Western State University, 2020. 163 p.
- Lozovetskiy V. V., Shadrin A. A., Katkov S. A.* Modeling the motion of particle board materials in cylindrical conical bunkers // *Bulletin of Higher Educational Institutions. Forest Journal*. 2018. № 2 (362). P. 97–108. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.97 (In Russ.)
- Mendez D., Hidalgo R., Maza D.* The role of the hopper angle in silos: experimental and CFD analysis // *Granular Matter*. 2021. P. 23–34. DOI: 10.1007/s10035-021-01094-6
- Production and trade of forest products // *Food and agricultural organization* : [website]. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/FO> (accessed 03.09.2025).
- Sivakov V. P., Golynsky M. Yu.* The physical essence of the formation process and the collapse of the arches of technological chips // *Bulletin of Higher Educational Institutions. Forestry Journal*. 2014. № 3 (339). P. 132–138. (In Russ.)
- Tsubiks V. O., Dolmatov S. N., Soboleva A. A.* Substantiation of the dimensions of stoker structural elements by simulating the mechanics of movement of loose wood particles // *Reshetnev Readings : Proceedings of the XXVIII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Academician Mikhail Fedorovich Reshetnev, General Designer of Rocket and Space Systems* : in 2 parts, Krasnoyarsk, November 18–22, 2024. Krasnoyarsk : Siberian State University of Science and Technology named after Academician M. F. Reshetnev, 2024. P. 633–637. (In Russ.)

Tsubiks V. O., Soboleva A. A. Simulation of crushed wood raw materials using DEM // Technologies and equipment of gardening and landscape construction : collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, December 17, 2024. Krasnoarsk : Siberian State University of Science and Technology named after Academician M. F. Reshetnev, 2025. P. 284–287. (In Russ.)

Информация об авторах

V. O. Tsubiks – аспирант;

S. N. Dolmatov – кандидат технических наук, доцент;

A. A. Tsubiks – магистрант.

Information about the authors

V. O. Tsubiks – postgraduate student;

S. N. Dolmatov – Candidate of Technical Sciences, associate Professor;

A. A. Tsubiks – master’s degree

Статья поступила в редакцию 22.10.2025; принята к публикации 01.12.2025.

The article was submitted 22.10.2025; accepted for publication 01.12.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 187–195.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 187–195.

Научная статья

УДК 630.221.0:630.6

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.020

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РУБОК СПЕЛЫХ И ПЕРЕСТОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Александр Владимирович Сулопаров¹, Сергей Вениаминович Залесов²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

¹ SusloparovAV@yandex.ru

² Zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>

Аннотация. Проанализирована экономическая эффективность сплошнолесосечных, условно-сплошных и равномерно-постепенных рубок в условиях арендного участка ООО «Красный Октябрь» в Пермском крае. Отмечается, что основными преимуществами выборочных рубок, в частности равномерно-постепенных, являются улучшение товарной структуры заготавливаемой древесины и исключение необходимости создания лесных культур. При этом устраняются затраты на выращивание или покупку посадочного материала, подготовку почвы, посадку семян и агротехнические уходы за ними. Расчеты показали, что при сплошнолесосечных рубках и объемах заготовки 13 017 м³ выручка от реализации заготовленной древесины составит 25,0 млн руб. при расходах на заготовку и лесовосстановление 32,8 млн руб. Следовательно, при современных рыночных ценах на древесину предприятие понесет убытки в сумме 7,8 млн руб. При проведении условно-сплошной рубки интенсивностью 67 % на тех же участках (лесосеках) будет заготовлено 8 710 м³ древесины. Однако выручка от ее реализации составит 23,5 млн/руб. при расходах 22,5 млн руб. В результате прибыль от реализации заготовленной древесины составит 1,0 млн руб. Лучшие показатели получены при проведении равномерно-постепенной рубки с интенсивностью первого приема 48 %. В данном варианте выручка от реализации заготовленной древесины составит 19,4 млн руб. при расходах на заготовку 14,4 млн руб. В результате прибыль предприятия составит 5,0 млн руб. Приведенные данные наглядно свидетельствуют об экономических преимуществах выборочных рубок над сплошнолесосечными.

