

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 09.06.2025.
Дата выхода в свет 16.06.2025.
Формат 60×84/8. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 15,97. Усл. печ. л. 20,00.
Тираж 100 экз. (1-й завод 32 экз.).
Заказ № 8113

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

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

Цена свободная

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

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2025

К сведению авторов

Внимание!

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

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

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

Недоукомплектованный 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. Полушириное 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

Данчева А. В., Залесов С. В., Назарова В. В. Особенности естественного лесовозобновления сосновых насаждений в условиях городских лесов города Тюмени (на примере парка «Гилевская роща»)	4
Предеина И. В. Создание припоселковых кедровников и кедросадов на территории Югры	16
Ковригина А. А., Третьяков С. В., Парамонов А. А. Видовое разнообразие живого напочвенного покрова в сосновых насаждениях побережья Белого моря	26
Уразов П. Н., Усольцев В. А., Уразова А. Ф. Модели диаметра ствола в зависимости от высоты дерева и диаметра кроны в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги	35
Читаев В. И., Морозов А. Е. Формирование лесной растительности на элементах мезорельефа в долине реки Тобол в условиях Северного Зауралья	45
Аткина Л. И., Амерханова А. П., Жукова М. В. Структура и состав насаждений парка им. Павлика Морозова в Екатеринбурге	54
Сродных Т. Б., Серебрякова С. И., Волосов И. А. Встречаемость, рост и состояние дуба черешчатого на объектах ландшафтной архитектуры Екатеринбурга	62
Лутай С. С. Влияние биологически активных добавок на всхожесть семян	70
Клинов А. С., Марковская А. Н. Эффективность размножения сортов смородины черной (<i>Ribes nigrum</i> L.) одревесневшими черенками для обогащения подлеска	78
Старыгин Л. А. Проблема повышения плодородия почв лесных питомников и пути ее решения	88
Коюнчу М., Улай Г., Аята У. Использование красителей, полученных из некоторых растений, для изменения цвета древесины сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	96
Пекер Х., Чамлибел О., Кара Э. М., Улай Г., Аята У. Исследование эффективности производства древесноволокнистых плит средней плотности (ДВП) с использованием древесины восточного бука (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky)	104
Чернышев Д. О., Лукаш А. А., Романов В. А., Разрезов К. В. Термопрокат вместо шлифования древесных композиционных материалов	114
Чернышев Д. О., Лукаш А. А., Романов В. А., Пыкин А. А. О возможности применения отработанного машинного масла для пропитки древесины	119
Гороховский А. Г., Шишкина Е. Е., Агафонов А. С., Овчинникова Т. С., Соколов И. В. Производственные испытания технологии сушки древесины березы бесступенчатыми режимами	125
Усова К. А., Авалев Р. Р., Прытков Л. Н., Шкуро А. Е. Исследование процесса кислотного гидролиза ацетата целлюлозы	133
Тесленко А. Ю., Шишов О. Ф., Глухих В. В., Ельцов О. С. Изучение физико-механических свойств карданолсодержащей эпоксидной матрицы	141
Приб Ю. В., Щеголев А. А. Разработка технологии получения синбиотика на основе природных каротиноидов и биофлавоноидов	160
Герц Э. Ф. Василий Андреевич Азаренок. К 80-летию юбилею	169

Content

Dancheva A. V., Zalesov S. V., Nazarova V. V. Features of natural forest regeneration of pine plantations in urban forests of the city of Tyumen (on the example of Gilevskaya Grove park)	5
Predeina I. V. Creation of near-settlement cedar forest and cedar gardens on the territory of Yugra	16
Kovrigina A. A., Tretyakov S. V., Paramonov A. A. Species diversity of living ground cover in pine plantings of the White Sea coast.	27
Urazov P. N., Usoltsev V. A., Urazova A. F. Stem diameter models depending on tree height and the crown diameter in protective forest belts of the Sverdlovsk Railway	36
Chitaev V. I., Morozov A. E. Formation of forest vegetation on elements of mesorelief in the Tobol River bottom in the conditions of the Northern Trans-Urals	46
Atkina L. I., Amerkhanova A. P., Zhukova M. V. Structure and composition of plantings of the park named after Pavlik Morozov in Yekaterinburg	55
Srodnykh T. B., Serebryakova S. I., Volosov I. A. Occurrence, growth and condition of pedunculate oak on the objects of landscape architecture of Yekaterinburg	63
Lutai S. S. Influence of biologically active additives on seed germination	71
Klinov A. S., Markovskaya A. N. The efficiency of propagation of currant varieties black (<i>Ribes nigrum</i> L.) lignified cuttings for enriching the undergrowth	79
Sarygin L. A. The problem of increasing soil fertility in forest nurseries and ways to solve it	88
Koyuncu M., Ulay G., Ayata U. Use of dyes obtained from some plants in scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) wood for color changing purposes	97
Peker H., Chamlybel O., Kara M. E., Ulay G., Ayata U. Research of medium density fiberboard (MDF) production performance using oriental beech (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky) wood	105
Chernyshev D. O., Lukash A. A., Romanov V. A., Razrezov K. V. Thermal rolling instead of grinding wood composite materials	115
Chernyshev D. O., Lukash A. A., Romanov V. A., Pykin A. A. About the possibility of application used engine oil for wood impregnation	120
Gorokhovskiy A. G., Shishkina E. E., Agafonov A. S., Ovchinnikova T. S., Sokolov I. V. Production tests of birch wood drying technology with stepless modes	126
Usova K. A., Avalev R. R., Prytkov L. N., Shkuro A. E. Research of the process of acid hydrolysis of cellulose acetate	134
Teslenko A. Yu., Shishlov O. F., Glukhykh V. V., Eltsov O. S. Research of physical and mechanical properties of a cardanol-containing epoxy matrix	142
Prib Yu. V., Shchegolev A. A. Development of a technology for obtaining synbiotics based on natural carotenoids and bioflavonoids	161
Hertz E. F. Vasily Andreevich Azarenok. On the 80th anniversary	169

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 4–15.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 4–15.

Научная статья

УДК 502/504: 630*231

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.001

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ ГОРОДА ТЮМЕНИ (НА ПРИМЕРЕ ПАРКА «ГИЛЕВСКАЯ РОЩА»)

Анастасия Васильевна Данчева¹, Сергей Вениаминович Залесов²,
Валентина Владимировна Назарова³

^{1,3} Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

² Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ a.dancheva@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5230-7288>

² zalesovsv@m.usfeu.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3779-410x>

³ nazarova.vv.b23@mti.gausz.ru

Аннотация. Проанализированы особенности естественного возобновления чистых по составу спелых высокополнотных сосновых насаждений в парке «Гилевская роща» г. Тюмени. Исследования проведены на двух заложенных пробных площадях (ПП): на лесном участке с активным посещением (ПП-2) и на лесном участке, выбранном в качестве контроля с минимальной посещаемостью (ПП-1). Установлено, что сосняки возобновляются в основном сосной, березой, осиной и кленом. При этом на контрольном участке (ПП-1) отмечается наличие подроста дуба черешчатого в незначительном количестве. По общему числу всходов на двух анализируемых лесных участках преобладает сосна. Общее количество подроста каждой древесной породы на рекреационно нарушенном лесном участке в 4,5–9,0 раза меньше в сравнении с аналогичными показателями на контрольном участке. Отмечается общая закономерность снижения количества жизнеспособного подроста сосны в каждой высотной категории на рекреационном лесном участке в сравнении с таковым на контроле. По нормативным показателям для Западно-Сибирского подтаежного лесостепного района, к которому относятся лесные насаждения парка «Гилевская роща» г. Тюмени, на контрольном лесном участке процесс естественного лесовосстановления сосновых насаждений можно оценивать как успешный. Отмечаемое повышенное количество поврежденных экземпляров подроста сосны (до 50 % от общего числа учтенного подроста в каждой высотной категории на рекреационно нарушенном лесном участке) и снижение количества жизнеспособного подроста сосны (до 40–50 %) являются одним из показателей деградационного процесса сосновых насаждений. Для сохранения сосновых насаждений парка «Гилевская роща» в г. Тюмени и содействия естественному лесовосстановительному процессу предложен ряд лесохозяйственных мероприятий.

Ключевые слова: лесопарк, сосновые насаждения, рекреационное воздействие, естественное возобновление

Для цитирования: Данчева А. В., Залесов С. В., Назарова В. В. Особенности естественного лесовозобновления сосновых насаждений в условиях городских лесов города Тюмени (на примере парка «Гилевская роща») // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 4–15.

Original article

FEATURES OF NATURAL FOREST REGENERATION OF PINE PLANTATIONS IN URBAN FORESTS OF THE CITY OF TYUMEN (ON THE EXAMPLE OF GILEVSKAYA GROVE PARK)

Anastasia V. Dancheva¹, Sergey V. Zalesov², Valentina V. Nazarova³

^{1,3} Northern Trans-Urals State Agricultural University, Tyumen, Russia

² Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ a.dancheva@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5230-7288>

² zalesovsv@m.usfeu.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3779-410x>

³ nazarova.vv.b23@mti.gausz.ru

Abstract. The analysis of the features of natural regeneration of pure in composition, ripe, high-density pine plantations in Gilevskaya grove park in the city of Tyumen was performed. The research was conducted on two laid out trial plots (TP): on a forest plot with active attendance (TP-2) and on a forest plot selected as a control with minimal attendance (TP-1). It has been established that pine forests are regenerated mainly by pine, birch, aspen and maple. At the same time, there is a presence of pedunculate oak undergrowth in small quantities in the control plot (TP-1). By the total number of seedlings, pine prevails in the two analyzed forest plots. The total number of each tree species undergrowth in a recreational disturbed forest plot is 4,5–9,0 times less compared to similar indicators in the control plot. A common pattern of decreasing the number of viable pine undergrowth in each altitude category in the recreational forest plot compared to the control plot is noted. According to the normative indicators for the West Siberian subtaiga forest-steppe region, which includes the forest plantations of Gilevskaya grove park in the city of Tyumen, the process of natural reforestation of pine plantations in the control forest plot can be assessed as successful. The noted increased number of damaged pine undergrowth specimens (up to 50 % of the total number of registered undergrowth in each altitude category in the recreationally disturbed forest plot) and a decrease in the number of viable pine undergrowth (up to 40–50 %) is one of the indicators of the degradation process of pine plantations. A number of forestry measures to preserve the pine plantations of Gilevskaya Grove park in Tyumen and promote the natural reforestation process have been proposed.

Keywords: forest park, pine forests, recreational impact, natural regeneration

For citation: Dancheva A. V., Zalesov S. V., Nazarova V. V. Features of natural forest regeneration of pine plantations in urban forests of the city of Tyumen (on the example of Gilevskaya grove park) // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2(93). P. 4–15.

Введение

Устойчивое, рациональное, неистощительное лесопользование является основой успешного планирования и управления лесами зеленых лесопарковых зон в современных условиях мегаполисов и больших городов (Бессчетнов, Бессчетнова, 2019; Мартынова, 2021; Аткина и др., 2021).

Имеющие место городские насаждения создают каркас общей системы озеленения. Их специфической особенностью является определенная

степень адаптации к региональным неблагоприятным факторам, в частности к воздействию промышленных поллютантов местных предприятий. В то же время произрастание под воздействием неблагоприятных антропогенных и природных факторов требует принятия адекватных мер для сохранения устойчивости и декоративности городских насаждений. Другими словами, система проведения лесоводственных мероприятий в городских насаждениях должна существенно отличаться

от таковой в естественных насаждениях (Казбанова, 2020; Обоснование..., 2021; Бунькова, Абраменко, 2020). В связи с этим мониторингу состояния лесных насаждений лесопарковых зон уделяется первостепенное внимание.

В крупных городах парки выполняют важные социальные, экологические функции, а зеленые насаждения являются одним из важнейших факторов комфортности городской среды (Видовой состав..., 2019; Карташова, Хазова, 2021; Зубарева и др., 2021; Сквер..., 2022). Городская среда со всем комплексом негативных факторов оказывает мощное стрессирующее воздействие на все компоненты лесных насаждений парков, при этом одними из первых на эти изменения откликаются нижние ярусы растительности, в том числе и подрост.

Несмотря на достаточно организованное благоустройство парка, отдыхающие часто перемещаются не по специально оборудованной дорожно-тропиночной сети, а непосредственно по лесным участкам, тем самым оказывая нагрузку на все компоненты насаждений, при этом одним из первых испытывают негативные изменения всходы и подрост.

Последнее объясняется тем, что, несмотря на проводимые в лесных парках работы по благоустройству и созданию дорожно-тропиночной сети, ряд отдыхающих перемещается бессистемно, вытаптывая и повреждая нижние компоненты насаждения, включая подрост, всходы и подлесок.

Одним из этапов формирования долговечных лесных насаждений, устойчивых к особым условиям городской среды, является успешность их естественного возобновления (Безруких и др., 2020; Терентьева и др., 2023). Именно естественно формирующиеся насаждения имеют большую по сравнению с лесными культурами устойчивость к различного рода факторам антропогенного и природного характера.

Для обеспечения эффективного лесовосстановления, точнее накопления подроста для последующей замены материнского древостоя, необходима система лесоводственных мероприятий, которая должна базироваться на комплексных

исследованиях количества и качества подроста, а также мониторинге за его состоянием (Зарубина и др., 2021; Естественное возобновление..., 2022).

Особенности естественного лесовозобновительного процесса сосновых насаждений парка «Гилевская роща» г. Тюмени на сегодняшний день с практической точки зрения малоизучены. Отсутствие современных данных в количественной и качественной характеристике возобновления сосновых насаждений парка «Гилевская роща» влечет за собой применение неактуальных мероприятий по поддержанию стабильности данных лесов, что в итоге может привести к их деградации.

Цель работы – анализ таксационных показателей подроста под пологом сосновых насаждений в парке «Гилевская роща» и разработка на этой основе предложений по содействию лесовосстановлению.

Объекты и методики исследований

Объектом исследований служили сосновые насаждения, произрастающие в одном из лесных парков г. Тюмени. Парк носит название «Гилевская роща» и многие годы является местом отдыха населения города, что определяет интенсивные рекреационные нагрузки. В парке преобладают сосновые насаждения, на долю которых приходится 65 % покрытых лесной растительностью земель. Второй лесной формацией на территории лесного парка являются березняки, занимающие 30 % от покрытой лесной растительностью площади. Указанные березовые насаждения являются производными, поскольку сформировались на месте коренных сосновых насаждений после проведения сплошнолесосечных рубок.

В процессе исследований в сосновых насаждениях указанного ранее парка было заложено две ПП, на каждой из которых в соответствии с апробированными методиками (Данчева и др., 2023), в свою очередь, заложено по 20 учетных площадок размером 2×2 м.

ПП-1 служила контролем, поскольку была заложена в 1 км от берега речки, где преимущественно концентрируются отдыхающие. Другими

словами, ПП-1 находится в стороне от мест основного нахождения населения, а также в максимальной удаленности от благоустроенных дорожек. ПП-2 располагается непосредственно вблизи с береговой частью речки Войновки с наибольшей антропогенной нагрузкой (Гилевская роща, 2017; Данчева и др., 2024а).

Сосняки на ПП представлены чистыми по составу спелыми и перестойными высокополнотными насаждениями. Подробное описание указанных сосновых и березовых насаждений приведено в работах, опубликованных нами ранее (Данчева и др., 2024б).

В процессе выполнения работ на ПП производился учет количества всходов и подроста. При этом последний распределялся по видам, жизненному состоянию, высоте, что позволило позднее в камеральных условиях дать количественную и качественную оценку имеющегося подроста, а также установить обеспеченность подростом путем сравнения полученных данных с требованиями действующего нормативно-правового документа (Об утверждении..., 2021).

Помимо подроста, на ПП производилось описание живого напочвенного покрова и подлеска.

Результаты и их обсуждение

По данным табл. 1, на контрольном участке (ПП-1) возобновление представлено такими древесными породами, как сосна обыкновенная, клен ясенелистный, яблоня лесная, осина и дуб черешчатый.

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что всходы представлены сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и кленом ясенелистным (*Acer negundo* L.). При этом количество всходов каждого из указанных видов превышает 2,0 тыс. шт./га, что свидетельствует о продолжении процесса лесовосстановления.

В составе подроста доминирует сосна, однако настораживает тот факт, что среди подроста сосны отсутствуют крупные экземпляры, в то время как имеется крупный подрост клена ясенелистного, осины и яблони лесной.

Данные о количестве всходов и подроста на ПП-2 приведены в табл. 2.

ПП-2 расположена вблизи рекреационных объектов, что определяет интенсивную антропогенную нагрузку на все компоненты соснового насаждения. Указанное подтверждается тем, что если в контрольном насаждении (ПП-1) количество подроста сосны составляет 11,6 тыс. шт./га, то при интенсивной рекреационной нагрузке (ПП-2) количество указанного подроста не превышает 2,5 тыс. шт./га. При этом следует отметить, что на контрольном лесном участке (ПП-1) в небольшом количестве (до 0,1 тыс. шт./га) встречается жизнеспособный подрост дуба черешчатого, представленного мелкой высотной категорией. На ПП-2 подрост этой древесной породы отсутствует.

На ПП-1, в зоне условного контроля, подрост основной лесобразующей породы (сосны) представлен двумя высотными категориями – мелкий и средний (рис. 1). По количеству преобладает подрост, относящийся к группе средний, т. е. имеющий высоту от 0,5 до 1,5 м. Его практически в 1,8 раза больше по сравнению с подростом высотой до 0,5 м. При увеличении рекреационной нагрузки картина резко меняется и на ПП-2 количество мелких экземпляров подроста в 3 раза больше, чем среднего (рис. 2).

Общая закономерность соотношения подроста по крупности других древесных пород на рассматриваемых ПП указывает на преобладание мелкого по высоте подроста на ПП-1 (условно контроль) в сравнении с ПП-2 (зона активного посещения), где отмечается наибольшее, от общего количества подроста каждой древесной породы, количество среднего по высоте подроста.

По количеству жизнеспособного подроста, наблюдаемого на контрольном участке (ПП-1), с учетом нормативных показателей для Западно-Сибирского подтаежно-лесостепного района (Об утверждении..., 2021), к которому относятся лесные насаждения г. Тюмени, можно судить об успешности лесовосстановительного процесса сосновых насаждений в парке «Гилевская роща». На рекреационном участке (ПП-2) количества жизнеспособного подроста сосны, не превышающего 0,7 тыс. шт./га, недостаточно, чтобы утверждать об успешности естественного лесовосстановления.

Таблица 1
Table 1

Показатели естественного лесовозобновления на ПП-1, тыс. шт./га
Indicators of natural reforestation on PP-1, thousand units/ha

Показатель Indicator				Древесная порода** Tree species				
				С Р	Кл АМ	Яб Ар	Ос As	Д О
Всходы Young seedling				2,4	2,1	0,0	0,0	0,0
Высотная группа подроста Group of tree heights	Мелкий Small	0–10 см cm	Ж / V*	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0
			С / Un	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			Нж / Nv	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
		10–25 см cm	Ж / V*	0,4	0,0	0,2	0,0	0,1
			С / Un	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			Нж / Nv	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		25–50 см cm	Ж / V*	3,0	0,4	0,1	1,4	0,0
			С / Un	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0
			Нж / Nv	0,5	0,0	0,0	0,2	0,0
		Итого total	Ж / V*	3,4	3,3	0,3	1,4	0,1
			С / Un	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0
			Нж / Nv	0,5	0,5	0,0	0,2	0,0
	Средний Average	0,5–1,0 м m	Ж / V*	6,1	0,1	0,1	1,5	0,0
			С / Un	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
			Нж / Nv	0,9	0,0	0,1	0,3	0,0
		1,0–1,5 м m	Ж / V*	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0
			С / Un	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
			Нж / Nv	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
		Итого Total	Ж / V*	6,3	0,3	0,2	1,7	0,0
			С / Un	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0
			Нж / Nv	0,9	0,1	0,2	0,4	0,0
	Крупный Large	Свыше 1,5 м More 1,5 m	Ж / V*	0,0	0,8	0,6	0,2	0,0
			С / Un	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
			Нж / Nv	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0
Всего In total				11,6	5,2	1,7	4,4	0,1

* Категории жизнеспособности подростa: Ж – жизнеспособный; С – сомнительный; Нж – нежизнеспособный.

** Древесные породы: С – сосна обыкновенная; Кл – клен ясенелистный; Яб – яблоня лесная; Ос – осина; Д – дуб черешчатый.

* Categories of undergrowth viability: V – viability; Un – uncertain; Nv – no viability.

** Tree species: P – pine; АМ – ash maple; Ар – forest apple tree; As – aspen; О – oak petiolate.

Таблица 2

Table 2

Количество подроста и всходов на ПП-2, тыс. шт./га
Number of undergrowth and seedlings per PP-2, thousand units/ha

Показатель Indicator				Древесная порода** Tree species			
				С Р	Б В	Кл АМ	Яб Ар
Всходы Young seedling				3,5	0,0	0,0	0,0
Высотная группа подроста Group of tree heights	Мелкий Small	0–10 см cm	Ж / V*	0,1	0,0	0,1	0,0
			С / Un	0,0	0,0	0,0	0,0
			Нж / Nv	0,0	0,0	0,0	0,0
		10–25 см cm	Ж / V	1,0	0,0	0,0	0,0
			С / Un	0,1	0,0	0,1	0,0
			Нж / Nv	0,4	0,0	0,1	0,0
		25–50 см cm	Ж / V	0,2	0,0	0,0	0,0
			С / Un	0,0	0,0	0,0	0,0
			Нж / Nv	0,1	0,0	0,1	0,0
		Итого total	Ж / V	1,0	0,0	0,1	0,0
			С / Un	0,1	0,0	0,1	0,0
			Нж / Nv	0,8	0,0	0,2	0,0
	Средний Average	0,5–1,0 м m	Ж / V	0,4	0,0	0,1	0,2
			С / Un	0,1	0,1	0,0	0,0
			Нж / Nv	0,1	0,0	0,0	0,0
		1,0–1,5 м m	Ж / V	0,0	0,0	0,0	0,0
			С / Un	0,0	0,0	0,0	0,0
			Нж / Nv	0,0	0,1	0,0	0,0
		Итого total	Ж / V	0,4	0,0	0,1	0,2
			С / Un	0,1	0,1	0,0	0,0
			Нж / Nv	0,1	0,1	0,0	0,0
	Крупный Large	Свыше 1,5 м More 1,5 m	Ж / V	0,0	0,0	0,1	0,0
			С / Un	0,0	0,0	0,0	0,0
			Нж / Nv	0,0	0,0	0,0	0,0
Всего In total				2,5	0,2	0,6	0,2

* Категории жизнеспособности подроста: Ж – жизнеспособный; С – сомнительный; Нж – нежизнеспособный.