Ключевые слова: заготовка древесины, рубка спелых и перестойных насаждений, сплошнолесосечная рубка, условно-сплошная рубка, равномерно-постепенная рубка, экономическая эффективность

Для цитирования: Сулопаров А. В., Залесов С. В. Экономическая эффективность рубок спелых и перестойных насаждений // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 187–195.

Original article

ECONOMICAL EFFICIENCY OF CUTTING MATURE AND OVERMATURE PLANTATIONS

Alexander V. Susloparov¹, Sergey V. Zalesov²

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

¹ SusloparovAV@yandex.ru

² Zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>

Abstract. The economical efficiency of clear-cutting, conditional clear-cutting, and even gradual cutting in the conditions of „Krasny Oktyabr“ LLC rental site in Perm Krai is analyzed. It is noted that the main advantages of selective cutting, particularly even gradual cutting, are the improvement of the commercial composition of the harvested wood and the elimination of the need for forest crops. This excludes the costs of growing or purchasing planting material, soil preparation, planting seedlings, and their maintenance. Calculations have shown that with clear-cutting and a harvesting volume of 13,017 m³, revenue from the sale of harvested wood will be 25,0 million rubles, with harvesting and reforestation costs of 32,8 million rubles. Consequently, at current market prices for wood, the enterprise will incur a loss of 7,8 million rubles. With a conditional clear-cutting intensity of 67 %, 8,710 m³ of wood will be harvested in the same plots (cutting areas). However, revenue from its sale will be 23,5 million rubles, with costs of 22,5 million rubles. As a result, the profit from the sale of harvested wood will be 1,0 million rubles. The best results were achieved using even gradual cutting with a first-pass intensity of 48 %. In this case, revenue from the sale of harvested wood will amount to 19,4 million rubles, with harvesting costs of 14,4 million rubles. As a result, the company's profit will be 5,0 million rubles. These data clearly demonstrate the economical advantages of selective cutting over clear-cutting.

Keywords: wood harvesting, cutting of mature and overmature plantations, clear-cutting, conditional clear-cutting, even gradual cutting, economical efficiency

For citation: Susloparov A. V., Zalesov S. V. Economical efficiency of cutting mature and overmature plantations // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 187–195.

Введение

Заготовка древесины в процессе проведения рубок спелых и перестойных насаждений является одним из важнейших лесоводственных мероприятий. Своевременное проведение при правильном назначении вида рубок и технологии проведения лесосечных работ – одно из направлений повышения продуктивности лесов (Луганский и др., 1995; Залесов, Луганский, 2002).

Арсенал рубок спелых и перестойных насаждений, приводимый в учебной и научной литературе, превышает 100 видов (Побединский, 1980; Тихонов, Зябченко, 1990; Луганский и др., 2001). Однако нормативными документами (Об утверждении..., 2020, 2022) в лесном фонде Российской

Федерации в настоящее время допускается проведение двух видов сплошнолесосечных и семи видов выборочных рубок. При этом в структуре видов рубок абсолютно доминируют сплошнолесосечные, на долю которых приходится до 96 % от общего объема заготовленной древесины (Мелехов, 2005; Залесов, 2020). Несмотря на низкую экологичность сплошнолесосечных рубок и вызванную ими массовую смену коренных хвойных насаждений на производные мягколиственные, сплошнолесосечные рубки продолжают доминировать в практике лесопользования по причине их простоты и концентрации заготовки древесины. При этом основной причиной доминирования сплошнолесосечных рубок является существовавшая

на протяжении многих десятилетий практика разделения обязанностей по заготовке древесины и лесовосстановлению.

Заготовка древесины производилась леспромпхозами, а лесовосстановление – лесхозами. Следовательно, затраты на лесовосстановление не интересовали лесопользователей. Учитывая, что себестоимость заготовки древесины сплошнолесосечными рубками ниже таковой при проведении выборочных рубок, леспромпхозы игнорировали проведение последних. В настоящее время создаются условия для изменения ситуации. Во-первых, сплошнолесосечные рубки были запрещены в лесах защитного назначения. Во-вторых, обязанности по лесовосстановлению возложены на лесопользователя, осуществляющего заготовку древесины. Кроме того, особым распоряжением лесопользователь обязан проводить агротехнические уходы за созданными лесными культурами в течение трех лет с момента создания.

Замена традиционной технологии проведения лесосечных работ на сортиментную с использованием на валке деревьев харвестеров, а на трелевке форвардеров обусловила увеличение технологических элементов лесосеки до 30 % (Последствия..., 2013; Азаренок, Залесов, 2015; Сортиментная заготовка..., 2015), что ставит под сомнение возможность сохранения подроста предварительной генерации в количестве, достаточном для последующего лесовосстановления вырубок. Другими словами, практически все лесосеки сплошнолесосечных рубок требуют искусственного или в лучшем случае комбинированного лесовосстановления. Следовательно, требуется суммирование расходов на заготовку и лесовосстановление при установлении себестоимости заготовки обезличенного кубометра древесины.

При выборочных рубках ориентация ведется на естественное лесовосстановление, за исключением комбинированных выборочных рубок, а следовательно, затраты на лесовосстановление резко снижаются. Кроме того, при проектировании выборочных рубок таксовая стоимость арендной платы снижается в 2 раза по сравнению с таковой при сплошнолесосечных рубках. Следует иметь в виду, что при большинстве видов выборочных

рубок в рубку назначаются прежде всего деревья тех пород и того качества, которые востребованы в настоящее время, а оставленные на дорастивание деревья резко увеличивают свой прирост в связи со снятием конкуренции со стороны вырубленных деревьев более старшего возраста (Казанцев и др., 2006; Восстановление..., 2020; Воспроизводство..., 2023). Однако в научной литературе крайне мало работ по сравнительному анализу экономической эффективности различных видов сплошнолесосечных и выборочных рубок. Последнее определило направление наших исследований.

Цель, объекты и методика исследований

Цель работы – анализ экономической эффективности сплошнолесосечных, условно-сплошных и равномерно-постепенных рубок.

Исследования проводились на территории арендного участка ООО «Красный Октябрь» в Пермском крае. В соответствии с действующими нормативными документами (Об утверждении..., 2014) территория района исследований относится к Западно-Уральскому таежному лесному району.

Объектом исследований служили 10 лесных участков спелых и перестойных смешанных насаждений с общим запасом древесины 13017 м³. В процессе исследований определялись затраты на заготовку древесины и лесовосстановление пройденных рубками лесосек, а также стоимость полученной при заготовке древесины с учетом древесной породы и сортиментной структуры по действующим ценам.

В процессе исследований выполнены работы по оценке экономической эффективности сплошнолесосечных рубок, при которых были вырублены все спелые деревья, произрастающие на лесосеках.

Вторым вариантом служили условно сплошные рубки, при которых на лесосеках были оставлены все деревья, древесина которых по каким-то причинам не представляла ценности. Запас древостоя после завершения лесосечных работ не должен превышать 40 %. Данные рубки широко применялись вплоть до второй половины XX столетия, а затем были официально запрещены, как не отвечающие

рациональному использованию древесины (Луганский и др., 2001). В то же время исключение из практики лесопользования понятия «расстроенный недоруб» (Луганский, Залесов, 1997) привело к тому, что лесопользователи стали оставлять на лесосеках сплошнолесосечной рубки растущие деревья, которые по породному составу или размерам не обеспечивали получение дохода. Оставление указанных деревьев нередко обосновывалось необходимостью сохранения биологического разнообразия (Задачи сохранения..., 2016; Сохранность..., 2017). Таким образом, по своей сути, при сплошнолесосечных рубках стали проводиться условно сплошные рубки с оставлением на корню тонкомерных деревьев и перестойной осины. При этом доля запаса оставляемых деревьев, как правило, не превышала 40 % от исходного, что соответствовало требованиям условно-сплошных рубок.