** Древесные породы: С – сосна обыкновенная; Б – береза; Кл – клен ясенелистный; Яб – яблоня лесная.

* Categories of undergrowth viability: V – viability; Un – uncertain; Nv – no viability.

** Tree species: P – pine; B – Birch; AM – ash maple; Ap – forest apple tree.

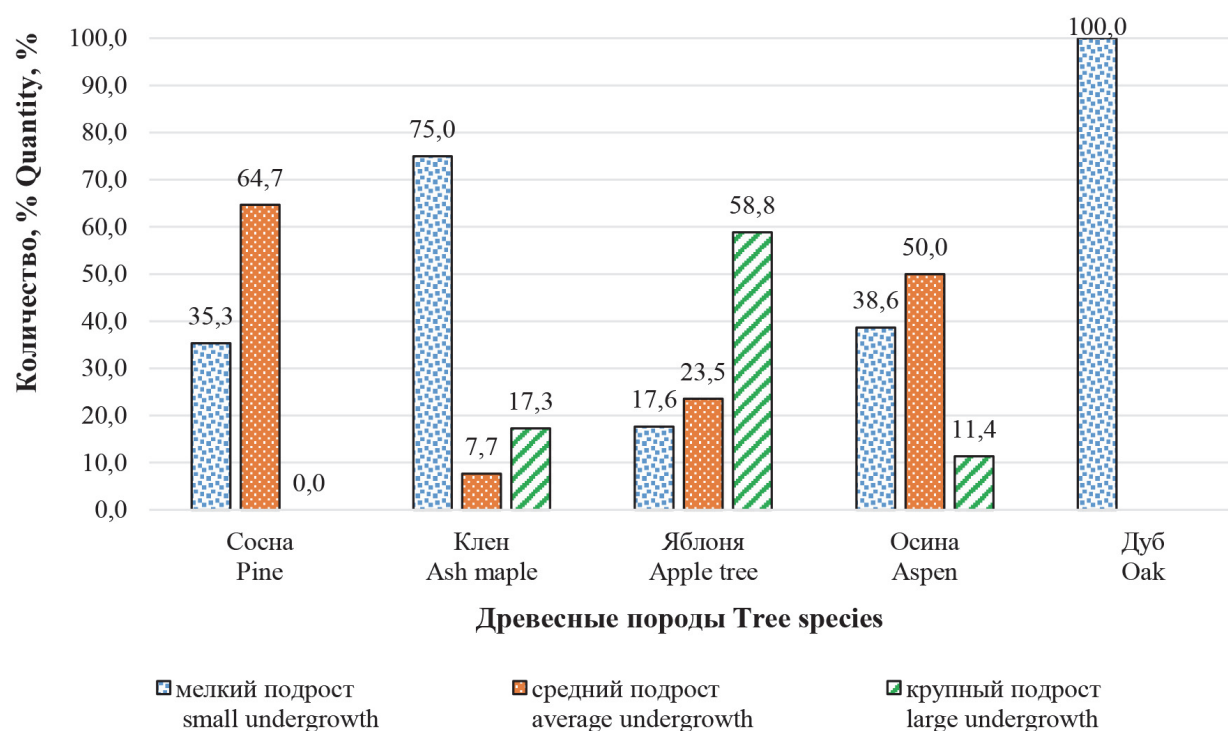


Рис. 1. Распределение подроста по высотным категориям в зависимости от общего количества подроста каждой древесной породы на ПП-1 (условно контроль)

Fig. 1. Distribution of undergrowth by altitude categories depending on the total number of undergrowth of each tree species on PP-1 (conditional control)

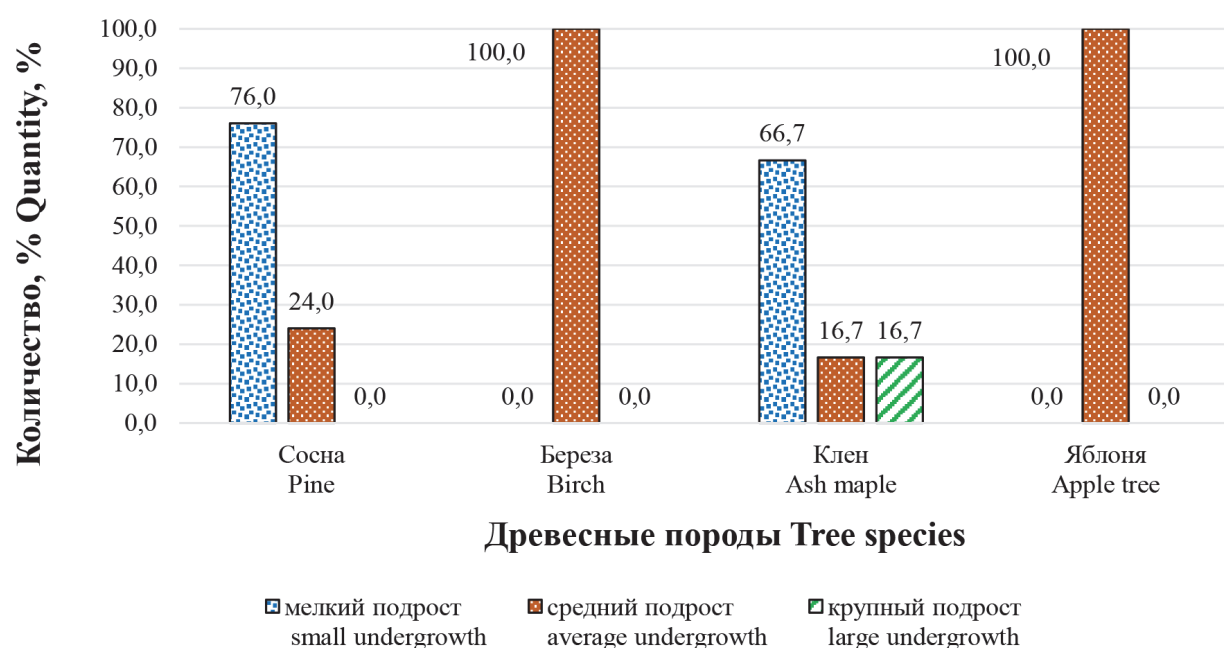


Рис. 2. Распределение подроста по высотным категориям в зависимости от общего количества подроста каждой древесной породы на ПП-1 (рекреационный участок)

Fig. 2. Distribution of undergrowth by altitude categories depending on the total number of undergrowth of each tree species on PP-1 (recreational area)

Оценка соотношения подроста древесных пород по его состоянию на каждой ПП в зависимости от основного действующего антропогенного фактора показывает, что в зоне условного контроля (ПП-1) во всех высотных категориях преобладает жизнеспособный подрост (рис. 3). Его количество достигает 60–100 %. Жизнеспособный подрост основной лесобразующей породы (сосны) во всех анализируемых высотных категориях составляет 83–84 % общего числа учтенных экземпляров.

В условиях повышенной антропогенной нагрузки (на ПП-2) наибольшая часть жизнеспособного подроста большинства древесных пород, от

67 % у сосны до 100 % у клена и яблони, представлена средней высотной категорией (рис. 4).

Основной отличительной особенностью подроста на ПП-1, выполняющей роль контроля, и ПП-2, где зафиксированы интенсивные рекреационные нагрузки, является то, что на ПП-1 подрост представлен преимущественно мелкими экземплярами (см. рис. 3).

Интенсивные рекреационные нагрузки на ПП-2 привели к накоплению нежизнеспособного подроста (см. рис. 4). Последнее является надежным свидетельством отрицательной роли рекреационных нагрузок на количественные и качественные показатели подроста.

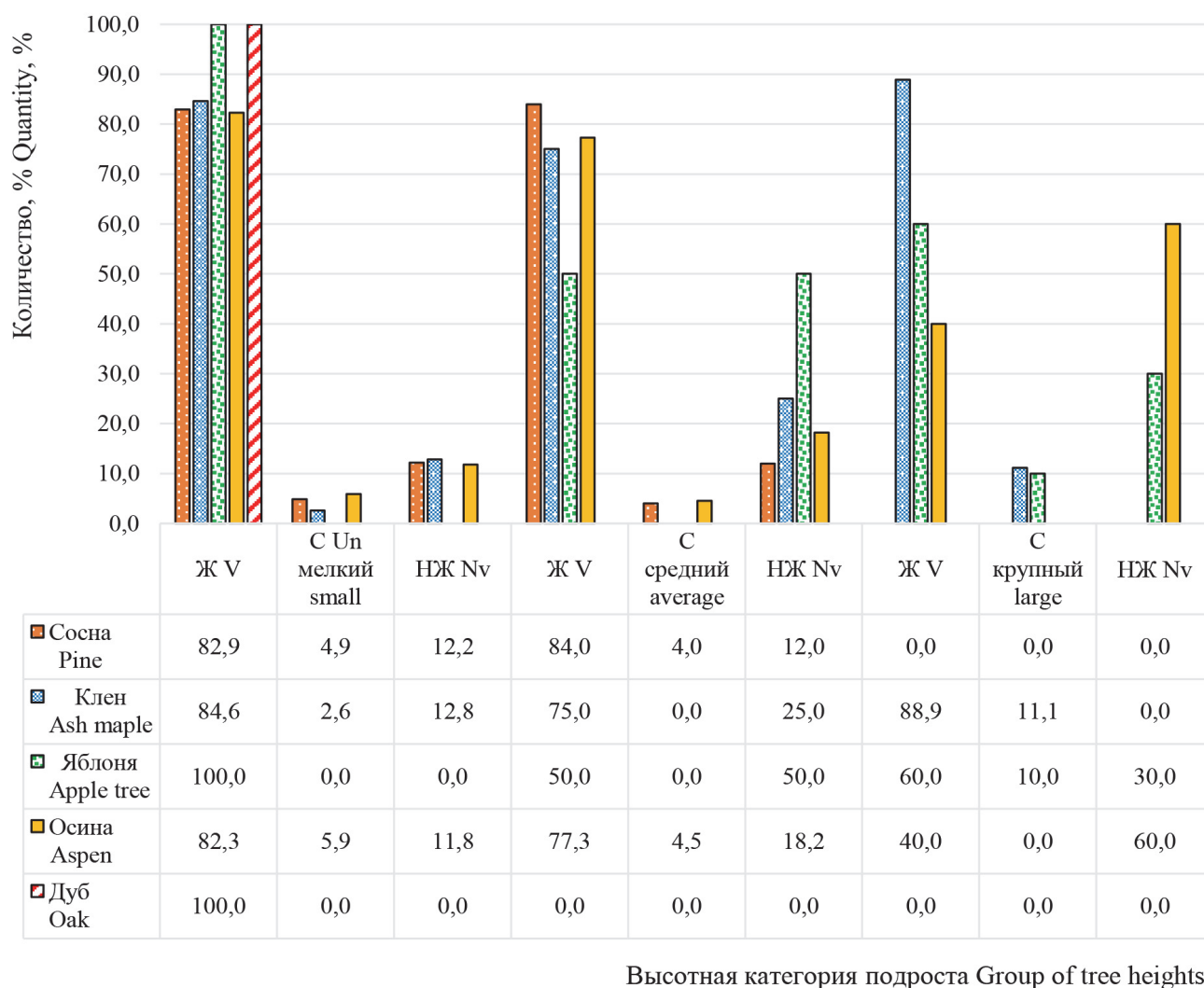
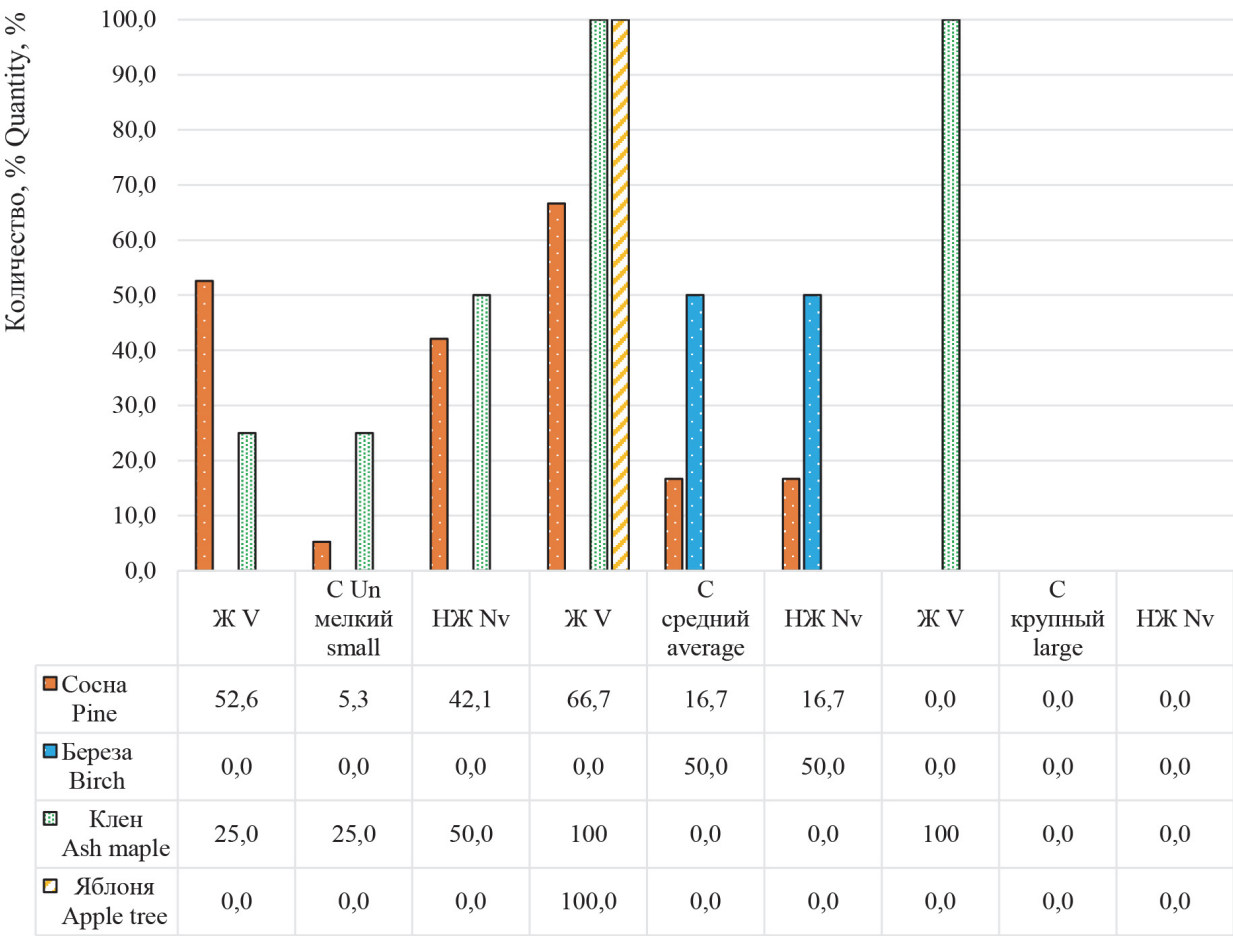


Рис. 3. Соотношение подроста древесных пород по жизнеспособности в каждой категории крупности на ПП-1 (контроль)

Fig. 3. The ratio of undergrowth of tree species by vitality in each size category on PP-1 (control)



Высотная категория подроста Group of tree heights

Рис. 4. Распределение подроста на ПП-2 по группам жизнеспособности
Fig. 4. Distribution of undergrowth on PP-2 by life-ability groups

В целях накопления подроста сосны под пологом сосновых насаждений в парке «Гилевская роща» можно рекомендовать ограничение посещаемости участков рекреантами, что снизит интенсивность негативного антропогенного воздействия. Кроме того, было бы целесообразным провести частичную минерализацию почвы, а также удалить угнетающий подрост сосны обыкновенной самосев клена ясенелистного.

Выводы

- 1. В составе подроста на исследуемых ПП имеют место сосна обыкновенная, береза повислая, осина, клен ясенелистный и дуб черешчатый.
- 2. В составе всходов и подроста доминирует сосна обыкновенная. При этом на ПП-2, где выше

- рекреационная нагрузка, количество всходов представлено только этой породой, в то время как на ПП-1 (контроль) встречаются всходы сосны обыкновенной и клена ясенелистного.
- 3. Общее количество подроста каждой древесной породы на рекреационно нарушенном лесном участке в 4,5–9,0 раза меньше в сравнении с аналогичными показателями на контрольном участке.
 - 4. В соответствии с действующим нормативным документом (Об утверждении..., 2021), обеспеченность подростом на контрольной пробной площади (ПП-1) оценивается как успешная, а на ПП-2, где наблюдается интенсивное рекреационное воздействие на все компоненты соснового насаждения, как недостаточная.

5. К недостаткам лесовосстановительного процесса в сосняках лесного парка «Гилевская роща» следует отнести отсутствие крупного подроста сосны. Другими словами, подрост данной породы не может в условиях парка сформировать второй ярус и в будущем заменить материнский древостой.

6. В целях сохранения парка необходимо принимать меры лесоводственного ухода не только за древостоем, но и за подростом, способствуя его накоплению и постепенному переходу в древостой.

Список источников

- Аткина Л. И., Булатова Л. В., Абрамова Л. П. Городской парк как природно-антропогенный объект (на примере парка 50-летия ВЛКСМ, г. Екатеринбург) // Природообустройство. 2021. № 5. С. 133–140. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-133-140
- Безруких В. А., Авдеева Е. В., Селенина Е. А. Обоснование видового состава древесных растений с учетом дендроклиматического районирования территории сибирского города и его пригородной зоны (на примере города Красноярска) // Хвойные бореальной зоны. 2020. Т. 38, № 5–6. С. 225–236.
- Бессчетнов П. В., Бессчетнова Н. Н. Тополь белый (*Populus alba* L.) в объектах озеленения Нижегородской области: корреляция и регрессия параметров листового аппарата // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2 (22). С. 25–31.
- Бунькова Н. П., Абраменко В. В. Оценка качества среды в городском лесопарке методом флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Леса России и хозяйство в них. 2020. № 1 (72). С. 54–64.
- Видовой состав дендрофлоры и состояние интродуцентов парка Победы г. Воронежа / В. Т. Попова, В. Д. Дорофеева, Ю. В. Чекменева [и др.] // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9, № 2 (34). С. 74–89. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/9
- Гилевская роща, 2017 // ГородТ : [сайт]. URL: <https://gorod-t.info/space/parki-i-skvery/432/> (дата обращения: 14.05.2023).
- Данчева А. В., Залесов С. В., Назарова В. В. Анализ состояния сосновых древостоев в городских лесах города Тюмени (на примере парка «Гилевская роща») // Природообустройство. 2024б. № 3. С. 125–133. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-3-125-133
- Данчева А. В., Залесов С. В., Полтораки К. А. Современное состояние рекреационных березняков в городе Тюмени (на примере парка «Гилевская роща») // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024а. № 1 (77). С. 19–25. DOI: 10.48012/1817-5457-2024-1_19-25
- Данчева А. В., Залесов С. В., Попов А. С. Лесной экологический мониторинг. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2023. 146 с.
- Естественное возобновление сосны в городских лесах города Тюмени (на примере экопарка «Затюменский») / А. В. Данчева, С. В. Залесов, Н. В. Лучкина, В. С. Коровина // Природообустройство. 2022. № 4. С. 124–131. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-124-131
- Зарубина Л. В., Карбасников А. А., Пешин Д. А. Оценка возобновительных процессов под пологом приспевающих хвойных древостоев в Вологодской области // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 2. С. 10–18. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-10-18
- Зубарева О. Н., Прысов Д. А., Буланова О. С. Анализ состояния зеленых насаждений Центрального парка города Красноярска // Сибирский лесной журнал. 2021. № 6. С. 46–58. DOI: 10.15372/SJFS20210605
- Казбанова И. М. Роль патологических новообразований и их возбудителей в функционировании природных экосистем лесопарковых зон // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10, № 3 (39). С. 26–34. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/3

- Карташова Н. П., Хазова Е. П.* Озеленение территорий высших учебных заведений г. Воронежа // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11. № 2 (42). С. 80–90. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.2/8
- Мартынова М. В.* Оценка площади зеленых зон на территории республики Башкортостан // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11, № 1 (41). С. 36–45. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.1/3
- Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления : утв. приказом Минприроды России от 29.12.2021 г. № 1024. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110> (дата обращения: 27.01.2025).
- Обоснование лесохозяйственных мероприятий для рекреационных лесов северо-востока Европейской России / *В. В. Воронин, С. В. Третьяков, Ю. Н. Шумилова* [и др.] // Сибирский лесной журнал. 2021. № 4. С. 56–63. DOI: 10.15372/SJFS20210405
- Сквер как ландшафтно-архитектурная территория рекреационно-функционального назначения на территории города Уссурийска Приморского края / *А. С. Коляда, А. Н. Белов, Н. Г. Розломий, С. А. Берсенева* // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 4. С. 73–80. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-73-80
- Терентьева О. С., Рохлова Е. Л., Хмельщикова И. Г.* Дигрессия напочвенного покрова растительных сообществ рекреационных стоянок на территории национального парка «Валдайский» // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27, № 1. С. 35–44. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-1-35-44

References

- Atkina L. I., Abramova L. P., Bulatova L. V.* City park as a natural-anthropogenic object (on the example of the park of the 50th anniversary of VLKSM in the city of Yekaterinburg) // Prirodoobustroystvo. 2021. № 5. P. 133–140. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-133-140 (In Russ.)
- Besschetnov P. V., Besschetnova N. N.* White Poplar (*Populus Alba* L.) In green space of the Nizhny Novgorod region: correlation and regression parameters of foliage // Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2019. № 2 (22). P. 25–31. (In Russ.)
- Bezrukikh V. A., Avdeeva E. V., Selenina E. A.* Substantiation of the special composition of wood plants taking into account dendroclimatic zoning of the territory of the Siberian city and its suburban zone (on the example of Krasnoyarsk) // Conifers of the boreal zone. 2020. Vol. 38, № 5. P. 225–236. (In Russ.)
- Bunkova N. P., Abramenko V. V.* Assessment of the quality of the environment in an urban forest park using the fluctuating asymmetry of birch leaves (*Betula Pendula* Roth.) // Forests of Russia and economy in them. 2020. № 1 (72). P. 54–64. (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Nazarova V. V.* Assessment of the condition of pine stands in the urban forests of the city of Tyumen (on the example of the park “Gilevskaya Roshcha”) // Prirodoobustroystvo. 2024b. № 3. P. 125–133. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-3-125-133 (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Poltorak K. A.* The current state of recreational birch forests in the city of Tyumen (on the example of the Gilevskaya Grove Park) // Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy. 2024a. № 1 (77). P. 19–25. DOI: 10.48012/1817-5457-2024-1_19-25 (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Popov A. S.* Forest ecological monitoring. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2023. 146 p.
- Garden square as landscape-architectural territory of recreational and functional purpose in city of Ussuriisk, Primorsky Krai / *A. S. Kolyada, A. N. Belov, N. G. Rozlomy, S. A. Berseneva* // Forestry Bulletin. 2022. Vol. 26, № 4. P. 73–80. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-73-80 (In Russ.)
- Gilevskaya grove, 2017 // GorodT : [site]. URL: <https://gorod-t.info/space/parki-i-skvery/432/> (accessed 14.05.2023).

- Justification of forest management measures for recreational forests of the North-East of the European part of Russia / *V. V. Voronin, S. V. Tret'yakov, Yu. N. Shumilova* [et al.] // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2021. № 4. P. 55–63. DOI: 10.15372/SJFS20210405 (In Russ.)
- Kartashova N. P., Khazova E. P.* Greening of the territories of higher educational institutions in Voronezh // *Forest Engineering journal*. 2021. Vol. 11, № 2(42). P. 80–90. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.2/8 (In Russ.)
- Kazbanova I. M.* Role of pathological new formations and their agents in the functioning of natural ecosystems of forest park zones // *Forest Engineering journal*. 2020. Vol. 10, № 3(39), P. 26–34. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/3 (In Russ.)
- Martynova M.* Assessment of green area in the territory of the Republic of Bashkortostan // *Forestry Engineering journal*, 2021. Vol. 11, № 1(41). P. 36–45. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.1/3 (In Russ.)
- Natural renewal of pine in the urban forests of the city of Tyumen (on the example of the “Zatyumensky” ecopark) / *A. V. Dancheva, S. V. Zalesov, N. V. Luchkina, V. S. Korovina* // *Prirodoobustrojstvo*. 2022. № 4. P. 124–131. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-124-131 (In Russ.)
- On approval of the Rules of reforestation, the form, composition, order of approval of 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: Approved by Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated December 29, 2021. № 1024. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110> (accessed 27.01.2025).
- Species composition of dendroflora and condition of the introduced species in Voronezh Victory Park / *V. T. Popova, V. D. Dorofeeva, Yu. V. Chekmeneva* [et al.] // *Forestry journal*. 2019. Vol. 9, № 2(34). P. 74–89. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/9 (In Russ.)
- Terent'eva O. S., Rokhlova E. L., Khmel'shchikova I. G.* Plant communities ground cover digression of recreational sites in Valday National Park // *Forestry Bulletin*. 2023. Vol. 27, № 1. P. 35–44. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-1-35-44 (In Russ.)
- Zarubina L. V., Karbasnikov A. A., Peshin D. A.* Renewable processes under maturing coniferous stands crown in Vologda region // *Forestry Bulletin*. 2021. Vol. 25, № 2. P. 10–18. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-10-18 (In Russ.)
- Zubareva O. N., Prysov D. A., Bulanov O. S.* Analyzing the health of trees and shrubs of Krasnoyarsk central park // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Sib. J. F. Sci.). 2021. № 6. P. 46–58. DOI: 10.15372/SJFS20210605 (In Russ.)

Информация об авторах

A. B. Данчева – доктор сельскохозяйственных наук;
C. B. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
B. B. Назарова – магистр.

Information about the authors

A. V. Danchev – Doctor of Agricultural Sciences;
S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
V. V. Nazarova – student.

Статья поступила в редакцию 05.02.2025; принята к публикации 24.02.2025.
The article was submitted 05.02.2025; accepted for publication 24.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 16–25.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 16–25.

Научная статья

УДК 630.27:630.174.758(571.122)

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.002

СОЗДАНИЕ ПРИПОСЕЛКОВЫХ КЕДРОВНИКОВ И КЕДРОСАДОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГРЫ

Ирина Владимировна Предеина

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

predeina@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-68-06-8968>

Аннотация. Проанализирована площадь насаждений с участием в составе древостоев сосны кедровой сибирской, или кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour.), в лесах различных категорий Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Отмечается, что при доле средневозрастных насаждений 58 % на долю молодняков до 80 лет приходится лишь 4,0 % площади кедровников. Актуальность проблемы увеличения площади кедровых насаждений подтверждена реализацией ведомственной целевой программы «Кедровые леса Югры». За период действия программы благодаря энтузиазму работников лесничеств и местного населения созданы сотни гектаров припоселковых кедровников и кедросадов, которые стали украшением населенных пунктов и местом отдыха населения. Учитывая важную роль создания кедросадов и припоселковых кедровников в деле воспитания у молодежи любви к родной природе и малой родине, данную работу необходимо продолжить и распространить накопленный опыт по созданию подобных объектов на населенные пункты таежной зоны Сибири.

Ключевые слова: кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour.), припоселковые кедровники, кедросады, лесные культуры, рубки ухода

Для цитирования: Предеина И. В. Создание припоселковых кедровников и кедросадов на территории Югры // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 16–25.

Original article

CREATION OF NEAR-SETTLEMENT CEDAR FOREST AND CEDAR GARDENS ON THE TERRITORY OF YUGRA

Irina V. Predeina

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

predeina@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-68-06-8968>

Abstract. The area of plantings with the participation of Siberian stonepine or Siberian cedar (*Pinus sibirica* Du Tour.) in forests of various categories of the Khanty-Mansiysk Autonomous District of Yugra was analyzed. It is noted that with the share of middle aged plantations being 58 %, the share of young

trees under 80 years old accounts for only 4,0 % of cedar forest area. The relevance of the problem of cedar plantation area increasing is confirmed by the departmental target program “Cedar forests of Yugra” implementation. During the period of the program, due to enthusiasm of forestry workers and the local population, hundreds of hectares of near-settlement cedar forest and cedar gardens were created, which became the decoration of settlements and a place of rest for the population. Considering the important role of creation of cedar gardens and near-settlement cedar forests in the matter of educating young people to love their native nature and small homeland, this work needs to be continued and the accumulated experience in creating such facilities needs to be extended to settlements in the taiga zone of Siberia.

Keywords: Siberian cedar (*Pinus sibirica* Du Tour.), near-settlement cedar forest, cedar gardens, forest crops, thinning

For citation: Predeina I. V. Creation of near-settlement cedar forest and cedar gardens on the territory of Yugra // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2(93). P. 16–25.

Введение

Общеизвестно, что сосна сибирская, или кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour.), является одним из наиболее перспективных видов хвойных на территории Российской Федерации. Неслучайно русские переселенцы, осваивающие сибирские просторы, называли кедр сибирский хлебным деревом. В отличие от других местных видов хвойных кедр сибирский давал съедобные семена, которые нередко спасали жителей от голодной смерти (Коростелев и др., 2010). Кроме того, кедровники являлись излюбленным местом проживания многих ценных животных, в том числе соболя, что позволяло жителям вести эффективный промысел.

Понимая ценность кедровых насаждений, переселенцы старались не рубить деревья кедра без острой необходимости. Напротив, жители вырубали сопутствующие кедру сибирскому древесные виды, формируя тем самым практически чистые кедровники. Позднее указанные насаждения получили название припоселковых кедровников, описанных во многих литературных источниках (Барышевцев, 2017; Дебков, 2014).

Расположение вблизи населенных пунктов способствовало защите припоселковых кедровников от пожаров. Кроме того, население четко контролировало хозяйство в них, не допуская выпаса скота, сбора орехов до их полного созревания, использования варварских способов сбора ореха и т. д. Указанное способствовало тому, что многие припоселковые кедровники сохранились до настоящего времени как образец ведения лесного хо-

зяйства в кедровых насаждениях и потенциальных кедровниках.

Формированию припоселковых кедровников во многом способствовало также наличие под пологом древостоев подроста сосны сибирской (Обеспеченность..., 2024; Безденежных, Залесов, 2024).

К сожалению, площадь высокопродуктивных кедровников в настоящее время сокращается (Смолоногов, Залесов, 2002; Залесов и др., 2014; Седых, 2014; Чижов, Бех, 2014). Последнее объясняется целым рядом объективных и субъективных причин. В частности, увеличением площади лесных пожаров, развитием эпифитотий вредных насекомых, изъятием земель под строительство линейных и площадных объектов при освоении Севера предприятиями, добывающими углеводородное сырье. Запрет рубок спелых и перестойных насаждений с долей участия в составе древостоя кедра сибирского 3 и более единицы (Об утверждении..., 2020) положительных результатов в плане увеличения площади кедровников не дал. То же можно сказать и о попытках совершенствования рубок спелых и перестойных насаждений (Безденежных и др., 2024). Другими словами, весьма актуальной стала задача увеличения площади кедровых насаждений.

Опираясь на исторический опыт, с 2007 г. лесоводы Югры начали активные работы по созданию припоселковых кедровников и кедросадов. Инициатива лесоводов была поддержана правительством Ханты-Мансийского автономного округа –

Югры (ХМАО-Югры) и принятием ведомственной целевой программы «Кедровые леса Югры на 2011–2013 гг.».

В соответствии с указанной программой вокруг многих населенных пунктов ХМАО-Югры были начаты активные работы по созданию кедросадов и припоселковых кедровников с привлечением местного населения. Припоселковые кедровники и кедросады формировались двумя основными способами: созданием лесных культур кедра сибирского и проведением рубок ухода в естественных молодняках с участием в составе данного вида (Опыт..., 2011; Увеличение..., 2011; Формирование..., 2021).

Цель, методика и объекты исследования

Цель исследования – анализ реализации ведомственной целевой программы «Кедровые леса Югры» по разделам, касающимся создания припоселковых кедровников и кедросадов.

В процессе исследований были проанализированы материалы по созданию припоселко-

вых кедровников и кедросадов на территории ХМАО-Югры. Выполнено их натурное обследование с использованием современных методик (ОСТ 56-69–83; Данчева и др., 2023) и анализом перспективности продолжения начатой работы.

В процессе исследований к припоселковым кедровникам нами относились насаждения, в которых доминирование сосны сибирской было обеспечено рубками ухода.

К кедросадам относились участки кедровых насаждений, созданных или создаваемых посадкой лесных культур по соответствующей схеме.

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что кедровые насаждения распространены в лесном фонде ХМАО-Югры неравномерно как по категориям лесов (табл. 1), так и по группам возраста (табл. 2).

Доля насаждений с участием кедра сибирского более 3 единиц в формуле состава древостоев выше всего в орехово-промысловых зонах, но даже в них она лишь незначительно превышает половину площади данной категории лесов – 52,8 %.

Таблица 1
Table 1

Распределение площади кедровников ХМАО-Югры по категориям лесов
Distribution of the area of the cedar forests of Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra
by forest categories

Категории лесов Forest category	Площадь Square		С долей участия кедра более 3 единиц, % With a cedar share of more than 3 units, %
	тыс. га thousand hectares	%	
Защитные леса: Protective forests:			
водоохранные зоны (включая нерестилища) water protection zones (including spawning grounds)	264,8	6,3	21,3
защитные полосы лесов, расположенные вдоль дорог protective forest strips located along roads	10,5	0,2	12,8
зеленые зоны green areas	12,5	0,3	20,8
орехово-промысловые зоны walnut and commercial areas	120,5	2,9	52,8
Эксплуатационные леса Operational forests	358,2	85,5	14,6
Резервные леса Reserve forests	200,2	4,8	13,1

Таблица 2

Table 2

Распределение площади кедровников по группам возраста, %
Distribution of the area of cedar forests by age groups, %

Лесничество Forestry	Насаждения с участием кедра сибирского более трех единиц в формуле состава Plantings with the participation of siberian cedar with more than three units in the composition formula					
	Молодняки Youngsters		Средне- возрастные Middleaged	Приспевающие Helpers	Спелые и перестойные Ripe and overpowered	В т. ч. перестойные Including excessive
	I кл.	II кл.				
Подзона северной тайги The Northern Taiga subzone						
Аганское Aganskoe	1	1	63	30	5	0
Белоярское Beloarskoe	2	1	69	22	6	0
Березовское Berezhovskoe	1	1	65	20	13	0
Нижневартовское Nizhnevartovskoe	1	1	60	30	8	0
Октябрьское Oktjabr'skoe	12	5	68	8	7	0
Самаровское Samarovskoe	7	2	59	24	8	0
Советское Sovetskoe	8	2	45	27	18	1
Сургутское Surgutskoe	2	0	64	32	2	0
Няксимовское Nyaksimovskoe	1	2	31	30	36	32
Подзона средней тайги The Middle Taiga subzone						
Кондинское Kondinskoe	3	1	41	34	21	0
Нефтеюганское Nefteyuganskoe	2	1	56	35	6	0
Урайское Urajskoe	1	1	37	30	31	0
Юганское Yuganskoe	3	1	66	19	11	1
По округу By district	3	1	58	26	12	3

При этом в лесном фонде доминируют средне-возрастные кедровые насаждения, а доля молодняков только в одном лесничестве превышает 10 %, составляя по округу 4,0 %.

Приведенные данные наглядно свидетельствуют о необходимости увеличения как доли кедровых насаждений, так и доли кедра в составе существующих кедровников.

В соответствии с ведомственной целевой программой в работу по созданию припоселковых кедровников и кедросадов включились все лесничества с активным привлечением местного населения.

На момент обследования площадь припоселковых кедровников и кедросадов в Мегионском лесничестве составила 161,7 га. При этом основное

внимание в лесничестве уделялось уходу за существующими припоселковыми кедровниками, имеющими значительные площади. Так, расположенный на территории Октябрьского участкового лесничества Мегионского лесничества кедровник «Шишечный мыс» имеет площадь 85 га. К сожалению, 20 лет назад на территории существовавшего в те годы припоселкового кедровника с одноименным названием прошел пожар и кедровник был уничтожен огнем. Лесоводами Мегионского лесничества указанный припоселковый кедровник был восстановлен и в настоящее время характеризуется составом 4К4С2Б. Указанный состав древостоя свидетельствует о необходимости проведения работ по уходу за кедровником, т.е. рубок ухода, направленных на увеличение доли сосны сибирской в составе древостоя.

Пользуется известностью Ватинский припоселковый кедровник, расположенный в квартале 409 Октябрьского участкового лесничества в непосредственной близости от сельского поселения Вата. Работы по уходу, точнее, формированию Ватинского припоселкового кедровника велись местным населением путем уборки затеняющих сосну сибирскую сопутствующих древесных пород, а с 2007 г. к указанной работе подключились работники лесничества, что обеспечило формирование практически чистых кедровников на площади 20 га. Состав древостоев 9К1Б+Ос. При этом насаждения характеризуются стабильными высокими урожаями семян.

Опыт работы Мегионского лесничества по формированию припоселкового кедровника «Ватинский» был обобщен на состоявшемся здесь 27.06.2014 г. семинаре с приглашением ученых и специалистов лесного хозяйства из всех лесничеств ХМАО-Югры.

Значительный интерес для науки и практики представляет кедросад им. Г.И. Норкина, созданный посадкой 3-летних сеянцев кедровника сибирского в 2014 г. на площади 40,0 га в квартале 255 Октябрьского участкового лесничества. В настоящее время благодаря проводимым агротехническим и лесоводственным уходам на участке произрастают чистые культуры сосны сибирской. В то же время по причине медленного роста сосны сибирской

указанные культуры нуждаются в мониторинге и своевременном проведении рубок ухода.

Кедросады созданы также в Сорт-Еганском и Покачевском лесничествах на площади 15,0 и 1,7 га соответственно. Как и ранее указанные кедросады, данные лесные культуры нуждаются в проведении лесоводственных уходов во избежание заглушения сосны сибирской мягколистными породами.

При проектировании и создании кедросадов и припоселковых кедровников во всех лесничествах подбирался особый индивидуальный подход. Так, в период с 2001 по 2008 гг. в Октябрьском лесничестве было создано 15 кедросадов общей площадью 28,95 га, при этом все указанные кедросады были созданы посадкой 3-летних сеянцев кедровника сибирского. Площадь большинства кедросадов не превышала 1,0 га, и только кедросад в урочище Карымкарское Обского участкового лесничества, выдел 23 квартала 85, имел площадь 16 га. Несмотря на то, что кедросады создавались посадкой сосны сибирской, в большинстве из них в составе формирующихся молодняков присутствует ель сибирская, береза, а в некоторых кедросадах осина. Указанное свидетельствует о необходимости проведения регулярных рубок ухода с целью снятия конкуренции со стороны сопутствующих сосне сибирской древесных пород.

В то же время опыт реализации программы «Кедровые леса Югры» показал, что создание кедросадов посадкой сеянцев сосны сибирской – весьма трудоемкое и длительное мероприятие. Оно требует подбора участка не покрытых лесной растительностью площадей, очистки их от валежа и погибших деревьев, если кедросад создается на гари, – подготовки почвы, посадки сеянцев, а затем неоднократных систематических агротехнических и лесоводственных уходов. Последнее объясняется двумя основными причинами. Во-первых, медленным ростом сосны сибирской в молодом возрасте, что затягивает период времени до смыкания крон высаженных растений как в рядах, так и между рядами. Во-вторых, для ускорения семеношения и формирования у деревьев сосны сибирской крон садового типа схема посадки предусматривает большие расстояния как в рядах, так

и между рядами, что способствует разрастанию травянистой растительности, а также появлению самосева древесно-кустарниковой растительности. При отсутствии агротехнических и лесоводственных уходов высаженные экземпляры сосны сибирской могут просто погибнуть от заглушения, а в лучшем случае замедляют свой прирост (Формирование..., 2021). Кроме того, при отсутствии агротехнических и лесоводственных уходов резко возрастает риск поражения сосны сибирской хермесом сибирским (*Pineus semivgae*), что также может привести к гибели кедросада.

Особо следует отметить, что все создаваемые кедросады нуждаются в организации эффективного противопожарного устройства. Так, если трава в междурядьях лесных культур кедров сибирского не будет выкашиваться, то рано весной и поздней осенью после высыхания она будет представлять чрезвычайную пожарную опасность. Кроме того, кедросады активно посещаются населением, поскольку расположены на незначительном расстоянии от населенных пунктов, а следовательно, в них всегда будут иметь место потенциальные источники огня.

Главным недостатком создания кедросадов посадкой 3-летних сеянцев является длительный период до вступления указанных кедросадов в фазу активного семеношения. Данный недостаток, как показал опыт, можно ликвидировать прививкой на высаженные экземпляры сосны сибирской черенков, срезанных с плюсовых взрослых деревьев сосны сибирской женской сексуализации. Прививка обеспечит появление первых шишек уже через 2–3 года, при этом по мере роста деревьев количество шишек будет увеличиваться. Указанное направление ускорения семеношения сосны сибирской в настоящее время находит распространение и проектируется в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (рисунок).

Длительность выращивания кедросадов из сеянцев обусловило второе направление увеличения площади кедровников. Данное направление базируется на опыте создания припоселковых кедровников на основе имеющихся деревьев и подростов сосны сибирской. Первоочередными объектами формирования кедровников являются

мягколиственные молодняки, сформировавшиеся на вырубках и гарях с наличием в их составе или под пологом 1,5–2,0 тыс. шт./га экземпляров сосны сибирской. На таких участках проводятся в несколько приемов рубки ухода, направленные на постепенное увеличение в составе сосны сибирской. Примеры создания кедросадов рубками ухода описаны в научной литературе, где доказана высокая эффективность их создания при правильном подборе участков и систематическом проведении изреживаний (Опыт..., 2011). Опыт создания кедросада Приозерный позволяет сделать вывод, что при расположении кедросада у водного источника и создании сети дорог данный кедросад становится местом отдыха населения и здесь легче выполнить эффективное противопожарное устройство.



Деревья сосны сибирской женской сексуализации
Pine trees of Siberian female sexualization

В насаждениях старшего возраста, где доля кедра (сосны сибирской) менее 3 единиц в формуле состава, формирование кедросадов осуществляется в процессе проведения рубок перестойных или добровольно-выборочных рубок спелых и перестойных насаждений. Рубки ведутся в зимний период при наличии снежного покрова и промерзшей почвы с целью максимального сохранения подроста и деревьев сосны сибирской. В рубку назначаются прежде всего перестойные деревья осины, которые не только угнетают деревья кедра, но и представляют реальную опасность для посетителей припоселкового кедровника. Уборка осины при первых приемах рубки исключает зарастание территории корневыми отпрысками, поскольку из-за высокого светолюбия появившиеся корневые отпрыски погибают, не выдерживая затенения. Опыт указанных рубок описан на примере кедросада «Юганский» (Увеличение..., 2011). Обследование участков, пройденных рубкой, показало, что при дальнейшем проведении вышеуказанных рубок вокруг населенного пункта будут сформированы разновозрастные кедровники.