Третьим вариантом были равномерно-постепенные рубки, разработанные сотрудниками Уральского государственного лесотехнического университета (Рекомендации..., 2018а, б).

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что при сплошнолесосечной рубке заготавливается 13 017 м³ древесины. При этом в рубку назначаются все спелые и перестойные деревья. В структуре заготовленной древесины имеют место пиловочник, балансы и дрова (рис. 1).

В результате реализации заготовленных сортиментов можно выручить 25,0 млн руб. При этом, помимо затрат на проведение лесосечных работ, при сплошнолесосечных рубках необходимым условием является искусственное лесовосстановление, расходы на которое с учетом агротехнических уходов в течение 3 лет составляют 32,8 % от общих расходов на проведение лесосечных работ и лесовосстановление.

Относительно низкая стоимость реализации заготовленной древесины объясняется тем, что в ее структуре преобладают балансы и дрова, имеющие низкую стоимость и сложность в реализации. При этом если у ели, сосны и пихты в структуре заготавливаемой древесины доминирует пиловочник, то у березы, осины и других сопутствующих лиственных пород – балансы и дрова.

Особенно велика доля балансов в березовой древесине. Последнее объясняется тем, что береза в районе исследований имеет как вегетативное (порослевое), так и семенное происхождение. Семенная береза угнетена хвойными деревьями и деревьями березы вегетативного происхождения и поэтому при значительной высоте имеет низкий средний диаметр. Указанное объясняет тот факт, что при проведении сплошнолесосечных рубок из семенной березы можно получить только балансы и дрова, в то время как из экземпляров вегетативного происхождения можно получить пиловочник.

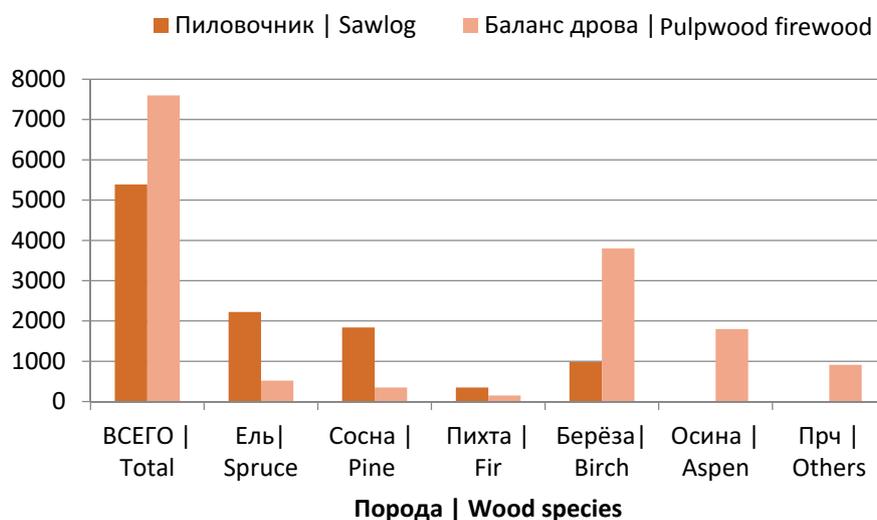


Рис. 1. Объем пиловочника, балансов и дров при проведении сплошнолесосечных рубок, м³
 Fig. 1. The volume of the sawlog, pulpwood and firewood during clear-cutting, m³

Осина из-за большого возраста и поражения трутовыми грибами может быть использована практически только на дрова с небольшой долей технологического сырья.

Необходимость вырубки деревьев, древесина которых не представляет товарной ценности, при сплошнолесосечных рубках очень часто обуславливает их убыточность. Последнее установлено и нашими исследованиями. Так, убытки при заготовке 13017 м³ древесины сплошнолесосечными рубками составили 7,8 млн руб.