При планировании работ необходимо исключить участки с переувлажненными почвами, поскольку на них произрастают насаждения низких классов бонитета, которые не обеспечат высоких урожаев ореха даже при условии чистого состава. Указанные участки оставляются как резерв кормовой базы диких животных.

Древесина вырубаемых при формировании кедросадов деревьев используется местным населением на топливо, ремонт домов и другие нужды. Кроме того, целесообразно использовать ее для создания малых архитектурных форм (Using the Wood..., 2018). Создание последних обеспечит не только большую привлекательность кедросадов для местного населения, но и минимизирует негативное воздействие рекреантов на деревья и почву кедросада. Так, места отдыха, оборудованные с учетом конкретных условий, позволяют снизить опасность возникновения пожаров по причине неосторожного обращения с огнем. Уложенные тротуары обеспечат минимизацию уплотнения почвы.

Заслуживает самого пристального внимания вопрос измельчения невестребованной низкостебельной древесины в щепу с последующей отсыпкой указанной щепой дорожно-тропиночной сети. Данное покрытие экологично, легко ремонтируется и по своей сути дополняет лесную подстилку. При перегнивании нижнего слоя оно обогащает почву органикой. Особо следует отметить, что покрытие из щепы делает комфортным перемещение рекреантов по территории кедросада, а главное, защищает корни деревьев сосны сибирской от повреждений обувью рекреантов.

Учебные беседки и навесы защитят отдыхающих от осадков, а смотровые площадки привлекают лиц, предпочитающих созерцательный туризм.

При создании кедросадов целесообразно также продумать места для стоянки автотранспорта и оставления велосипедов. Данные стоянки должны вписываться в схему дорожной сети, минимизируя риск съезда автотранспорта с дорожного покрытия.

В настоящее время прекрасные припоселковые кедровники созданы на базе существующих насаждений с участием в составе сосны сибирской в Юганском, Кондинском, Нефтеюганском, Самаровском и других лесничествах ХМАО-Югры. Полагаем, что практику создания кедросадов и припоселковых кедровников следует расширить на всю территорию ареала сосны сибирской.

Выводы

1. Естественно, что создание кедросадов и припоселковых кедровников не обеспечит кардинального увеличения площадей кедровых насаждений. Однако реализация программы привлечет к проблеме внимание населения округа и будет способствовать любви к родному краю у молодежи.

2. Выращивание кедровых насаждений вблизи населенных пунктов улучшит экологическую обстановку, а при поддержке инициативы кедросады и припоселковые кедровники будут создаваться и расширяться вокруг всех населенных пунктов таежной зоны Сибири.

3. Формирование кедросадов и припоселковых кедровников можно производить посадкой

3-летних сеянцев или регулярным проведением рубок ухода или добровольно-выборочных рубок спелых и перестойных насаждений.

4. При создании кедросадов необходимо предусматривать эффективное противопожарное устройство во избежание их уничтожения от лесных пожаров.

Список источников

- Барышевец В. В. Кедровники – плодовые сады // Лесной журнал. 2017. Вып. 1–2. С. 35–55.
- Безденежных И. В., Гавриленко А. Н., Залесов С. В. Возможность совершенствования рубок спелых и перестойных насаждений в потенциальных кедровниках // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2 (78). С. 44–50. DOI: 10.48012/1817-5457 2024 2 44-50
- Безденежных И. В., Залесов С. В. Обеспеченность подростом сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) спелых и перестойных мягколиственных насаждений Западно-Сибирского северо-таежного равнинного лесного района // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. XLII, № 2. С. 7–11. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-2-7-11
- Данчева А. В., Залесов С. В., Попов А. С. Лесной экологический мониторинг. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. 148 с.
- Дебков Н. М. Припоселковые кедровники юга Западно-Сибирской равнины: история и современное состояние, рекомендации по устойчивому управлению (на примере Томской области). М. : Всемирный фонд дикой природы, 2014. 52 с.
- Залесов С. В., Секерин Е. М., Платонов Е. П. Анализ распространения сосны кедровой сибирской на территории Свердловской области // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: www.science-education.ru/119-14907 (дата обращения: 11.07.2024).
- Коростелев А. С., Залесов С. В., Годовалов Г. А. Недревесная продукция леса. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 480 с.
- 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. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573123735> (дата обращения: 11.07.2024).
- Обеспеченность подростом сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) спелых и перестойных хвойных насаждений подзоны северной тайги / И. В. Безденежных, К. А. Башегуров, А. Н. Гавриленко, С. В. Залесов // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 3. DOI: 10.23670/ IRJ. 2024. 141.35
- Опыт создания кедросада «Приозерный» / С. В. Залесов, Е. П. Платонов, А. В. Неволин [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2011. № 8 (87). С. 37–38.
- ОСТ 56-69–83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. М. : ЦБНТИлесхоз, 1984. 60 с.
- Седых В. Н. Динамика равнинных кедровых лесов Сибири. Новосибирск : Наука, 2014. 232 с.
- Смолонгов Е. П., Залесов С. В. Эколого-лесоводственные основы организации и ведения хозяйства в кедровых лесах Урала и Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 186 с.
- Увеличение доли сосны сибирской в составе древостоев на примере создания кедросада «Юганский» / С. В. Залесов, Е. П. Платонов, А. В. Неволин [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2011. № 10(89). С. 23–27.
- Формирование кедровников рубками ухода на бывших сельскохозяйственных угодьях / С. В. Залесов, Л. А. Белов, А. С. Оплетев [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. 2021. № 1. С. 9–19. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-9-19

Чижов Б. Е., Бех И. А. Кедровые леса Западно-Сибирской равнины, хозяйство в них. Пушкино : ВНИИЛМ, 2014. 164 с.

Using the Wood from improvement felling for assembling small wooden structures / S. Zalesov, R. Damary, Y. Vetoshkin [et al.] // Increasing the use of wood in the Global bio-economy : 11 th International Scientific Conference Wood EMA. 2018. P. 369–373.

References

An increase in the proportion of Siberian pine in the composition of stands on the example of the creation of the Yugansky cedar orchard / S. V. Zalesov, E. P. Platonov, A. V. Nevolin [et al.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. № 10(89). P. 23–27. (In Russ.)

Baryshevtsev V. V. Cedar forests – fruit gardens // Forest Journal. 2017. Vol. 1–2. P. 35–55. (In Russ.)

Bezdenzhnykh I. V., Gavrilenko A. N., Zalesov S. V. The possibility of improving logging of ripe and overgrown plantations in potential cedar forests // Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy. 2024. № 2(78). P. 44–50. DOI: 10.48012/1817-5457 2024 2 44-50 (In Russ.)

Bezdenzhnykh I. V., Zalesov S. V. Forest availability of Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour.) in ripe and overgrown soft-leaved plantations of the West Siberian North taiga lowland forest region // Conifers of the boreal zone. 2024. Vol. XLII, № 2. P. 7–11. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-2-7-11 (In Russ.)

Chizhov B. E., Bekh I. A. Cedar forests of the West Siberian plain, their management. Pushkino : VNIILM, 2014. 164 p.

Dancheva A. V., Zalesov S. V., Popov A. S. Forest ecological monitoring. Yekaterinburg : UGLTU, 2023. 148 p.

Debkov N. M. Near-village cedar forests of the south of the West Siberian Plain: history and current state, recommendations for sustainable management (on the example of the Tomsk region). Moscow : World Wildlife Fund, 2014. 52 p.

Formation of cedar forests by logging on former agricultural lands / S. V. Zalesov, L. A. Belov, A. S. Opletaev [et al.] // Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal. 2021. № 1. P. 9–19. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-9-19 (In Russ.)

Korostelev A. S., Zalesov S. V., Godovalov G. A. Non-timber forest production. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2010. 480 p.

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 Order № 993 of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 01.12.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573123735> (дата обращения: 11.07.2024).

OST 56-69–83. Trial forest management areas. The mortgage method. Moscow : Tsbtileskhoz, 1984. 60 p.

Sedykh V. N. Dynamics of Siberian lowland cedar forests. Novosibirsk : Nauka Publ., 2014. 232 p.

Smolonogov E. P., Zalesov S. V. Ecological and forestry fundamentals of organization and management in cedar forests of the Urals and the West Siberian plain. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2002. 186 p.

The abundance of young Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour.) in ripe and over-ripe coniferous plantations of the northern taiga subzone / I. V. Bezdenzhnykh, K. A. Bashegurov, A. N. Gavrilenko, S. V. Zalesov // International Scientific Research Journal. 2024. № 3. DOI: 10.23670 / IRJ. 2024. 141.35 (In Russ.)

The experience of creating the Priozerny cedar orchard / S. V. Zalesov, E. P. Platonov, A. V. Nevolin [et al.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. № 8 (87). P. 37–38. (In Russ.)

Zalesov S. V., Sekerin E. M., Platonov E. P. Analysis of the distribution of Siberian cedar pine in the Sverdlovsk region // Modern problems of science and education. 2014. № 5. URL: www.science-education.ru/119-14907 (accessed 11.07.2024). (In Russ.)

Using the Wood from improvement felling for assembling small wooden structures / S. Zalesov, R. Damary, Y. Vetoshkin [et al.] // Increasing the use of wood in the Global bio-economy : 11 th International Scientific Conference Wood EMA. 2018. P. 369–373.

Информация об авторах

И. В. Предеина – кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

I. V. Predeina – Candidate of Agricultural Sciences.

Статья поступила в редакцию 07.02.2025; принята к публикации 24.02.2025.

The article was submitted 07.02.2025; accepted for publication 24.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 26–34.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 26–34.

Научная статья

УДК 630.233

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.003

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ

Алена Александровна Ковригина¹, Сергей Васильевич Третьяков²,
Андрей Алексеевич Парамонов³

^{1,2} Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова,
Архангельск, Россия

^{2,3} Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства,
Архангельск, Россия

¹ kovrigina96@inbox.ru

² s.v.tretyakov@narfu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5982-3114>

³ a.paramonov@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0961-221X>

Аннотация. В статье представлены результаты исследования видового разнообразия растений живого напочвенного покрова, в том числе лекарственных, в сосновых насаждениях, произрастающих на побережье Белого моря в Приморском районе Архангельской области. Первый участок располагается на острове Ягры и представлен смешанным сосново-березово-осиновым средневозрастным насаждением типа леса сосняк черничный. Встречается 14 видов растений, которые были объединены по группам. В группе «Кустарнички» доминантным является брусника обыкновенная *Vaccinium vitis-idaea* L., коэффициент встречаемости 0,65. Два других участка, № 2 и № 3, находятся в непосредственной близости к СНТ «Зеленый бор» и относятся к молоднякам. На участке № 2 встречается 18 видов растений напочвенного покрова, на участке № 3 – 14 видов. Так как они примыкают к песчаным пляжам, их можно отнести к соснякам дюнным, довольно редким в условиях Европейского Севера. Вычисленный коэффициент сходства Жаккара для этих участков равняется 0,52 и показывает высокое совпадение видового состава. Видовой состав сосняка черничного и сосняка дюнного значительно отличается, коэффициент сходства Жаккара составляет 0,16–0,18. Для насаждений, примыкающих к населенным пунктам и часто посещаемых населением, характерно, наряду с лесными, присутствие злаков и других видов сорной растительности. В исследуемых насаждениях встречаются типичные для побережья Белого моря и островных территорий виды, например дерен шведский (*Cornus suecica* L.). Проведенные исследования повышают точность оценки видового состава живого напочвенного покрова сосновых насаждений, в том числе пищевых и лекарственных ресурсов на побережье Белого моря.

Ключевые слова: живой напочвенный покров, лекарственные растения, видовое разнообразие

Финансирование: публикация подготовлена по результатам НИР, выполненной в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства (регистрационный номер темы 123030700068-8).

Для цитирования: Ковригина А. А., Третьяков С. В., Парамонов А. А. Видовое разнообразие живого напочвенного покрова в сосновых насаждениях побережья Белого моря // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 26–34.

Original article

SPECIES DIVERSITY OF LIVING GROUND COVER IN PINE PLANTINGS OF THE WHITE SEA COAST

Alyona A. Kovrigina¹, Sergey V. Tretyakov², Andrey A. Paramonov³

^{1,2} Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

^{2,3} Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia

¹ kovrigina96@inbox.ru

² s.v.tretyakov@narfu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5982-3114>

³ a.paramonov@sevniih-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0961-221X>

Abstract. The article presents research results of species diversity in the living ground cover plants, including medicinal ones in pine plantings, growing on the White Sea coast in the Primorsky district of the Arkhangelsk region, Russia. The first research area is located on the island of Yagry and represented by a mixed pine-birch-aspen middle-aged planting of the bilberry-pine forest type. There are 14 plant species, which were combined into groups. In the group «Subshrubs» the dominant plant species is cowberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.), its occurrence coefficient is 0,65. Two other research areas № 2 and № 3 are located in close proximity to the GNP “Green Forest” settlement and belong to young forests. There are 18 species of the ground cover plants on the research area № 2 and 14 species on the research area № 3. Being adjacent to sandy beaches, they can be classified as dune pine forests, which are quite rare in the conditions of the European North. The calculated Jaccard similarity coefficient for these areas is 0,52 and shows a high coincidence of species composition. The species composition of the bilberry pine forest and the dune pine forest differs significantly, the Jaccard similarity coefficient is 0,16–0,18. Plantings adjacent to settlements and frequently visited by population are characterized by the presence of cereals and other types of weeds along with forest species. The researched plantings contain species typical to the White Sea coast and island territories, for example, Swedish Turf (*Cornus suecica* L.). The conducted researches increase the species composition on the living ground cover of pine plantings assessment accuracy, including food and medicinal resources on the White Sea coast.

Keywords: living ground cover, medicinal plants, species diversity

Funding: the publication is based on the results of research carried out within the framework of the state assignment of the Federal Budgetary Institution «Northern Research Institute of Forestry» to conduct applied scientific research in the field of activities of the Federal Forestry Agency (registration number of the topic 123030700068-8).

For citation: Kovrigina A. A., Tretyakov S. V., Paramonov A. A. Species diversity of living ground cover in pine plantings of the White Sea coast // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 26–34.

Введение

Сосновые северо-таежные насаждения отличаются видовым разнообразием живого напочвенного покрова (ЖНП). Сосна, с точки зрения специали-

стов, тоже относится к лекарственным растениям. Так, в качестве ценного сырья рассматриваются сосновые почки, хвоя, живица. К лекарственным растениям относят подлесочные породы, такие как

шиповник. Сосновые насаждения являются привлекательными как источники ресурсов для получения ценных лекарственных растений ЖНП. Оценка ресурсного потенциала лекарственных растений ЖНП сосновых лесов является важной и актуальной задачей. Особенно на участках, расположенных в местах, потенциально часто посещаемых местным населением в летнее время (Соколов и др., 1998; Гаммерман, Гром, 1976; Здоровье, 2023; Productivity zoning..., 2022; Демидова и др., 2023).

Для основных типов леса разработаны нормативы оценки биологической продуктивности основных видов лекарственных, пищевых ресурсов и технического сырья (Лесотаксационный справочник..., 1986; Лесотаксационный справочник..., 2012; Общесоюзные нормативы для таксации лесов..., 1992; Таксационный справочник по лесным ресурсам России..., 2018).

Разработаны рекомендации экономической оценки наличных ресурсов грибов, ягод, лечебного и технического сырья («побочного пользования») на 1 га и заготовленных за 1 год на конкретном участке лесного фонда и в конкретных условиях (Методические рекомендации по экономической оценке лесов, 2000; Повышение продуктивности..., 2022).

Сосновые насаждения, располагающиеся на побережье Белого моря, видовой состав и обилие растений ЖНП, а также встречаемость лекарственных растений изучены недостаточно. Очень важно иметь объективные данные о видовом составе, обилии, встречаемости и хозяйственной значимости растений ЖНП как источника получения лекарственного сырья.

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Цель работы – изучение видового разнообразия ЖНП в сосновых насаждениях на побережье Белого моря.

В качестве объектов исследования были выбраны сосновые насаждения, расположенные на острове Ягры и на участках, примыкающих к са-

довому некоммерческому товариществу (далее СНТ) «Зеленый бор» и произрастающих в непосредственной близости к песчаным пляжам по берегу Белого моря.

Вся территория относится к северо-таежному лесному району европейской части Российской Федерации.

Сбор полевых материалов был произведен в полевой сезон 2022 г. Исследования проводились путем закладки пробных площадей в соответствии с ОСТ 56-69–83 для получения таксационной характеристики насаждений.

Древесная растительность на пробной площади учитывалась методом сплошного перечета. При перечете деревья подразделялись на здоровые и поврежденные, так как все изучаемые насаждения испытывают в определенной мере рекреационное воздействие.

Подбирали участки, в наименьшей степени подверженные рекреационной дигрессии, напочвенный покров – без явных признаков угнетения, без дорожек и троп.

На пробных площадях высотомером измеряли высоты и диаметры по точной шкале у 15 деревьев каждой породы для построения графика высот и установления средней высоты.

Для определения возраста у шейки корня брали керны возрастным буравом и считали количество годичных колец с использованием прибора *MaxTax*.

Для всех пробных площадей были произведены расчеты основных таксационных показателей по общепринятой методике (табл. 1).

Исследование ЖНП проводили на геоботанических площадках, равномерно расположенных в пределах пробной площади. На каждой пробной площади закладывали по 20 геоботанических площадок размером 2 × 2 м. На каждой учетной площадке определяли ярусность, обилие видов, степень проективного покрытия и жизненность видов (Лесная таксация, 2023). Для сравнения видового состава ЖНП на исследуемых объектах вычислили коэффициент сходства Жаккара (Максимов, Кузнецова, 2013).

Таблица 1
Table 1

Таксационная характеристика исследуемых сосновых насаждений
на побережье Белого моря Приморского района Архангельской области
Taxation characteristics of the studied pine plantations on the coast
of the White Sea in the Primorsky District of the Arkhangelsk Region, Russia

Пробная площадь Study area	Состав древостоя Stand Composition	Порода Species	Средние Average			Полнота относительная Relative density	Запас на 1 га, м³/га Stock per 1 ha, m³/ha
			диаметр, см diameter, cm	высота, м height, m	возраст, лет age, years		
№ 1 остров Ягры № 1 Yagry Island	7C1B2Oc 7P1B2As	С P	15,4	11,1	45	1,0	140
		Б B	7,8	9,7	22	0,3	31
		Ос As	15,9	11,9	23	0,2	32
		Итого Total	–	–	–	1,5	208
№ 2 СХТ «Зеленый бор» № 2 “Green Forest” settlement	8C2OЛCA 8P2AlGr	С P	8,1	5,4	25	0,6	31
		ОЛCA AlGr	4,4	4,7	15	0,2	8
		Итого Total	–	–	–	0,8	39
№ 3 СХТ «Зеленый бор» № 3 “Green Forest” settlement	10C 10P	С P	9,0	7,1	31	0,5	40
		Итого Total	–	–	–	0,5	40

Примечание. С – сосна, Б – береза, Ос – осина, ОЛCA – ольха серая.

Note: P – pine, B – birch, As – aspen, AlGr – grey alder.

Результаты и их обсуждение

На территории лесных участков ЖНП достаточно разнообразен. Всего выявлено 27 видов растений.

Участок № 1 располагается на острове Ягры в смешанном сосново-березово-осиновом средневозрастном насаждении типа леса сосняк черничный. Коэффициенты встречаемости по видам растений на объекте № 1 остров Ягры приведены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, в сосновом насаждении на острове Ягры выявлено 14 видов растений, которые были объединены по группам. В первой группе «Кустарнички» доминантом является брусника обыкновенная *Vaccinium vitis-idaea* L., коэффициент встречаемости 0,65 %.

Во второй группе «Мхи/Лишайники» в большей степени встречается плеврозиум Шребера *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. – 0,65 %.

Третья группа «Разнотравье» представлена злаками *Poaceae* Barnhart (0,90 %). К четвертой группе «Вересковые» относится багульник болотный *Ledum palustre* L. – 0,10 %, а к пятой группе «Кизиловые» – дерен шведский *Cornus suecica* L. (0,05 %). Дерен шведский встречается как на побережье Белого моря, так и на островных территориях: острове Ягры и Соловецком архипелаге.

Размещение видов растений по территории обследуемых участков оценивается как случайное, жизненное состояние видов хорошее (Ковригина, Третьяков, 2023).