Картина в структуре заготовленной древесины существенно меняется при проведении условно-сплошных рубок или в соответствии с действующими нормативными документами, сплошнолесосечными рубками с оставлением на корню деревьев с низким качеством древесины или древесины, не имеющей сбыта.

В результате проведения на тех же участках условно-сплошных рубок интенсивностью 67 % может быть заготовлено 8710 м³ древесины. При этом структура заготовленной древесины отличается от таковой при сплошнолесосечных рубках (рис. 2).

Материалы рис. 2 свидетельствуют, что в заготовленной древесине начинает доминировать пиловочник. Указанное обстоятельство объясняет тот факт, что при снижении объема заготавливаемой древесины на 33,1 % выручка от реализации древесины снижается только на 1,5 млн руб. (6,0 %). Кроме того, при условно-сплошных рубках сокра-

щаются расходы на лесовосстановление, что позволяет получить прибыль в размере 1,0 млн руб.

Несмотря на экономическую эффективность условно-сплошных рубок, следует отметить, что они снижают санитарное состояние оставляемой на доращивание части древостоя. Кроме того, высокая интенсивность рубки приводит к уменьшению относительной полноты древостоя ниже 0,4, что, в свою очередь, может вызвать такие негативные явления, как бурелом и ветровал. По сути, как было отмечено ранее, условно-сплошная рубка представляет собой расстроенный недоруб и к экологическим отнесена быть не может. Полагаем, что имеющие место быть в текущей практике условно-выборочные рубки являются переходным этапом от сплошных к полноценным выборочным рубкам, что является вызовом и с точки зрения развития лесной науки, и с точки зрения нормативного регулирования отрасли в самом ближайшем будущем.

Оптимальные показатели получены при проведении первого приема равномерно-постепенной рубки. При объеме заготовленной древесины 6314 м³, или 48 % от исходного запаса, резко сократилась доля балансов и несущественно снизилась доля пиловочника (рис. 3).

Благодаря доминированию в составе заготовленной древесины наиболее ценных сортиментов выручка от ее реализации составила 19,4 млн руб., т. е. 77,6 % от таковой при сплошно-лесосечных и 82,6 % при условно-сплошных рубках.

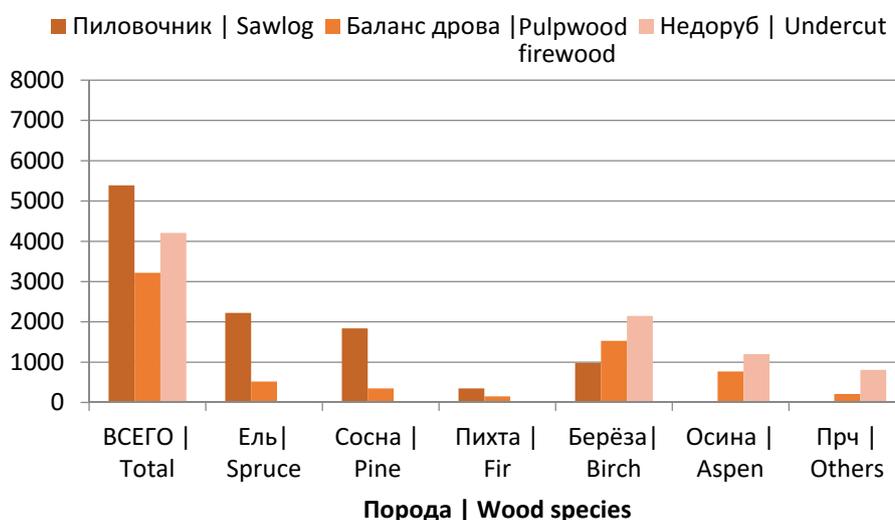


Рис. 2. Выход сортиментов при проведении условно-сплошных рубок
 Fig. 2. The output of shortwood during conditional clear cuttings

При этом следует учесть, что благодаря специфике расчета арендной платы при выборочных рубках и минимизации затрат на лесовосстановление общие расходы при проведении первого приема равномерно-постепенной рубки составили лишь 14,4 млн руб., что обусловило получение прибыли в размере 5,0 млн руб.

Замена сплошнолесосечных рубок двухприемными равномерно постепенными обеспечит сохранение насаждениями экологических функций. Сравнительно высокая относительная полнота оставляемой на доразращивание части древостоя (0,4–0,5) будет способствовать ветроустойчиво-

сти, а наличие молодых тонкомерных деревьев обеспечит быстрое восстановление запаса древостоя. Другими словами, равномерно-постепенные рубки оправданы не только с экономической, но и с экологической точек зрения.

Наличие семенных тонкомерных деревьев при проведении равномерно-постепенных рубок позволяет уже через 10–15 лет проводить очередной завершающий прием рубки с заготовкой пиловочника и присутствием на вырубке жизнеспособного хвойного подроста, что исключает необходимость искусственного лесовосстановления.

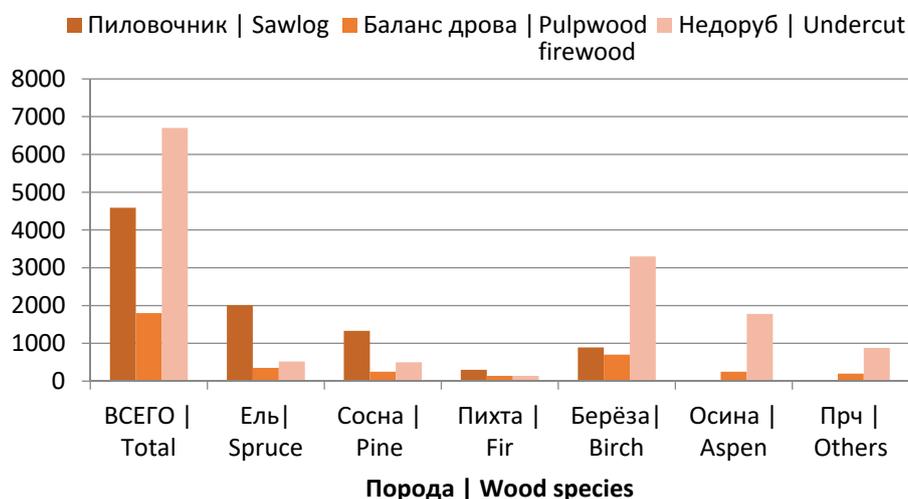


Рис. 3. Выход сортиментов при проведении первого приема равномерно-постепенной рубки
Fig. 3. The output of shortwood during the first stage of even gradual cutting

Выводы

1. Максимальной экономической эффективностью из трех проанализированных рубок спелых и перестойных насаждений характеризуются равномерно-постепенные рубки.

2. Расходы на комплекс работ по заготовке древесины и лесовосстановлению составляют при проведении сплошнолесосечных рубок 32,8 млн руб., при проведении условно-сплошных рубок – 22,5 млн руб. и при проведении равномерно-постепенных – 14,4 млн руб.

3. При объеме заготовки при сплошнолесосечных рубках 13017, условно-сплошных – 8710 и равномерно-постепенных – 6,314 м³ прибыль от реализации древесины составит 7,8 млн руб., 1,0 млн руб. и 5,0 млн руб. соответственно.

4. Равномерно-постепенные рубки, помимо высоких экономических показателей, обеспечивают сохранение насаждениями экологических функций.

Список источников

- Азаренок В. А., Залесов С. В. Экологизированные рубки леса. Екатеринбург, 2015. 97 с.
Воспроизводство и омоложение ленточных боров Алтайского края / С. В. Залесов, А. Е. Осипенко, А. Ю. Толстиков [и др.]. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. 360 с.