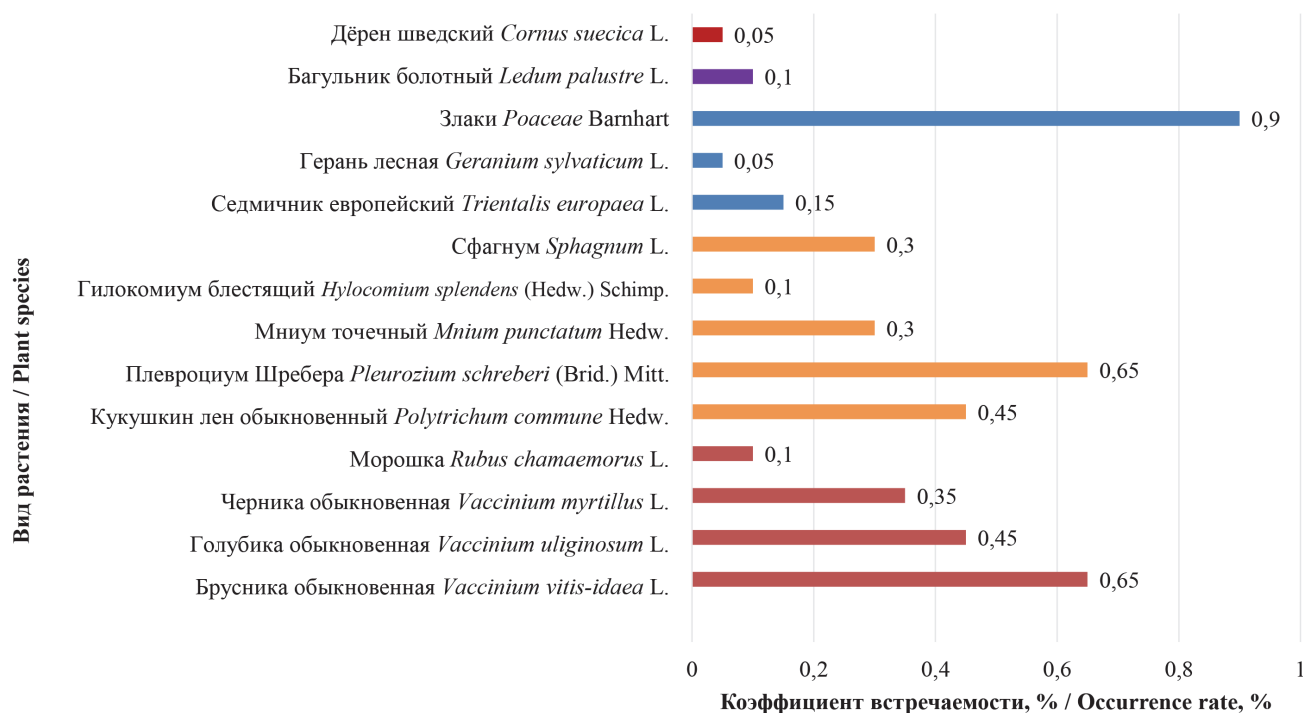


Рис. 1. Коэффициент встречаемости, % по видам растений, на пробной площади № 1 остров Ягры
Fig. 1. The coefficient of occurrence, % by plant species, on sample area № 1 Yagry Island

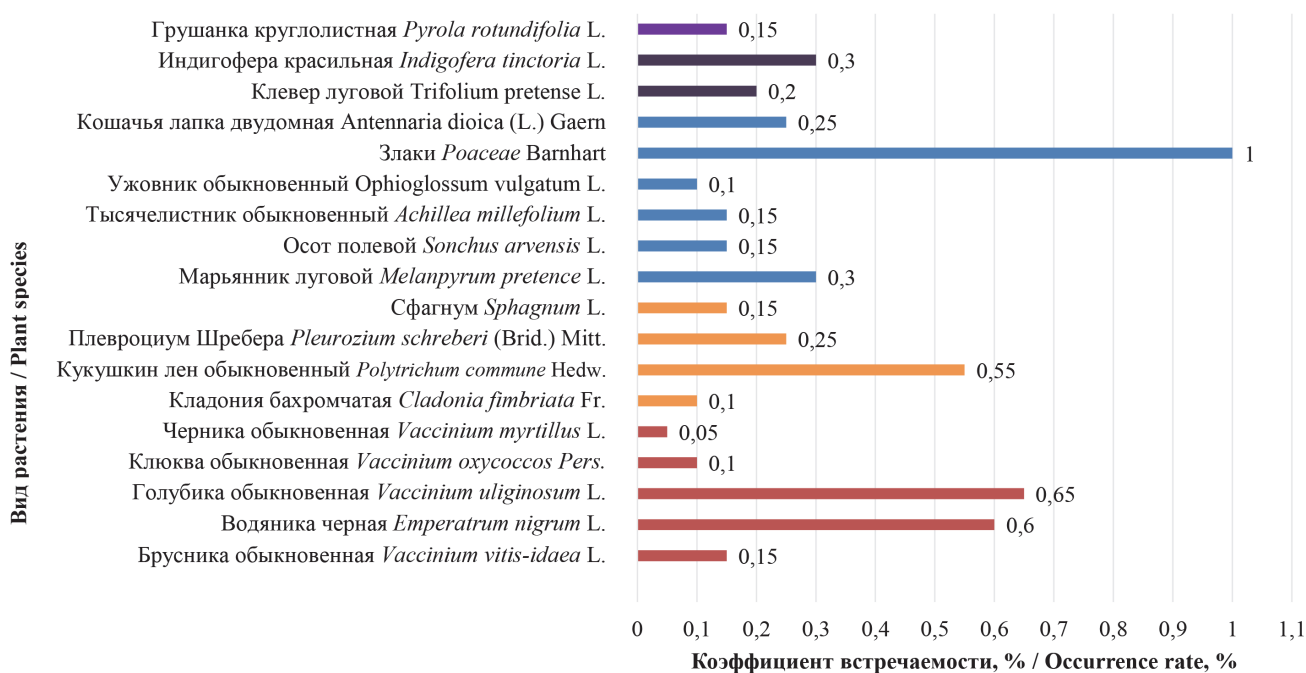


Рис. 2. Коэффициент встречаемости по видам растений на пробной площади № 2 СХТ «Зеленый бор»
Fig. 2. The coefficient of occurrence by plant species in the sample area № 2 “Green Forest” settlement

На участках сосновых молодняков, примыкающих к СНТ «Зеленый бор», было заложено две пробных площади.

Встречаемость растений на пробной площади № 2 СНТ «Зеленый бор» приведена на рис. 2. Сосновое насаждение имеет небольшую примесь ольхи серой.

На пробной площади № 2 СНТ «Зеленый бор» выявлено 18 видов растений. Доминантами являются голубика обыкновенная *Vaccinium uliginosum* L. (0,65 %), кукушкин лен обыкновенный *Polytrichum commune* Hedw. (0,55 %), злаки *Poaceae* Barnhart (1,0 %), индигофера красильная *Indigofera tinctoria* L. (0,3 %) и грушанка круглолистная *Purola rotundifolia* L. (0,15 %).

Вычисленный коэффициент Жаккара 0,18 показывает слабое сходство в видовом составе ЖНП в сомкнутом насаждении на участке № 1 и в молодняке, произрастающем в непосредственной близости к морю на участке № 2.

Встречаемость растений на пробной площади № 3 СНТ «Зеленый бор» приведена на рис. 3.

Вычисленный коэффициент Жаккара 0,16 показывает слабое сходство в видовом составе ЖНП в сомкнутом насаждении на участке № 1 и в мо-

лодняке, произрастающем в непосредственной близости к морю на участке № 3.

Сравнивая видовое разнообразие на участках № 2 и № 3, которые примыкают к песчаным пляжам и их можно отнести к соснякам дюнным, довольно редким в условиях Европейского Севера типам леса, можно отметить высокое сходство в видовом составе. Вычисленный коэффициент сходства Жаккара для этих участков равняется 0,52 и показывает высокое совпадение видового состава.

На пробной площади № 3 СНТ «Зеленый бор» выявлено 14 видов растений (рис. 3). В первой группе «Кустарнички» встречается только водяника черная *Empetrum nigrum* L. (0,2 %). В остальных группах в большей степени встречаются кладония бахромчатая *Cladonia fimbriata* Fr. (0,4 %), плеврозиум Шребера *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. (0,4 %), злаки *Poaceae* Barnhart (0,95 %), индигофера красильная *Indigofera tinctoria* L. (0,7 %) и грушанка круглолистная *Purola rotundifolia* L. (0,1 %).

В ходе изучения ЖНП в сосновых насаждениях на побережье Белого моря было выявлено 7 видов лекарственных растений (табл. 2).

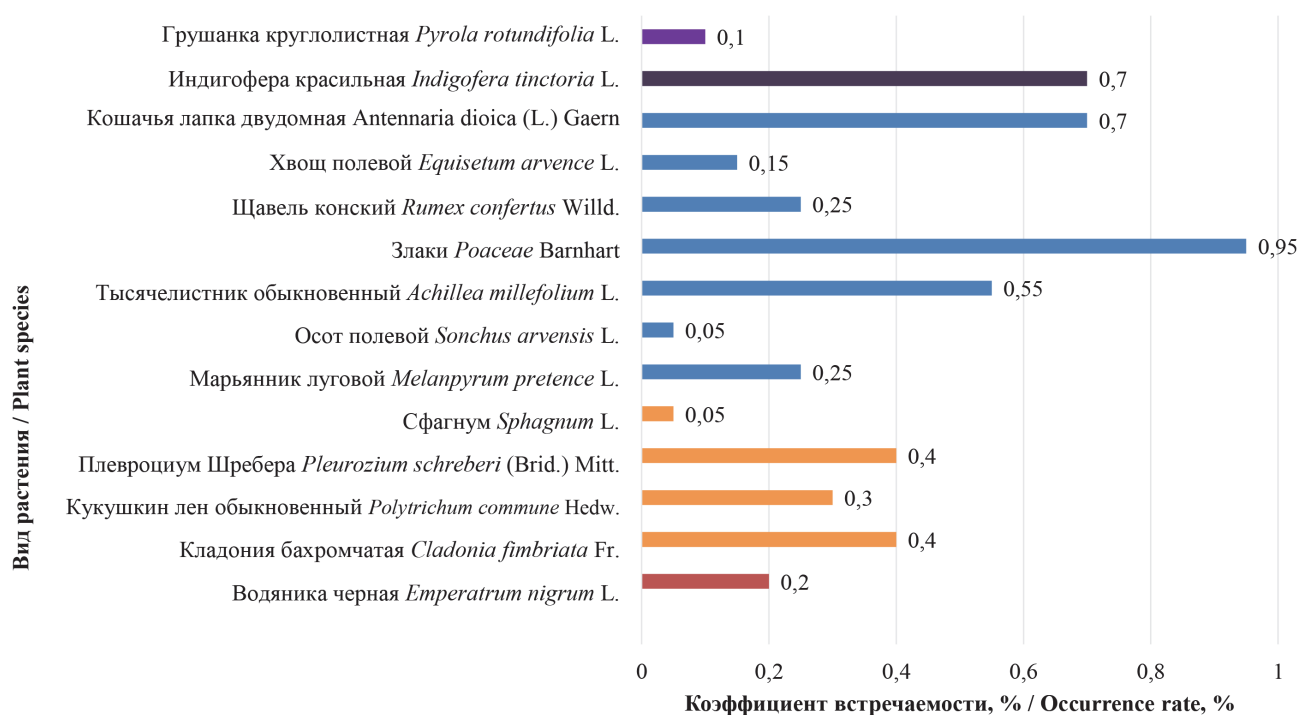


Рис. 3. Коэффициент встречаемости, % по видам растений, на пробной площади № 3 СНТ «Зеленый бор»

Fig. 3. The coefficient of occurrence, % by plant species, in the sample area № 3 “Green Forest” settlement

Таблица 2

Table 2

Лекарственные растения и их части, используемые в качестве лекарственного сырья

Medicinal plants and their parts used as crude drug

Лекарственные растения Medicinal plants	Части растений, используемые в качестве лекарственного сырья Parts of plants used as crude drug	Коэффициент встречаемости, % Coefficient of occurrence, %
Брусника обыкновенная (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.) Common lingonberry	Листья, ягоды Leaves, berries	0,27
Черника обыкновенная (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.) Common bilberry	Ягоды, побеги, листья Berries, shoots, leaves	0,13
Багульник болотный (<i>Ledum palustre</i> L.) Swamp ledum	Побеги Shoots	0,03
Клюква болотная (<i>Oxycoccus palustris</i> Pers.) Moorberry	Ягоды Berries	0,03
Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.) Common yarrow	Трава Grass	0,23
Щавель конский (<i>Rumex confertus</i> Willd.) Horse sorrel	Корни Roots	0,08
Хвощ полевой (<i>Equisetum arvense</i> L.) Bottlebrush	Трава Grass	0,05

Как видно из табл. 2, в большей степени в прибрежных сосновых насаждениях встречаются брусника обыкновенная *Vaccinium vitis-idaea* L. (0,27 %) и тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium* L. (0,23 %).

Выводы

Видовой состав растений на побережье Белого моря в Приморском районе Архангельской области в целом довольно разнообразен. Здесь встречаются луговые растения, представленные злаками, а также типичные виды для побережья северных морей, например дерен шведский и лесные расте-

ния: черника и брусника. По берегу Белого моря при близком залегании грунтовых вод встречаются клюква и голубика. При этом в сомкнутых сосновых насаждениях острова Ягры видовой состав ЖНП отличается от сосняка дюнного, примыкающего к открытым песчаным территориям, где формируется более однородный видовой состав. На двух участках, примыкающих к СНТ «Зеленый бор», вдоль береговой линии наблюдается коэффициент Жаккара 0,52. Лекарственные растения в молодых сосновых насаждениях представлены в основном лесными видами.

Список источников

- Гаммерман А. Ф., Гром И. И. Дикорастущие лекарственные растения СССР. М. : Медицина, 1976. 288 с.
- Демидова Н. А., Ярославцев С. В., Богданов А. П. Потенциальная урожайность пищевых и лекарственных ресурсов в арктической зоне Архангельской области // Арктика: настоящее и будущее : материалы XIII междунар. форума (Санкт-Петербург, 7–8 декабря 2023 г.). СПб., 2023. С. 27–31.
- Здоровье — энциклопедия лекарственных растений, трав. URL: <https://lektrava.ru/> (дата обращения: 20.11.2023).
- Ковригина А. А., Третьяков С. В. Видовой состав лекарственных растений живого напочвенного покрова в сосновых насаждениях побережья Белого моря // Ломоносовские научные чтения студентов,

- аспирантов и молодых ученых высшей школы естественных наук и технологий САФУ – 2023 / сост. А. С. Волков ; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова. Архангельск : САФУ, 2023. С. 131–135.
- Лесная таксация. Ч. 4: Закладка, таксация и описание пробных площадей при проведении научных исследований и подготовке выпускных квалификационных работ : учебное пособие / С. В. Третьяков, С. В. Контев, Наквасина Е. Н. [и др.]. Архангельск : Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова, 2023. 119 с.
- Лесотаксационный справочник для Северо-Востока европейской части СССР (нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР) / сост. : Г. С. Войнов, Е. Г. Тюрин, И. И. Гусев. Архангельск, 1986. 358 с.
- Лесотаксационный справочник по северо-востоку европейской части Российской Федерации (нормативные материалы для Ненецкого автономного округа, Архангельской, Вологодской области и Республики Коми). Архангельск : Правда Севера, 2012. 672 с. URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=19518627>. (дата обращения: 28.01.2025).
- Максимов В. Н., Кузнецова Н. А. Эталон сходства : использование при сравнении состава и структуры сообществ. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2013. 89 с.
- Методические рекомендации по экономической оценке лесов / сост. : Н. П. Чупров, П. Т. Воронков. Архангельск : Принт А, 2000. 34 с.
- Общесоюзные нормативы для таксации лесов / сост. : В. В. Загребев, В. И. Сухих, А. З. Швиденко, Н. Н. Гусев, А. Г. Мошкалева. М. : Колос, 1992. 495 с. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/taksac/text.pdf> (дата обращения: 28.01.2025).
- ОСТ 56-69–83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки / ЦБНТИлесхоз. М., 1984. 60 с.
- Повышение продуктивности и доходности лесов путем содействия использованию недревесных лесных ресурсов арктической зоны Архангельской области / А. П. Богданов, Н. А. Демидова, С. В. Третьяков, А. С. Ильинцев // Растительный покров европейского севера и Арктики : XIV Перфильевские научные чтения, посвященные 140-летию со дня рождения И. А. Перфильева (Архангельск, 17–18 марта 2022 г.). Архангельск : КИРА, 2022. С. 241–246.
- Соколов Н. Н., Бахтин А. А., Бахтин А. А. Прописано самой природой. Архангельск : Сев.-Зап. кн. изд-во, 1998. 152 с.
- Таксационный справочник по лесным ресурсам России (за исключением древесины) / сост. : Л. Е. Курлович, В. Н. Косицин. Пушкино : ВНИИЛМ, 2018. 282 с.
- Productivity zoning of the taiga ecosystems of the Northern European part of Russia by the blueberry, lingonberry, cranberry and cloudberry merchantable resources / N. A. Demidova, A. P. Bogdanov, A. S. Ilyintsev [et al.] // XV World Forestry Congress. Seoul, South Korea, 2022. URL : <https://programme.wfc2021korea.org/en/session/5d7f3b88-a9c1-ec11-997e-a04a5e7cf9dc> (дата обращения: 28.01.2025).

References

- All-Union standards for forest taxation / compiled by V.V. Zagreiev, V.I. Sukhikh, A.Z. Shvidenko [et al.]. Moscow : Kolos, 1992. 495 p. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/taksac/text.pdf> (accessed 28.01.2025).
- Increasing the productivity and profitability of forests by promoting the use of non-timber forest resources of the Arctic zone of the Arkhangelsk region / A. P. Bogdanov, N. A. Demidova, S. V. Tretyakov, A. S. Ilyintsev // Vegetation cover of the European North and the Arctic : XIV Perfil'ev scientific readings dedicated to the 140th anniversary of the birth of I.A. Perfil'ev (Arkhangelsk, March 17–18, 2022). Arkhangelsk : KIRA, 2022. P. 241–246. (In Russ.)

- Demidova N. A., Yaroslavtsev S. V., Bogdanov A. P.* Potential productivity of food and medicinal resources in the Arctic zone of the Arkhangelsk region // Arctic: present and future : Proceedings of the XIII international forum (Saint Petersburg, December 7–8, 2023). Saint Petersburg, 2023. P. 27–31. (In Russ.)
- Forest inventory handbook for the north-east of the European part of the Russian Federation (regulatory materials for the Nenets Autonomous Okrug, Arkhangelsk, Vologda regions and the Komi Republic). Arkhangelsk : Pravda Severa, 2012. 672 p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19518627> (accessed 28.01.2025).
- Forest inventory handbook for the North-East of the European part of the USSR (Regulatory materials for the Arkhangelsk, Vologda regions and the Komi ASSR) / compiled by: G. S. Voynov, E. G. Tyurin, I. I. Gusev. Arkhangelsk, 1986. 358 p.
- Forest taxation. Part 4. Laying out, taxation and description of trial plots during scientific research and preparation of final qualification works: study guide / *S. V. Tretyakov, S. V. Koptev, E. N. Nakvasina* [et al.]. Arkhangelsk : Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, 2023. 119 p.
- Gammerman A. F., Grom I. I.* Wild medicinal plants of the USSR. Moscow : Medicine, 1976. 288 p.
- Health – Encyclopedia of medicinal plants, herbs. URL: <https://lektrava.ru> (accessed 20.11.2023).
- Kovrigina A. A., Tretyakov S. V.* Species composition of medicinal plants of the living ground cover in pine plantations of the White Sea coast // Lomonosov scientific readings of students, graduate students and young scientists of the Higher School of Natural Sciences and Technologies of NArFU 2023 / compiled by A. S. Volkov ; Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov. Arkhangelsk : NArFU, 2023. P. 131–135. (In Russ.)
- Maksimov V. N., Kuznetsova N. A.* Standard of similarity: use in comparing the composition and structure of communities. Moscow : KMK, 2013. 89 p.
- Methodological recommendations for the economic assessment of forests / compiled by: N. P., Chuprov, P. T. Voronkov. Arkhangelsk : Print A, 2000. 34 p.
- OST 56-69–83 Forest management trial plots. Method of laying out / CBNTILeskhov. Moscow, 1984. 60 p.
- Sokolov N. N., Bakhtin A. A., Bakhtin A. A.* Prescribed by Nature Itself. Arkhangelsk : North-West Book Publishing House, 1998. 152 p.
- Taxation directory of forest resources of Russia (except wood) / compiled by: L. E. Kurlovich, V. N. Kositsin. Pushkino : VNIILM, 2018. 282 p.
- Productivity zoning of the taiga ecosystems of the Northern European part of Russia by the blueberry, lingonberry, cranberry and cloudberry merchantable resources / *N. A. Demidova, A. P. Bogdanov, A. S. Ilintsev* [et al.] // XV World Forestry Congress. Seoul, South Korea, 2022. URL : <https://programme.wfc2021korea.org/en/session/5d7f3b88-a9c1-ec11-997e-a04a5e7cf9dc> (accessed 28.01.2025).

Информация об авторах

A. A. Ковригина – аспирант;

С. В. Третьяков – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник;

A. A. Парамонов – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник.

Information about the authors

A. A. Kovrigina – Postgraduate Student;

S. V. Tretyakov – Doktor of Agricultural Sciences, Professor, chief researcher;

A. A. Paramonov – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher.

Статья поступила в редакцию 14.02.2025; принята к публикации 28.02.2025.

The article was submitted 14.02.2025; accepted for publication 28.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 35–44.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 35–44.

Научная статья

УДК 630*52:630*174.754

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.004

МОДЕЛИ ДИАМЕТРА СТВОЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ ДЕРЕВА И ДИАМЕТРА КРОН В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ СВЕРДЛОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Павел Николаевич Уразов¹, Владимир Андреевич Усольцев²,
Алина Флоритовна Уразова³

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

² Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

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

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

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

Аннотация. Лесные полосы в зоне отвода железных дорог играют важную защитную роль, предотвращая снежные заносы железнодорожных путей. Эта защитная роль во многом определяется структурой лесного полога. Современные технологии лидарного зондирования обеспечивают крупномасштабное картографирование лесов с получением трехмерной информации о структуре лесного полога, степени деградации лесов, надземной фитомассе, первичной продукции и биоразнообразию. Лидарная технология непосредственно не дает информацию о надземной фитомассе деревьев, и она оценивается косвенно по дистанционно измеряемым показателям, важнейшими из которых являются высота деревьев и диаметр кроны. Имеются многочисленные модели и таблицы для оценки фитомассы деревьев как по диаметру ствола, так и по двум переменным – высоте дерева и диаметру ствола. Для их совмещения с данными лидарного зондирования необходима разработка моделей зависимости диаметра ствола от высоты дерева и диаметра кроны. Цель нашего исследования – по фактическим данным морфометрии 280 деревьев пяти древесных пород, произрастающих в путезащитных лесных полосах Свердловской железной дороги, построить двухфакторные модели зависимости диаметра ствола от высоты дерева и диаметра кроны и сравнить полученные модели с всеобщими моделями, рассчитанными для лесов Евразии (Усольцев, 2016). Полученные модели объясняют 71–91 % изменчивости диаметра ствола. Согласно моделям диаметр ствола у всех пород положительно связан как с высотой дерева, так и с диаметром кроны. Вклады высоты дерева и диаметра кроны в объяснение изменчивости диаметра ствола составили соответственно 44 и 56 %. Сравнение полученных моделей с всеобщими для лесов Евразии показало при прочих равных условиях наличие существенных различий в диаметрах ствола от 64 до –13 %, по-видимому, вследствие специфичной морфоструктуры насаждений в защитных лесных полосах.