- Восстановление еловых лесов: теория, отечественный опыт и методы решения / *Н. Н. Теринов, Е. М. Андреева, С. В. Залесов* [и др.] // Лесной журнал. 2020. Т. 3. С. 9–23.
- Задачи сохранения биоразнообразия при заготовке древесины и пути их решения / *С. В. Залесов, Е. В. Ведерников, В. Н. Залесов* [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2016. № 2 (144). С. 37–40.
- Залесов С. В.* Лесоводство. Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. 295 с.
- Залесов С. В., Луганский Н. А.* Повышение продуктивности сосновых лесов Урала. Екатеринбург : УГЛТУ, 2002. 331 с.
- Казанцев С. Г., Залесов С. В., Залесов А. С.* Оптимизация лесопользования в производных березняках Среднего Урала. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. 121 с.
- Луганский Н. А., Залесов С. В.* Лесоведение и лесоводство. Термины, понятия, определения. Екатеринбург : УЛТИ, 1997. 101 с.
- Луганский Н. А., Залесов С. В., Азаренок В. А.* Лесоводство. Екатеринбург : УГЛТА, 2001. 320 с.
- Луганский Н. А., Залесов С. В., Щавровский В. А.* Повышение продуктивности лесов. Екатеринбург : УЛТИ, 1995. 297 с.
- Мелехов И. С.* Лесоводство. М. : МГУЛ, 2005. 324 с.
- Об утверждении видов лесосечных работ, порядка и последовательности их выполнения, формы технологической карты лесосечных работ, формы акта заключительного осмотра лесосеки и порядка заключительного осмотра лесосеки : утв. приказом Минприроды России от 17.01.2022 г. № 23 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728157141?ysclid=mkqlo0s9vr655958743> (дата обращения: 01.12.2025).
- Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации : утв. приказом Минприроды от 18.08.2014 г. № 367 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339?ysclid=mkqlpp1loe592230886> (дата обращения: 01.12.2025).
- Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации : утв. приказом Минприроды России от 01.12.2020 г. № 993 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573123735?ysclid=mkqlpdi37z167292265> (дата обращения: 01.12.2025).
- Побединский А. В.* Рубки главного пользования. М. : Лесн. пром-сть, 1980. 192 с.
- Последствия применения сортиментной технологии при рубках спелых и перестойных насаждений / *С. В. Залесов, А. Г. Магасумова, Ф. Т. Тимербулатов* [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2013. № 3 (109). С. 44–46.
- Рекомендации по проведению выборочных рубок в производных березняках Пермского края / *С. В. Залесов, А. С. Попов, Л. А. Белов* [и др.]. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018б. 41 с.
- Рекомендации по проведению выборочных рубок в сложных разновозрастных еловых насаждениях Пермского края / *С. В. Залесов, А. С. Попов, Л. А. Белов* [и др.]. Екатеринбург : УГЛТУ, 2018а. 25 с.
- Сортиментная заготовка древесины / *В. А. Азаренок, Э. Ф. Герц, С. В. Залесов, А. В. Мехренцев.* Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 140 с.
- Сохранность подроста ели и пихты на лесосеках, расположенных в пределах Средне-Уральского лесного района, после проведения в них сплошных рубок и рубок с оставлением в пасаках части деревьев мягколиственных пород / *А. С. Попов, С. В. Залесов, А. М. Добрынин, Н. А. Луганский* // Современная лесная наука: проблемы и перспективы. Воронеж : Истоки, 2017. С. 384–389.
- Тихонов А. С., Зябченко С. С.* Теория и практика рубок леса. Петрозаводск, 1990. 224 с.