Ключевые слова: сосна, береза, ель, тополь, лиственница, защитные лесные полосы, диаметр ствола, регрессионные модели

Для цитирования: Уразов П. Н., Усольцев В. А., Уразова А. Ф. Модели диаметра ствола в зависимости от высоты дерева и диаметра кроны в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 35–44.

Original article

STEM DIAMETER MODELS DEPENDING ON TREE HEIGHT AND CROWN DIAMETER IN PROTECTIVE FOREST BELTS OF THE SVERDLOVSK RAILWAY

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

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

² Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

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

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

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

Abstract. Forest belts in the railway protectional zone play an important role, preventing snow drifts of railway tracks. This protective role is largely determined by the structure of the forest canopy. Modern lidar sounding technologies provide large-scale mapping of forests to obtain three-dimensional information about the structure of the forest canopy, the degree of forest degradation, aboveground phytomass, primary production and biodiversity. Lidar technology does not directly provide information about the aboveground phytomass of trees, and it is estimated indirectly by remotely measured indicators, the most important of which are the tree height and the crown diameter. There are numerous models and tables for estimating the tree phytomass both by stem diameter and by two variables – tree height and stem diameter. To combine them with lidar sounding data, it is necessary to develop models of the dependence of the stem diameter on the tree height and the crown diameter. The purpose of our research: based on the actual data of the morphometry of 280 trees of five tree species growing in the forest shelterbelts of the Sverdlovsk Railway, to construct two-factor models of the dependence of the stem diameter on the tree height and the crown diameter and compare the obtained models with generic models calculated for the forests of Eurasia (Usoltsev, 2016). The obtained models explain 71–91 % of the variability of the stem diameter. According to the models, the diameter of the stem in all species is positively related to both the tree height and the crown diameter. The contributions of tree height and crown diameter to explain the variability of stem diameter were 44 and 56 %, respectively. Comparison of the obtained models with those universal for the forests of Eurasia showed, all other parameters being equal, the presence of significant differences in stem diameters from 64 to –13 %, apparently due to the specific morphostructure of forests in protective forest belts.

Keywords: pine, birch, spruce, poplar, larch, protective forest belts, stem diameter, regression models

For citation: Urazov P. N., Usoltsev V. A., Urazova A. F. Stem diameter models depending on tree height and crown diameter in protective forest belts of the Sverdlovsk railway // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 35–44.

Введение

Лесные полосы в зоне отвода железных дорог играют важную защитную роль, предотвращая снежные заносы железнодорожных путей (Оценка..., 2024). Эта защитная роль во многом определяется структурой лесного полога. Современные технологии лидарного зондирования обеспечивают крупномасштабное картографирование лесов

с получением трехмерной информации о структуре лесного полога, степени деградации лесов, надземной фитомассе, первичной продукции и биоразнообразии. Общемировой библиометрический анализ по данной теме на основе 412 публикаций, проиндексированных в базе данных Scopus за период 2004–2022 гг., показал, что за последние пять лет количество публикаций нарастало

в геометрической прогрессии (Forestry..., 2024). Использование данных дистанционного зондирования с применением методов нейронных сетей показало обнадеживающие результаты по идентификации породного состава лесного полога (Data..., 2023).

Лидарная технология непосредственно не дает информацию о надземной фитомассе деревьев, и она оценивается косвенно по дистанционно измеряемым показателям, важнейшими из которых являются высота деревьев и диаметр кроны (Estimation..., 2010; Allometric..., 2017; Reduced..., 2023). На основе базы данных о фитомассе деревьев лесообразующих пород Евразии были разработаны модели зависимости как фракций надземной фитомассы (Усольцев, 2016; Усольцев, Цепордей, 2021; Усольцев и др., 2023; Уразова и др., 2024), так и фитомассы корней (Усольцев и др., 2022а) от высоты дерева и диаметра кроны, объясняющие изменчивость фитомассы в диапазонах соответственно 73–98 и 78–96 %.

Кроме того, лидарная технология помогает отслеживать реакцию экосистем на изменения климата, деградацию лесов и изменения в землепользовании (A universal..., 2012). Совмещение данных наземного и воздушного лазерного сканирования позволяет повысить точность оценок диаметра кроны и высоты дерева (Non-destructive..., 2022). Последние пять лет лидарные технологии показывают способность напрямую предоставлять точную информацию о вертикальных структурах растительности в глобальном масштабе (Evaluation..., 2024).

Для экологических исследований на основе лидарных технологий в связи с изменением климата необходима информация о наземном распределении деревьев не только по фитомассе, но и по диаметру стволов деревьев (Predicting..., 2018; Prediction..., 2019; An automated..., 2023). Известна довольно тесная связь диаметра ствола с диаметром кроны. На примере ели восточной в Турции был выполнен сравнительный анализ названной связи по семи разным моделям. Наименьшую объяснительную способность показала линейная зависимость ($R^2 = 0,834$), наибольшую – полином третьего порядка ($R^2 = 0,862$), и проме-

жуточное место по коэффициенту детерминации заняла аллометрическая (степенная) зависимость ($R^2 = 0,835$) (Sönmez, 2009). По материалам базы данных о фитомассе деревьев лесообразующих пород Евразии были рассчитаны двухфакторные аллометрические зависимости диаметра ствола от высоты дерева и диаметра кроны для 26 пород, показавшие коэффициенты детерминации в диапазоне от 0,802 для липы до 0,983 для ивы (Усольцев, 2016). Аналогичные результаты были получены на уровне дерева норвежскими и китайскими исследователями (Predicting..., 2018; Prediction..., 2019; An automated..., 2023) и на уровне древостоя – японскими учеными (Umemi, Inoue, 2024).

К настоящему времени имеются многочисленные модели и таблицы для оценки фитомассы деревьев как по диаметру ствола (Усольцев и др., 2022б), так и по двум переменным – высоте дерева и диаметру ствола (Усольцев, 2016). Для их совмещения с данными лидарного зондирования необходима разработка моделей зависимости диаметра ствола от высоты дерева и диаметра кроны.

Цель, методика и объекты исследования

Цель нашего исследования заключалась в том, чтобы:

- по фактическим данным морфометрии деревьев пяти древесных пород, произрастающих в путезащитных лесных полосах вдоль железной дороги в Свердловской области, построить двухфакторные модели зависимости диаметра ствола от высоты дерева и диаметра кроны;
- сравнить полученные модели с всеобщими моделями, рассчитанными для лесов Евразии (Усольцев, 2016).

Для реализации поставленных задач была заложена серия пробных площадей, таксационная характеристика которых была опубликована ранее (Оценка соответствия..., 2024). На каждой пробной площади были выполнены обмеры от 10 до 15 модельных деревьев, в том числе 44 – сосны обыкновенной, 164 – березы повислой, 40 – тополя бальзамического, 17 – ели сибирской и 15 – лиственницы сибирской. Методика обмеров изложена ранее (Оценка соответствия..., 2024).

Результаты и их обсуждение

По исходным данным модельных деревьев рассчитаны регрессионные модели

$$\ln(d) = a_0 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(D_k), \quad (1)$$

где d – диаметр ствола на высоте груди, см;

D_k – диаметр кроны, м;

h – высота дерева, м.

Значения полученных расчетом коэффициентов a_0 , a_1 и a_2 в модели (1) приведены в табл. 1. Коэффициенты a_0 , a_1 и a_2 в модели (1) значимы на уровнях от $p < 0,05$ до $p < 0,001$.

Соотношение фактических и расчетных значений $\ln(d)$ (рис. 1) свидетельствует о равномерности остаточной дисперсии и отсутствии корреляции остатков.

Результаты анализа вкладов диаметра кроны и высоты дерева в объяснение варьирования диаметра ствола показаны в табл. 2. Геометрическая 3D-интерпретация моделей (1) дана на рис. 2.

Представляет интерес сравнить полученные модели диаметра стволов в насаждениях защит-

ных полос с всеобщими моделями, рассчитанными по базе данных о фитомассе деревьев лесобразующих пород Евразии (табл. 3).

Сопоставление моделей, приведенных в табл. 1 и 3, показало, что при одних и тех же значениях высот деревьев и диаметров крон диаметр ствола в защитных полосах больше значений всеобщих моделей у сосен на 46 %, у берез на 64 %, у елей на 3 %, у тополей на 54 %, а у лиственниц, напротив, меньше на 13 %. Таким образом, различия диаметров ствола при прочих равных условиях в защитных лесных полосах и рассчитанных по всеобщим моделям варьируют от 64 до –13 %, что, по-видимому, обусловлено специфической морфоструктурой насаждений в защитных полосах. Впрочем, в зарубежной литературе есть свидетельства практически совпадающих значений диаметра ствола как функции высоты дерева и диаметра кроны, рассчитываемых по локальным и внешним данным (Predicting..., 2018).

Таблица 1
Table 1

Характеристика моделей (1)
Characteristics of models (1)

Порода Species	Коэффициенты модели (1) The coefficients of the model (1)			adjR ^{2**}	SE***
	a_0^*	$a_1 \ln(h)$	$a_2 \ln(D_k)$		
Сосна Pine	0,7367	0,6229	0,5611	0,910	0,075
Береза Birch	0,3695	0,7641	0,4367	0,705	0,175
Ель Spruce	–0,1079	0,9620	0,3595	0,760	0,143
Тополь Poplar	1,0762	0,3585	0,6916	0,770	0,128
Лиственница Larch	–0,9393	1,2232	0,3156	0,747	0,088

* В свободный член введена поправка на логарифмирование (Baskerville, 1972);

** adjR² – коэффициент детерминации, скорректированный на число переменных;

*** SE – стандартная ошибка уравнения.

* Logarithm correction (Baskerville, 1972) was introduced into the free term;

** adjR² is the coefficient of determination adjusted for the number of variables;

*** SE is the standard error of the equation.

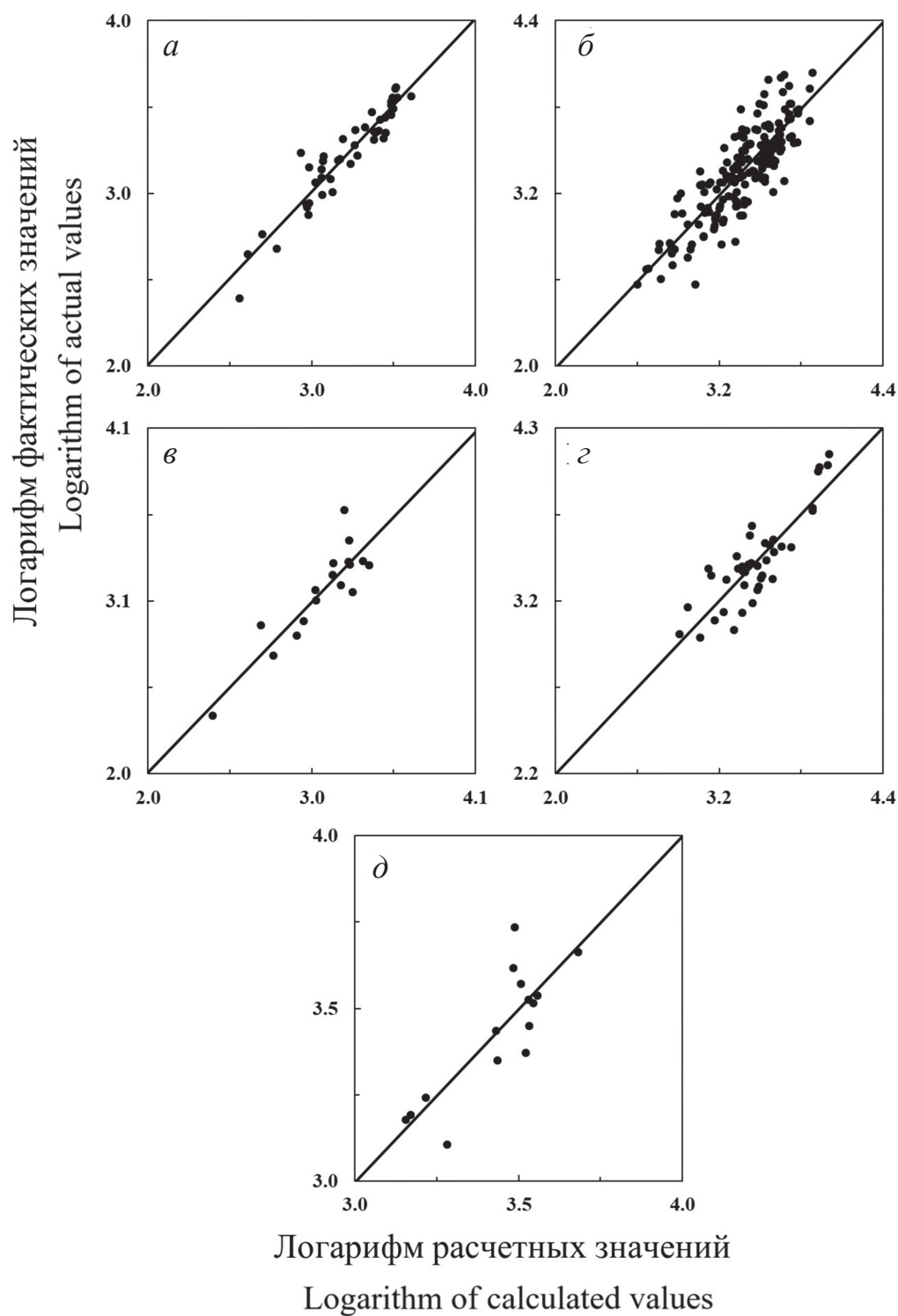


Рис. 1. Соотношение фактических и расчетных по модели (1) значений зависимой переменной для сосны (*a*), березы (*б*), ели (*в*), тополя (*г*) и лиственницы (*д*)

Fig. 1. The ratio of the actual and calculated values of the dependent variable according to the model (1) for pine (*a*), birch (*б*), spruce (*в*), poplar (*г*) and larch (*д*)

Таблица 2
Table 2

Вклад независимых переменных модели (1) в объяснение
изменчивости зависимых переменных, %
Contribution of the independent variables of the model (1) to the explanation
of the variability of dependent variables, %

Порода Species	Зависимая переменная Dependent variable	
	$\ln(h)$	$\ln(D_k)$
Сосна Pine	35	65
Береза Birch	60	40
Ель Spruce	26	74
Тополь Poplar	36	64
Лиственница Larch	65	35
В среднем по породам Average by breed	$44,4 \pm 17,1$	$55,6 \pm 17,1$

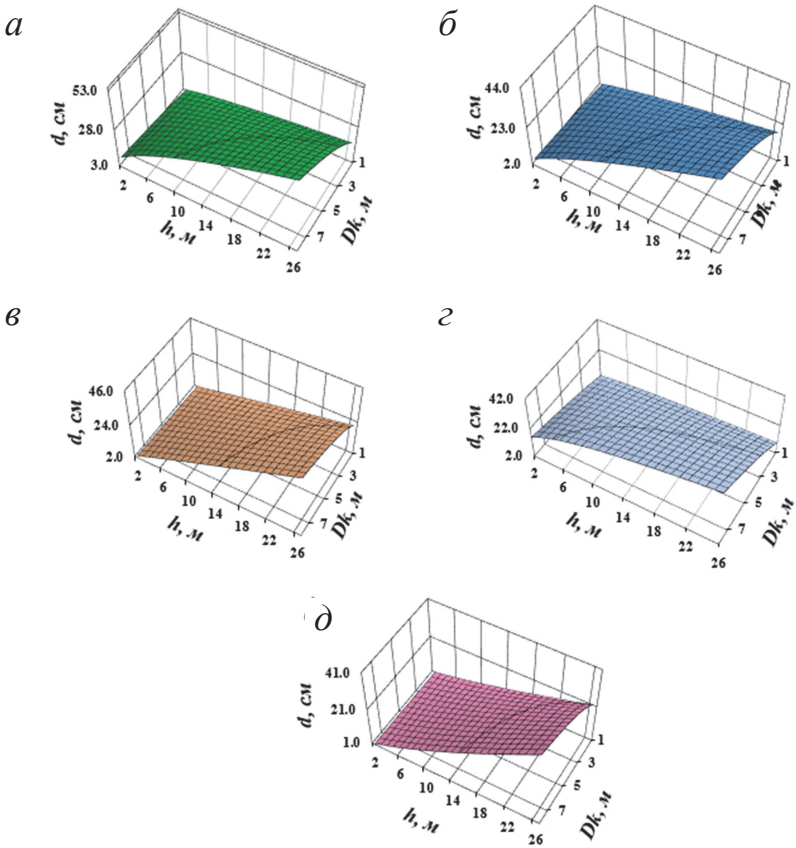


Рис. 2. Зависимость диаметра ствола от высоты дерева и диаметра кроны согласно модели (1):
для сосны (а), березы (б), ели (в), тополя (г) и лиственницы (д)
Fig. 2. Dependence of stem diameter upon tree height and crown diameter according to model (1):
for pine (a), birch (б), spruce (в), poplar (г) and larch (д)

Таблица 3
Table 3

Характеристика моделей (1), рассчитанных по материалам базы данных о фитомассе деревьев
лесообразующих пород Евразии (Усольцев, 2016)
Characteristics of models (1) calculated from the materials of the database on phytomass of trees
of forest-forming species of Eurasia (Usoltsev, 2016)

Порода Species	Коэффициенты модели (1) The coefficients of the model (1)			adjR ₂ **	SE***
	a ₀ *	a ₁ ln(h)	a ₂ ln(D _k)		
Сосна Pine	–0,1306	0,9550	0,2897	0,951	0,28
Береза Birch	–0,7187	1,0228	0,3889	0,924	0,20
Ель Spruce	–0,2564	1,0080	0,3336	0,956	0,20
Тополь Poplar	0,0151	0,5301	0,8411	0,905	0,15
Лиственница Larch	–0,3209	0,9703	0,4407	0,926	0,22

Выводы

Таким образом, по данным 280 модельных деревьев, полученным для пяти древесных пород в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги, рассчитаны аллометрические модели зависимости диаметра ствола на высоте груди от высоты дерева и диаметра кроны, объясняющие 71–91 % изменчивости диаметра ствола. Согласно моделям диаметр ствола у всех пород положительно связан как с высотой дерева, так и с диа-

метром кроны. Вклады высоты дерева и диаметра кроны в объяснение изменчивости диаметра ствола составили соответственно 44 и 56 %. Сравнение полученных моделей с всеобщими для лесов Евразии показало при прочих равных условиях наличие существенных различий в диаметрах ствола от 64 до –13 %, по-видимому, вследствие специфичной морфоструктуры насаждений в защитных лесных полосах.

Список источников

Оценка соответствия конструктивных характеристик защитных лесных полос объемам снегоприноса на участках Свердловской железной дороги / П. Н. Уразов, З. Я. Нагимов, Э. Ф. Герц [и др.] // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2024. № 1. С. 19–27.

Уразова А. Ф., Нагимов З. Я., Уразов П. Н. Таксационная характеристика защитных лесных полос вдоль железной дороги Екатеринбург – Каменск-Уральский // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 101–111.

Усольцев В. А. Фитомасса модельных деревьев лесообразующих пород Евразии: база данных, климатически обусловленная география, таксационные нормативы. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 336 с.

Усольцев В. А., Цепордей И. С. Обновленные аллометрические модели биомассы 19 древесных видов и родов Евразии для бортового лазерного зондирования // Хвойные бореальной зоны. 2021. Т. XXXIX, № 6. С. 469–479.

- Усольцев В. А., Цепордей И. С., Норицин Д. В. Аллометрические модели для оценки биомассы корней лесообразующих родов Евразии дистанционными методами с учетом глобального потепления // Хвойные бореальной зоны. 2022а. Т. 40, № 1. С. 65–75.
- Усольцев В. А., Цепордей И. С., Норицин Д. В. Аллометрические модели биомассы деревьев лесообразующих пород Урала // Леса России и хозяйство в них. 2022б. № 1. С. 4–14. DOI: 10.51318/FRET.2022.85.72.001
- Усольцев В. А., Цепордей И. С., Часовских В. П. Модели для оценки биомассы деревьев лесообразующих видов по диаметру кроны в связи с использованием дронов // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. 41, № 4. С. 300–305.
- A universal airborne LiDAR approach for tropical forest carbon mapping / G. P. Asner, J. Mascaro, H. C. Muller-Landau [et al.] // *Oecologia*. 2012. Vol. 168. P. 1147–1160.
- Allometric equations for integrating remote sensing imagery into forest monitoring programmes / T. Jucker, J. Caspersen, J. Chave [et al.] // *Global Change Biology*. 2017. Vol. 23. P. 177–190.
- An automated pipeline for extracting forest structural parameters by integrating UAV and ground-based LiDAR point clouds / D. Xu, G. Chen, S. Zhang [et al.] // *Forests*. 2023. Vol. 14. Article 2179. DOI: 10.3390/f14112179
- Baskerville G. L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // *Canadian Journal of Forest Research*. 1972. Vol. 2, № 1. P. 49–53.
- Data science competition for cross-site individual tree species identification from airborne remote sensing data / S. J. Graves, S. Marconi, D. Stewart [et al.] // *PeerJ*. 2023. Vol. 11. Article e16578. DOI: 10.7717/peerj.16578
- Estimation of tropical forest height and biomass dynamics using lidar remote sensing at la Selva, Costa Rica / R. O. Dubayah, S. L. Sheldon, D. B. Clark [et al.] // *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*. 2010. Vol. 115. Article G00E09. DOI: 10.1029/2009JG000933
- Evaluation of height metrics and above-ground biomass density from GEDI and ICESat-2 over Indian tropical dry forests using airborne LiDAR data / S. R. Rodda, R. R. Nidamanuri, R. Fararoda [et al.] // *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2024. Vol. 52. P. 841–856.
- Forestry applications of space-borne LiDAR sensors: A worldwide bibliometric analysis / F. J. Aguilar, F. A. Rodríguez, M. A. Aguilar [et al.] // *Sensors*. 2024. Vol. 24. Article 1106. DOI: 10.3390/s24041106
- Non-destructive estimation of individual tree biomass: Allometric models, terrestrial and UAV laser scanning / B. Brede, L. Terryn, N. Barbier [et al.] // *Remote Sensing of Environment*. 2022. Vol. 280. Article 113180. URL: <https://www.researchgate.net/publication/362515464> (accessed 17.06.2024).
- Predicting stem diameters and aboveground biomass of individual trees using remote sensing data / M. Dalponte, L. Frizzera, H.O. Yorka [et al.] // *Ecological Indicators*. 2018. Vol. 85. P. 367–376.
- Prediction of stem diameter and biomass at individual tree crown level with advanced machine learning techniques / S. Malek, F. Miglietta, T. Gobakken [et al.] // *iForest*. 2019. Vol. 12. P. 323–329. DOI: 10.3832/ifor2980-012
- Reduced model complexity for efficient characterisation of savanna woodland structure using terrestrial laser scanning / L. Luck, M. Kaestli, L. B. Hutley [et al.] // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2023. Vol. 118. Article 103255. DOI: 10.1016/j.jag.2023.103255
- Sönmez T. Diameter at breast height – crown diameter prediction models for *Picea orientalis* // *African Journal of Agricultural Research*. 2009. Vol. 4 (3). P. 215–219.
- Umeki K., Inoue A. A model for predicting mean diameter at breast height from mean tree height and stand density // *Journal of Forest Research*. 2024. Vol. 29. № 3. P. 186–195. DOI: 10.1080/13416979.2024.2311946

References

- A universal airborne LiDAR approach for tropical forest carbon mapping / *G. P. Asner, J. Mascaro, H. C. Muller-Landau* [et al.] // *Oecologia*. 2012. Vol. 168. P. 1147–1160.
- Allometric equations for integrating remote sensing imagery into forest monitoring programmes / *T. Jucker, J. Caspersen, J. Chave* [et al.] // *Global Change Biology*. 2017. Vol. 23. P. 177–190.
- An automated pipeline for extracting forest structural parameters by integrating UAV and ground-based LiDAR point clouds / *D. Xu, G. Chen, S. Zhang* [et al.] // *Forests*. 2023. Vol. 14. Article 2179. DOI: 10.3390/f14112179
- Assessment of the compliance of the design characteristics of protective forest belts with the snowfall volumes on the Sverdlovsk railway sections / *P. N. Urazov, Z. Ya. Nagimov, E. F. Hertz* [et al.] // *Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry*. 2024. № 1. P. 19–27. (In Russ.)
- Baskerville G. L.* Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // *Canadian Journal of Forest Research*. 1972. Vol. 2, № 1. P. 49–53.
- Data science competition for cross-site individual tree species identification from airborne remote sensing data / *S. J. Graves, S. Marconi, D. Stewart* [et al.]. // *PeerJ*. 2023. Vol. 11. Article e16578. DOI: 10.7717/peerj.16578
- Estimation of tropical forest height and biomass dynamics using lidar remote sensing at la Selva, Costa Rica / *R. O. Dubayah, S. L. Sheldon, D. B. Clark* [et al.] // *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*. 2010. Vol. 115. Article G00E09. DOI: 10.1029/2009JG000933
- Evaluation of height metrics and above-ground biomass density from GEDI and ICESat-2 over Indian tropical dry forests using airborne LiDAR data / *S. R. Rodda, R. R. Nidamanuri, R. Fararoda* [et al.] // *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2024. Vol. 52. P. 841–856.
- Forestry applications of space-borne LiDAR sensors: A worldwide bibliometric analysis / *F. J. Aguilar, F. A. Rodríguez, M. A. Aguilar* [et al.] // *Sensors*. 2024. Vol. 24. Article 1106. DOI: 10.3390/s24041106
- Non-destructive estimation of individual tree biomass: Allometric models, terrestrial and UAV laser scanning / *B. Brede, L. Terryn, N. Barbier* [et al.] // *Remote Sensing of Environment*. 2022. Vol. 280. Article 113180. URL: <https://www.researchgate.net/publication/362515464> (accessed 17.06.2024).
- Predicting stem diameters and aboveground biomass of individual trees using remote sensing data / *M. Dalponte, L. Frizzera, H.O. Yorka* [et al.] // *Ecological Indicators*. 2018. Vol. 85. P. 367–376.
- Prediction of stem diameter and biomass at individual tree crown level with advanced machine learning techniques / *S. Malek, F. Miglietta, T. Gobakken* [et al.] // *iForest*. 2019. Vol. 12. P. 323–329. DOI: 10.3832/ifor2980-012
- Reduced model complexity for efficient characterisation of savanna woodland structure using terrestrial laser scanning / *L. Luck, M. Kaestli, L. B. Hutley* [et al.] // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2023. Vol. 118. Article 103255. DOI: 10.1016/j.jag.2023.103255
- Sönmez T.* Diameter at breast height – crown diameter prediction models for *Picea orientalis* // *African Journal of Agricultural Research*. 2009. Vol. 4 (3). P. 215–219.
- Umami K., Inoue A.* A model for predicting mean diameter at breast height from mean tree height and stand density // *Journal of Forest Research*. 2024. Vol. 29. № 3. P. 186–195. DOI: 10.1080/13416979.2024.2311946
- Urazova A. F., Nagimov V. Z., Urazov P. N.* Taxation characteristics of protective forest belts along the railroad Yekaterinburg – Kamensk-Uralsky // *Forests of Russia and economy in them*. 2024. № 1 (88). P. 101–111. (In Russ.)
- Usoltsev V. A.* Single-tree biomass of forest-forming species in Eurasia: database, climate-related geography, weight tables. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2016. 336 p.

- Usoltsev V. A., Tsepordey I. S.* Updated biomass models of 19 Eurasian wood species and genera intended for airborne LiDAR sensing // *Conifers of the boreal area*. 2021. Vol. XXXIX, № 6. P. 469–479. (In Russ.)
- Usoltsev V. A., Tsepordey I. S., Chasovskikh V. P.* Models for estimating biomass of forest-forming species by crown diameter as related to drone involving // *Conifers of the boreal area*. 2023. Vol. 41, № 4. P. 300–305. (In Russ.)
- Usoltsev V. A., Tsepordey I. S., Noritsin D. V.* Allometric models for estimating the root biomass of Eurasian forest-forming genera by remote sensing as related to global warming // *Conifers of the boreal area*. 2022a. Vol. 40, № 1. P. 65–75. (In Russ.)
- Usoltsev V. A., Tsepordey I. S., Noritsin D. V.* Allometric models of single-tree biomass for forest-forming species of the Urals // *Forests of Russia and economy in them*. 2022b. № 1. P. 4–14. DOI: 10.51318/FRET.2022.85.72.001 (In Russ.)

Информация об авторах

П. Н. Уразов – аспирант;

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

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

Information about the authors

P. N. Urazov – postgraduate student;

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

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

Статья поступила в редакцию 12.07.2024; принята к публикации 10.01.2025.

The article was submitted 12.07.2024; accepted for publication 10.01.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 45–53.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 45–53.

Научная статья

УДК: 630*113

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.005

ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЭЛЕМЕНТАХ МЕЗОРЕЛЬЕФА В ДОЛИНЕ РЕКИ ТОБОЛ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Владислав Игоревич Читаев¹, Андрей Евгеньевич Морозов²

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

¹ chitaev.vi.b23@mti.gausz.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2327-5840>

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

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния элементов мезорельефа, сформированных рекой Тобол, на лесные насаждения, произрастающие в ее долине. Исследования проводились на территории Ялutorовского и Заводоуковского лесничеств Тюменской области. В процессе исследования проведен анализ материалов лесоустройства за последний ревизионный период, данных дистанционного зондирования Земли и топографических карт, на основании которого составлено описание ландшафта исследуемой территории. Построено 3 ландшафтных профиля, проанализированы таксационные описания более 140 лесотаксационных выделов, пересекаемых данными профилями. Установлены закономерности пространственного размещения и развития лесных насаждений на элементах мезорельефа в зависимости от высоты над уровнем моря и расстояния до береговой линии. Выявлено наличие связи мезорельефа с типами леса, составом и производительностью древостоев. Исследование выполнено впервые для долины реки Тобол в ее нижнем течении. Полученные данные позволяют лучше понять взаимосвязь мезорельефа, сформированного Тоболом, с характером лесной растительности, а также могут явиться фундаментом для обеспечения научно обоснованного подхода к проектированию мероприятий по сохранению лесов, произрастающих в пойме, на надпойменной террасе и на плакорах.

Ключевые слова: мезорельеф, река Тобол, речная долина, пойма, надпойменная терраса, плакор, лесная растительность

Благодарности: авторы выражают благодарность директору Сибирской лесной опытной станции ВНИИЛМ Папулову Евгению Сергеевичу за помощь в организации полевых исследований.

Для цитирования: Читаев В. И., Морозов А. Е. Формирование лесной растительности на элементах мезорельефа в долине реки Тобол в условиях Северного Зауралья // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 45–53.

Original article

FORMATION OF FOREST VEGETATION ON ELEMENTS OF MESORELIEF IN THE TOBOL RIVER BOTTOM IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN TRANS-URALS

Vladislav I. Chitaev¹, Andrey E. Morozov²

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

¹ chitaev.vi.b23@mti.gausz.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2327-5840>

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

Abstract. The article presents the results of a research of the influence of mesorelief elements formed by the Tobol River on forest vegetations growing in its bottom. The research was carried out on the territory of the Yalutorovsky and Zavodoukovsky forest districts of the Tyumen region. During the research, forest management materials for the last revision period, Earth remote sensing data and topographic maps were analyzed, on the basis of which a description of the landscape of the research area was compiled. Three landscape profiles were constructed, taxation descriptions of more than 140 forest taxation units intersected by these profiles were analyzed. The patterns of spatial distribution and development of forest vegetations on mesorelief elements depending on the altitude above sea level and the distance to the shoreline have been established. A connection between mesorelief and forest types, composition and productivity of forest stands was revealed. The research was carried out for the first time for the Tobol River bottom in its downstream. The obtained data allow us to better understand the relationship between the mesorelief formed by the Tobol and the nature of forest vegetation, and can also serve as a basis for ensuring a scientifically sound approach to the design of measures to preserve forests growing in the floodplain, on the terrace above floodplain and on the flat interfluvium.

Keywords: mesorelief, Tobol river, bottom, floodplain, terrace above floodplain, flat interfluvium, forest vegetation

Acknowledgements: the authors express their gratitude to the director of the Siberian forest experimental station ARRIFFM Evgeny Sergeevich Papulov for assistance in organizing field research.

For citation: Chitaev V. I., Morozov A. E. Formation of forest vegetation on elements of mesorelief in the Tobol River bottom in the conditions of the Northern Trans-Urals // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 45–53.

Введение

На характер лесных насаждений, как известно, влияет множество внешних факторов, среди которых отдельно следует выделять рельеф в целом и его отдельные формы. В лесоведении принято выделять три формы рельефа: макрорельеф, мезорельеф и микрорельеф. При этом в соответствии с их экологической масштабностью влияние на леса разных форм рельефа проявляется с определенной спецификой (Луганский и др., 2010). Особый интерес при этом представляет изучение влияния на лесную растительность мезорельефа,

который может определять лесные формации, типы леса, состав и производительность древостоев.

Известно, что мезорельеф в горных странах проявляется прежде всего в крутизне и экспозиции склонов. На равнинах к его элементам можно отнести речные долины, западины, овраги, балки, склоновые участки и пр.

Исследования по влиянию рельефа на лесные насаждения проводились на северо-западе страны (Алексеев, Никифоров, 2014; Громцев, 1993, 2003, 2008), на юге России (Турчин, Коробова, 2014)

и в Поволжье (Исаев, 2004). Сведения о проведении подобных исследований на территории речных долин района работ в открытых источниках отсутствуют, что обуславливает их актуальность.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью данной работы является изучение влияния элементов мезорельефа долины реки Тобол на формирование лесной растительности в условиях Северного Зауралья.

В процессе исследований использовались данные дистанционного зондирования Земли, топографические карты, материалы государственного лесного реестра и данные лесоустройства; материалы пробных площадей. Использовались общепринятые методы, применяемые в лесоводстве и лесной таксации.

Исследования проводились на территории Ялutorовского и Заводоуковского муниципальных районов Тюменской области. Согласно приказу Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон

Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации» территория района исследований относится к лесостепной зоне, Западно-Сибирскому подтаежно-лесостепному району. Рассматриваемая нами часть речной долины относится к нижнему течению реки Тобол.

Результаты и их обсуждение

В процессе исследования было заложено три ландшафтных профиля местности, на которых проводился сбор исходных данных. Профиль № 1 пересекает 49 лесотаксационных выделов, профиль № 2 – 57 выделов, профиль № 3 – 35 выделов. Всего в процессе исследований были обработаны и проанализированы данные лесоводственно-таксационных описаний 141 выдела. В табл. 1 в качестве примера приведен фрагмент лесоводственно-таксационной характеристики лесных насаждений, произрастающих вдоль ландшафтного профиля № 1.

На рис. 1–3 изображены ландшафтные профили местности, наложенные на планы лесонасаждений исследуемых лесничеств.

Таблица 1
Table 1

Лесоводственно-таксационная характеристика лесных насаждений
на ландшафтном профиле № 1 (Заводоуковское лесничество,
Падунское участковое лесничество), фрагмент
Taxational characteristics of tree stands on the landscape profile № 1
(Zavodoukovsk forestry, Padun district forestry), fragment

Квартал Block	Выдел Stratum	Мезорельеф Mesorelief	Преобладающая порода Dominant breed	Тип леса Forest type	Класс бонитета Bonitet	Состав древостоя Stand composition	Абс. высота, м Altitude, m	Расстояние от береговой линии, м Distance from shoreline, m
13	12	Терраса Terrace	Б В	ТБ GM	IV	10Б 10В	63	11 360
13	18	Терраса Terrace	Б В	ОЗЛ SG	III	5Б3Б2Л+С 5В3В2Л+Р	65	11 467
31	2	Терраса Terrace	Б В	ОЗЛ SG	III	5Б3Б2Л+С 5В3В2Л+Р	65	11 651
31	3	Терраса Terrace	Б В	ТБ GM	V	8Б2Б+С 8В2В+Р	63	11 907
31	4	Терраса Terrace	Б В	ТБ GM	Va	10Б 10В	62	12 018
31	5	Терраса Terrace	С Р	СФ SPH	V	8С2Б 8Р2В	64	12 353

Окончание табл. 1

The end of table 1

Квартал Block	Выдел Stratum	Мезорельеф Mesorelief	Преобладающая порода Dominant breed	Тип леса Forest type	Класс бонитета Bonitet	Состав древостоя Stand composition	Абс. высота, м Altitude, m	Расстояние от береговой линии, м Distance from shoreline, m
32	1	Терраса Terrace	С Р	СФ SPH	V	4С4С2Б+Б 4Р4Р2В+В	69	12 501
32	2	Терраса Terrace	ОС As	РТ MH	II	5Ос2Б3ЛП 5As2B3Lin	84	12 561
32	4	Плакор Plakor	С Р	ЯГМ BM	I	10С+Б 10Р+В	92	12 609
32	12	Плакор Plakor	С Р	ЯГМ BM	Ia	7С3Б+Ос 7Р3В+As	89	12 130
32	6	Плакор Plakor	С Р	ЯГМ BM	I	9С1Б+Ос 9Р1В+As	92	13 400
32	13	Плакор Plakor	С Р	ЯГМ BM	Ia	9С1Б 9Р1В	90	13 539

Примечание. ТБ – травяно-болотный, ОЗЛ – осоково-злаковый, СФ – сфагновый, РТ – разнотравный, ЯГМ – ягодно-мшистый.

Note. GM – grass-marsh, SG – sedge-grain, SPH – sphagnum, MH – mixed herb, BM – berry-mossy.

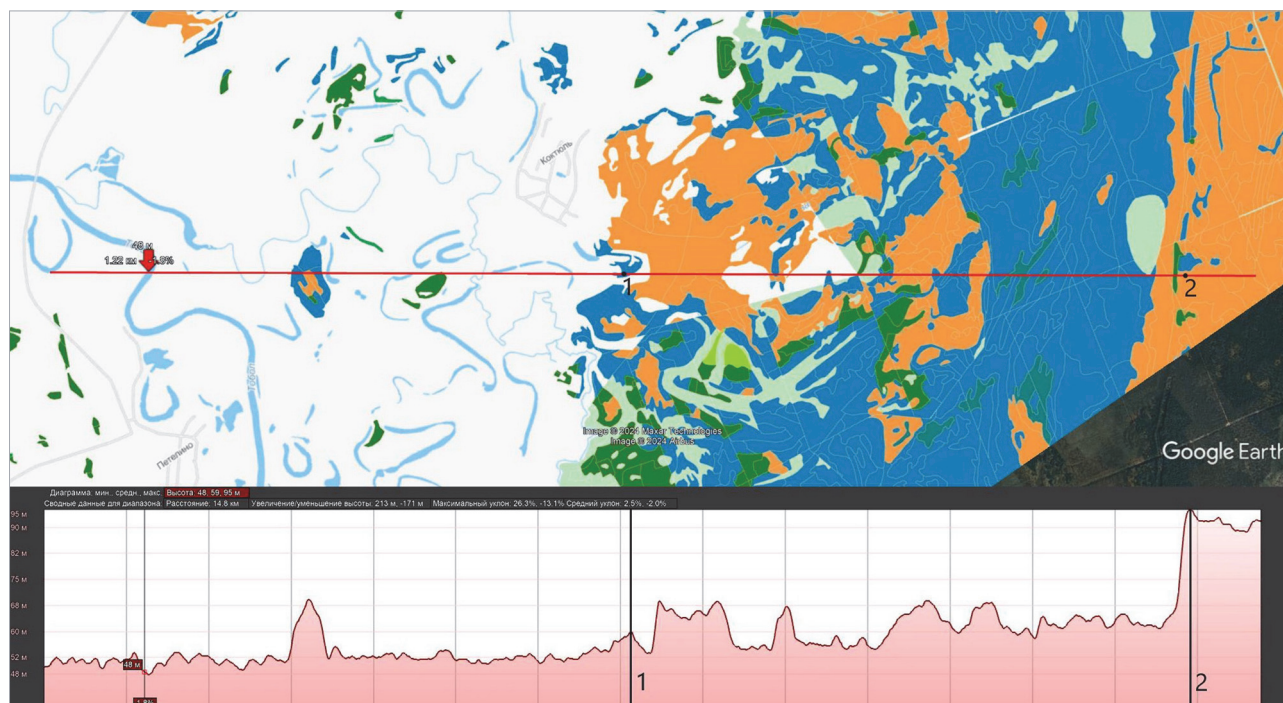


Рис. 1. Ландшафтный профиль № 1, совмещенный с планом лесонасаждений

Fig. 1. Landscape profile No. 1, combined with forest inventory map

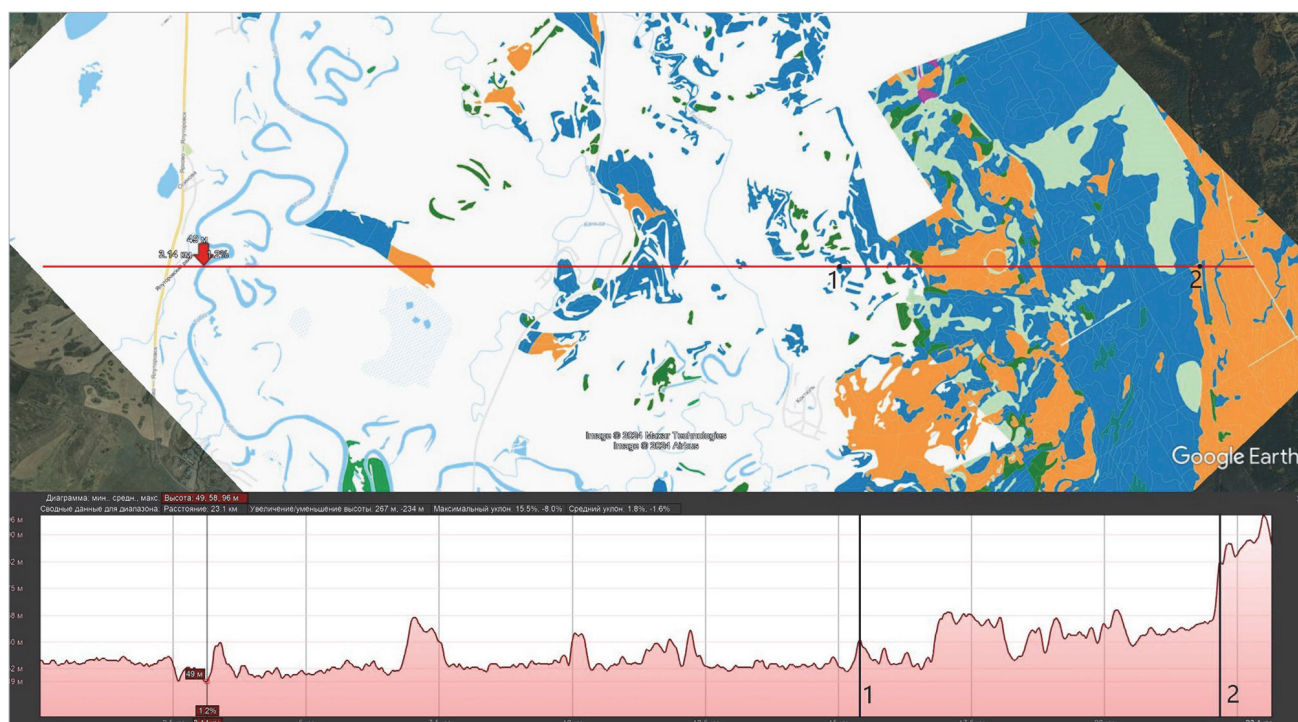


Рис. 2. Ландшафтный профиль № 2, совмещенный с планом лесонасаждений
Fig. 2. Landscape profile № 2, combined with forest inventory map