References

- Azarenok V. A., Zalesov S. V.* Ecologized logging. Yekaterinburg, 2015. 97 p.
- Consequences of the use of sorting technology in logging of mature and overgrown plantations / *S. V. Zalesov, A. G. Magasumova, F. T. Timerbulatov* [et al.] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2013. № 3 (109). P. 44–46. (In Russ.)
- Kazantsev S. G., Zalesov S. V., Zalesov A. S.* Optimization of forest management in derived birch forests of the Middle Urals. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2006. 121 p.
- Lugansky N. A., Zalesov S. V.* Forest science and forestry. Terms, concepts, definitions. Yekaterinburg : USFEI, 1997. 101 p.
- Lugansky N. A., Zalesov S. V., Azarenok V. A.* Forestry. Yekaterinburg : USFEA, 2001. 320 p.
- Lugansky N. A., Zalesov S. V., Shchavrovsky V. A.* Increasing forest productivity. Yekaterinburg : USFEI, 1995. 297 p.
- Melekhov I. S.* Forestry. Moscow : State Educational Institution of Higher Professional Training MSFPU, 2005. 324 p.
- Objectives of biodiversity conservation in timber harvesting and ways to solve them / *S. V. Zalesov, E. V. Vedernikov, V. N. Zalesov* [et al.] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016. № 2 (144). P. 37–40. (In Russ.)
- On approval of the List of forest-growing zones of the Russian Federation and the List of Forest Regions of the Russian Federation : Approved by the Government of the Russian Federation : Order of the Ministry of Natural Resources and Environment dated 08.18.2014 № 367 // Electronic collection of legal and regulatory documents : [website]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339?ysclid=mkqlpp1loe592230886> (accessed 01.12.2025).
- On approval of the Rules for harvesting wood and the specifics of harvesting wood in forestry areas specified in Article 23 of the Forest Code of the Russian Federation : Approved by By Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated December 01, 2020, № 993 // Electronic collection of legal and regulatory documents : [website]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573123735?ysclid=mkqlpdi37z167292265> (accessed 01.12.2025).
- On approval of the types of logging operations, the order and sequence of their execution, the form of the technological map of logging operations, the form of the act of final inspection of the cutting area and the order of the final inspection of the cutting area : Approved by the Government of the Russian Federation : By Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 17.01.2022 № 23 // Electronic collection of legal and regulatory documents : [website]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728157141?ysclid=mkqlo0s9vr655958743> (accessed 01.12.2025).
- Pobedinsky A. V.* Logging of the main use. Moscow : Forest industry, 1980. 192 p.
- Preservation of spruce and fir undergrowth in logging areas located within the Middle Ural forest region, after continuous logging and logging with the abandonment of soft-deciduous trees in apiaries / *A. S. Popov, S. V. Zalesov, A. M. Dobrynin, N. A. Lugansky* // *Modern Forest Science: problems and prospects*. Voronezh : Istoki, 2017. P. 384–389. (In Russ.)
- Recommendations for conducting selective logging in complex multi-age spruce plantations of the Perm Region / *S. V. Zalesov, A. S. Popov, L. A. Belov* [et al.]. Yekaterinburg : USFEU, 2018a. 25 p.
- Recommendations for selective logging in derived birch forests of the Perm Region / *S. V. Zalesov, A. S. Popov, L. A. Belov* [et al.]. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2018b. 41 p.
- Reproduction and rejuvenation of tapeworms of the Altai Territory / *S. V. Zalesov, A. E. Osipenko, A. Y. Tolstikov* [et al.]. Yekaterinburg : USFEU, 2023. 360 p.
- Restoration of spruce forests: theory, domestic experience and methods of solution / *N. N. Terinov, E. M. Andreeva, S. V. Zalesov* [et al.] // *Forest journal*. 2020. Vol. 3. P. 9–23. (In Russ.)

Selective harvesting of wood // *V. A. Azarenok, E. F. Hertz, S. V. Zalesov, A. V. Mehrentsev*. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2015. 140 p.

Tikhonov A. S., Zhabchenko S. S. Theory and practice of logging. Petrozavodsk, 1990. 224 p.

Zalesov S. V. Forestry. Yekaterinburg : USFEU, 2020. 295 p.

Zalesov S. V., Lugansky N. A. Increasing the productivity of pine forests in the Urals. Yekaterinburg : USFEU, 2002. 331 p.

Информация об авторах

A. B. Суслопаров – магистр;

C. B. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

A. V. Susloparov – master’s student;

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

Статья поступила в редакцию 25.12.2025; принята к публикации 15.01.2026.

The article was submitted 25.12.2025; accepted for publication 15.01.2026.