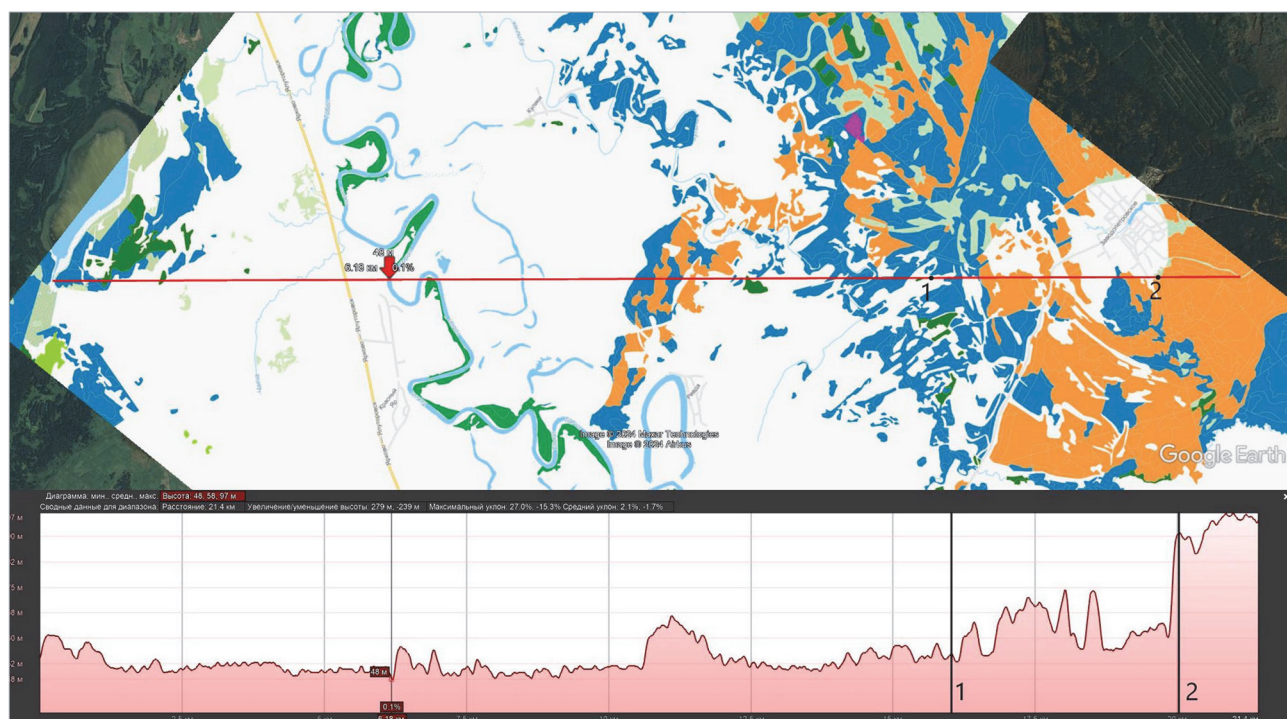


Рис. 3. Ландшафтный профиль № 3, совмещенный с планом лесонасаждений
Fig. 3. Landscape profile № 3, combined with forest inventory map

Следует отметить достаточно характерную взаимосвязь между абсолютной высотой, расстоянием от береговой линии реки Тобол, лесными формациями, составом лесных насаждений, классами бонитета и типами леса.

На представленных рисунках граница между таким элементом мезорельефа, как пойма реки и надпойменная терраса, обозначена номером 1, граница между надпойменной террасой и плакором – номером 2. К пойме отнесена территория, затапливаемая паводковыми водами (Маршинин, 2001). Максимальная ширина поймы в местах закладки ландшафтных профилей достигает 12 200 м.

Характерно, что лесная растительность занимает территории, высота над уровнем моря которых превышает 60 м, ниже этой отметки располагается периодически затопляемая часть речной долины, или поймы. Элементы мезорельефа с отметками высот от 60 до 65 м (в нашем случае надпойменные террасы) преимущественно заняты березняками травяных либо травяно-болотных типов леса. Сосна может присутствовать в составе таких древостоев чаще всего в виде единичных деревьев.

Практически все элементы мезорельефа с отметками более 65 м заняты сосняками. В зависимости от форм мезорельефа это либо расположенные на пойменных гривах и буграх, либо на надпойменной террасе сосняки разнотравные с участием в составе до 5 единиц березы, либо расположенные на плакорах сосняки ягодно-мшистые с долей в составе не более 3 единиц березы.

В наиболее характерных для данного типа ландшафта местах нами была заложена серия пробных площадей. Лесоводственно-таксационная характеристика насаждений пробных площадей представлена в табл. 2.

В результате исследований установлено, что в условиях плакора вдоль ландшафтных профилей произрастают высокопродуктивные сосняки I класса бонитета с достаточно высокими запасами древостоя и наличием удовлетворительного естественного лесовосстановления сосной под пологом. На элементах мезорельефа речной долины лесная растительность представлена двумя

типами: леса, расположенные на пойменных буграх и гривах, и леса, расположенные на надпойменной террасе. Первый тип насаждений представлен в основном березняками разнотравными либо осоково-злаковыми II класса бонитета с относительно небольшими запасами древостоя и неудовлетворительным естественным лесовосстановлением под пологом. Второй тип – это, как правило, сосняки разнотравные или мшисто-ягодниковые I–III класса бонитета (Читаев и др., 2024) с удовлетворительным естественным лесовосстановлением под пологом.

Очевидно, что производительность древостоев и типы леса определяются прежде всего уровнем залегания почвенно-грунтовых вод, вероятностью, частотой и интенсивностью подтоплений и затоплений, а также почвенным покровом тех или иных элементов мезорельефа речной долины, что подтверждается данными и других исследователей поймы реки Тобол (Моторин, Букин, 2012; Букин, Моторин, 2023). Для более детального изучения связи параметров лесной растительности с элементами мезорельефа речной долины Тобола требуется проведение дополнительных исследований.

Выводы

По результатам проведенного исследования можно констатировать, что мезорельеф, сформированный долиной реки Тобол, обуславливает породный состав, тип леса и производительность лесных насаждений. На территории речной долины можно выделить три элемента мезорельефа, различающихся по условиям формирования лесной растительности: пойма, надпойменная терраса и плакор. Ширина речной поймы варьирует в местах закладки ландшафтных профилей от 5 880 до 12 200 м. При этом на территории поймы формирование лесных насаждений наблюдается только на гривах и буграх, возвышающихся над общими отметками рельефа. Наибольшая производительность древостоев отмечается на плакорах. Пойменные бугры и гривы преимущественно заняты березняками разнотравными и осоково-злаковыми II класса бонитета. Сосновые насаждения формируются в основном на элементах мезорельефа

Таблица 2
Table 2

Лесоводственно-таксационная характеристика насаждений пробных площадей
Taxation characteristics of temporary sample plot

№ ПП № TSP	Мезо- рельеф Mesorelief	Абс. высота, м Altitude, m	Расстояние от береговой линии, м Distance from river shoreline, m	Состав древостоя Stand composition	Тип леса Forest type	Возраст, лет Age, years	Средние Average		Плотность Density		Запас, м³/га Growing stock, m³/ha	Класс бонитета Bonitet	Густота, шт./га Current density, pcs/ha	Количество подроста, шт./га Amount of undergrowth, pcs/ha
							высота, м height, m	диаметр, см diameter, cm	абсолют- ная, м²/га absolute, m²/ha	относи- тельная relative				
1	Пойма Floodplain	60	5900	6Б3С1Ос 6В3Р1Ас	РТ МН	80	22,3	23,5	25,56	0,9	259	II	592	БВ – 2150 СР – 850
2	Терраса Terrace	66	6670	1ОС 1ОР	ЯГМ ВМ	80	24,3	29,3	32,58	0,9	355,9	I	484	СР – 3350
3	Плакор Plakor	90	13370	9С1Б 9Р1В	ЯГМ ВМ	60	23,4	22,1	21,68	0,6	228,6	I	568	СР – 3300
4	Пойма Floodplain	67	3854	7С2Б1Ос 7Р2В1Ас	РТ МН	90	23,6	30	25,06	0,7	267	II	352	СР – 1275 БВ – 950
5	Пойма Floodplain	62	6960	10Б 10В	РТ МН	90	23,1	27,2	23,67	0,8	246,9	II	408	БВ – 750 ОС Ас – 1550
6	Пойма Floodplain	60	8660	7Б3Ос 7В3Ас	ОЗЛ С	90	20,3	22,6	14,18	0,5	132,3	III	352	Отсутствует Absence
7	Терраса Terrace	60	12715	9Б1Ос 9В1Ас	РТ МН	80	20,4	22,1	18,16	0,7	169,9	II	472	БВ – 1050 ОС Ас – 2800
8	Плакор Plakor	95	19836	1ОС 1ОР	ЯГМ ВМ	100	27,3	23	27,54	0,7	334	I	664	СР – 3550
9	Пойма Floodplain	65	4015	6С4Б 6Р4В	РТ МН	90	20,5	24	26,32	0,8	247,1	III	580	СР – 6725
10	Терраса Terrace Plakor	70	10155	8С2Б 8Р2В	РТ МН	90	24,1	29	34,37	1,0	373	I	520	СР – 4450 БВ – 2250
11	Плакор Plakor	95	14180	1ОС 1ОР	ЯГМ ВМ	80	25	29,4	31,44	0,9	352,4	I	464	СР – 3975

Примечание. ОЗЛ – осоково-злаковый, РТ – разнотравный, ЯГМ – ягодно-мшистый.
Note. SC – sedge-cereal, MN – mixed herb, BM – berry-mossy.

с отметками высот более 65 м. При этом сосна начинает доминировать в составе древостоев, произрастающих на плакорах. На надпойменной террасе лесные насаждения представлены в основном смешанными березняками с незначительной долей сосны в составе.

Полученные данные дают новое представление об особенностях формирования лесной растительности на элементах пойменного мезорельефа реки Тобол в ее нижнем течении на территории Северного Зауралья.

Список источников

- Алексеев А. С., Никифоров А. А. Влияние рельефа на структуру и продуктивность лесных ландшафтов с применением 3D-моделирования на примере Лисинского учебно-опытного лесхоза // Лесоведение. 2014. № 5. С. 42–53.
- Букин А. В., Моторин А. С. Гранулометрический состав и водно-физические свойства пойменных почв реки Тобол лесостепной зоны Северного Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 9–15.
- Громцев А. Н. Ландшафтные закономерности структурно-динамической организации таежных лесов и планирование многоцелевого лесопользования на ландшафтной основе // Труды КарНЦ РАН. 2003. № 5. С. 89–99.
- Громцев А. Н. Ландшафтные закономерности структуры и динамики среднетаежных лесов Карелии. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 1993. 160 с.
- Громцев А. Н. Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2008. 268 с.
- Исаев А. В. Об особенностях влияния рельефа на формирование структуры пойменных насаждений // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2004. № 8. С. 29–32.
- Луганский Н. А., Залесов С. В., Луганский В. Н. Лесоведение : учеб. пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2010. 432 с.
- Маршинин А. В. Ландшафтное районирование Тобол-Тавдинского междуречья // Вестник Тюменского государственного университета. 2001. № 2.
- Моторин А. С., Букин А. В. Состав и свойства аллювиальных почв поймы реки Тобол Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2012. № 6 (98). С. 71–75.
- Приказ Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации». М., 2014. 31 с.
- Турчин Т. Я., Коробова Я. В. Ландшафтные основы изучения пойменных лесов Степного Придонья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 7 (117). С. 70–74.
- Читаев В. И., Морозов А. Е., Данчева А. В. Особенности формирования сосновых насаждений в условиях пойменного ландшафта р. Тобол // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург, УГЛТУ, 2024. С. 414–417.

References

- Alekseev A. S., Nikiforov A. A. Surficial topography controls of the structure and productivity of forest landscapes: analysis with 3D-modeling based on GIS-technology application (Lisino experimental forest station) // Russian Journal of Forest Science. 2014. № 5. P. 42–53. (In Russ.)
- Bukin A. V., Motorin A. S. Granulometric composition and water-physical properties of floodplain soils of the Tobol River in the forest-steppe zone of the Northern Trans-Urals // News Orenburg State Agrarian University. 2023. № 1 (99). P. 9–15. (In Russ.)

- Chitaev V. I., Morozov A. E., Dancheva A. V.* Features of the formation of pine plantations in the conditions of the floodplain landscape of the Tobol River // Scientific creativity of youth – to the forestry complex of Russia : Proceedings of the XX All-Russian (National) Scientific and Technical Conference of Students and Postgraduates. Yekaterinburg : USFEU, 2024. P. 414–417. (In Russ.)
- Gromtsev A. N.* Landscape regularities of middle taiga pine forests structure and dynamics in Karelia. Petrozavodsk, 1993. 160 p.
- Gromtsev A. N.* Landscape patterns of structural-dynamic organization of taiga forests and planning of multi-purpose forest use on landscape basis // Transactions of KarRC RAS. 2003. № 5. P. 89–99. (In Russ.)
- Isaev A. V.* On the Peculiarities of the Influence of Relief on the Formation of the Structure of Floodplain Plantations // Actual problems of the forest complex. 2004. № 8. P. 29–32. (In Russ.)
- Lugansky N. A., Zalesov S. V., Lugansky V. N.* Forest science : textbook. manual / Ural State Forest Engineering un-t. Yekaterinburg, 2010. 432 p.
- Marshinin A. V.* Landscape zoning of the Tobol-Tavda interfluve // Bulletin of the Tyumen State University. 2001. № 2. (In Russ.)
- Motorin A. S., Bukin A. V.* Composition and properties of alluvial soils of a flood plain of the Tobol river of Northern Trans-Ural // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 6. P. 71–76. (In Russ.)
- Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 18.08.2014 № 367 “On approval of the List of forest vegetation zones of the Russian Federation and the List of forest regions of the Russian Federation”. Moscow, 2014. 31 p.
- Turchin T. Ya., Korobova Ya. V.* Landscape foundations of the study of floodplain forests of the Steppe Don river region // Bulletin of Altai State Agrarian University. 2014. № 7 (117). P. 70–74. (In Russ.)

Информация об авторах

В. И. Читаев – магистрант;

А. Е. Морозов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

V. I. Chitaev – Master’s student;

A. E. Morozov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Статья поступила в редакцию 03.01.2025; принята к публикации 25.02.2025.

The article was submitted 03.01.2025; accepted for publication 25.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 54–61.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 54–61.

Научная статья

УДК 712.253

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.006

СТРУКТУРА И СОСТАВ НАСАЖДЕНИЙ ПАРКА ИМ. ПАВЛИКА МОРОЗОВА В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

Людмила Ивановна Аткина¹, Анастасия Петровна Амерханова²,
Мария Васильевна Жукова³

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

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

² amerhanovanasta@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-9355-3963>

³ zhukovamv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8919-4419>

Аннотация. С начала 2000-х годов в г. Екатеринбурге происходит восстановление парков. В процессе реконструкции зачастую основное внимание уделяют планировочному решению, а также ремонту или замене малых архитектурных форм, забывая о реконструкции насаждений. Объект исследования – парк им. Павлика Морозова, расположенный в границах улиц Белинского и Луначарского. В 2009 г. решением городской думы Екатеринбурга парку был присвоен статус особо охраняемой природной территории России местного значения. В парке им. Павлика Морозова реконструкция была проведена более 10 лет назад: изменена дорожно-тропиночная сеть, центральные цветочные композиции, созданы новые спортивные и детские площадки. Были удалены аварийные деревья и высажены новые экземпляры. Целью данной работы является выявление изменения характеристик насаждений в парке им. Павлика Морозова в г. Екатеринбурге за период с 2011 до 2022 гг. Для этого использован метод повторно подеревной инвентаризации: определялись морфометрические показатели деревьев и категория их санитарного состояния. В настоящее время произрастает 2011 древесных растений. Установлено, что за 10 лет увеличилось количество растений в посадках преимущественно за счет кустарников, но сократилось количество деревьев. Средняя густота посадок деревьев уменьшилась на 45 шт./га. В ходе инвентаризации выяснилось, что 25 % деревьев имеют значительные отклонения от нормы, а также 5 % рекомендовано заменить на основании неудовлетворительного санитарного состояния.

Ключевые слова: городской парк, структура, состав насаждений, реконструкция

Для цитирования: Аткина Л. И., Амерханова А. П., Жукова М. В. Структура и состав насаждений парка им. Павлика Морозова в Екатеринбурге // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 54–61.

Original article

STRUCTURE AND COMPOSITION OF PLANTINGS OF THE PARK NAMED AFTER PAVLIK MOROZOV IN YEKATERINBURG

Lyudmila I. Atkina¹, Anastasia P. Amerkhanova², Maria V. Zhukova³

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

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

² amerhanovanasta@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-9355-3963>

³ zhukovamv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8919-4419>

Abstract. Since the beginning of the 2000s, parks have been restored in Yekaterinburg. In the process of reconstruction, the main attention is often paid to the planning solution, as well as to the repair or replacement of small architectural forms, forgetting about the reconstruction of plantings. The research object is the park named after Pavlik Morozov, located within the boundaries of Belinsky and Lunacharsky streets. In 2009, by a decision of the Yekaterinburg City Duma, the park was given the status of a specially protected natural area of Russia of local significance. The reconstruction of the park named after Pavlik Morozov was carried out more than 10 years ago: the road and path network, central flower arrangements were changed, new sports and playgrounds were created. Emergency trees were removed and new specimens were planted. The purpose of this research is to identify changes in the characteristics of plantings in the park named after Pavlik Morozov in Yekaterinburg for the period from 2011 to 2022. For this purpose, the method of repeated tree inventory was used: morphometric indicators of trees and the category of their sanitary condition were determined. Currently, there are 2011 woody plants growing. It was found that over 10 years the number of plants in plantings has increased mainly due to shrubs, but the number of trees has decreased. The average density of tree plantings decreased by 45 pcs/ha. During the inventory, it turned out that 25 % of the trees have significant deviations from the norm, and 5 % are recommended to be replaced on the basis of unsatisfactory sanitary condition.

Keywords: city park, structure, composition of plantings, reconstruction

For citation: Atkina L. I., Amerkhanova A. P., Zhukova M. V. Structure and composition of plantings of the park named after Pavlik Morozov in Yekaterinburg // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 54–61.

Введение

Объекты ландшафтной архитектуры являются одними из главных составляющих любого города. Благодаря этим объектам населенные пункты становятся более зелеными, улучшается микроклимат территорий, появляются места для тихого и активного отдыха жителей.

В Екатеринбурге более 30 парков, основную площадь которых занимают древесно-кустарниковые насаждения, которые непрерывно растут, изменяются, подвергаются различными антропогенным и природным факторам, что объясняет

необходимость постоянного мониторинга деревьев и кустарников.

Парк им. Павлика Морозова – один из центральных парков города, привлекающий множество посетителей различных возрастов. В 2009 г. решением городской думы Екатеринбурга парку был присвоен статус особо охраняемой природной территории России местного значения, а вскоре разработан проект по реконструкции объекта. С этой даты прошло более 10 лет. Актуальной является задача проведения мониторинга насаждений: как кустарников, так и деревьев.

Цель, задачи, объекты и методика исследования

Цель данной работы – детальное обследование изменения состояния насаждений в парке им. Павлика Морозова в г. Екатеринбурге за 10-летний период, с 2012 до 2022 гг.

Для этого поставлены задачи: изучить изменение видового состава и санитарного состояния деревьев и кустарников парка, а также развитие пространственной структуры.

Климат в Екатеринбурге умеренно континентальный. Древесные виды, произрастающие в парке, преимущественно представлены интродуцентами, которые хорошо зарекомендовали себя на улицах города, и местными видами.

Парк им. Павлика Морозова создан в 1936 г., прошел через комплексную реконструкцию и обновление в 2012 г. Объект размещен на квадрате улиц Белинского, Луначарского, Декабристов и Куйбышева. Со стороны ул. Белинского примыкает большой бульвар (рис. 1).

Для выявления изменения развития парка за десять лет (с 2011 по 2022 гг.) были проанализи-

зированы научные и краеведческие публикации (Рекреационный потенциал..., 2017; Итоги реконструкции..., 2018; Парк имени Павлика..., 2023; Екатеринбург, 2002; Чеботаева, 2023).

В 1990-е и 2000-е парк был заброшен, разрушались насаждения, дорожно-тропиночная сеть и площадки. В 2011 г. администрацией Екатеринбурга была начата реконструкция парка, которая принесла масштабные изменения. В парке появились детские и спортивные площадки, покрытие дорожек было заменено на плиточное. По центральной оси создана крупная композиция из декоративных травянистых и кустарниковых растений, оформленных каменистыми россыпями.

В 2022 г. произведена инвентаризация с перечетом деревьев и кустарников, а также определением их санитарного состояния (Об утверждении..., 2020).

Результаты и их обсуждение

На основе литературных данных известно, что на 2012 г. в парке имелось всего 1936 деревьев; это 33 вида, в том числе 18 видов деревьев и 15 видов

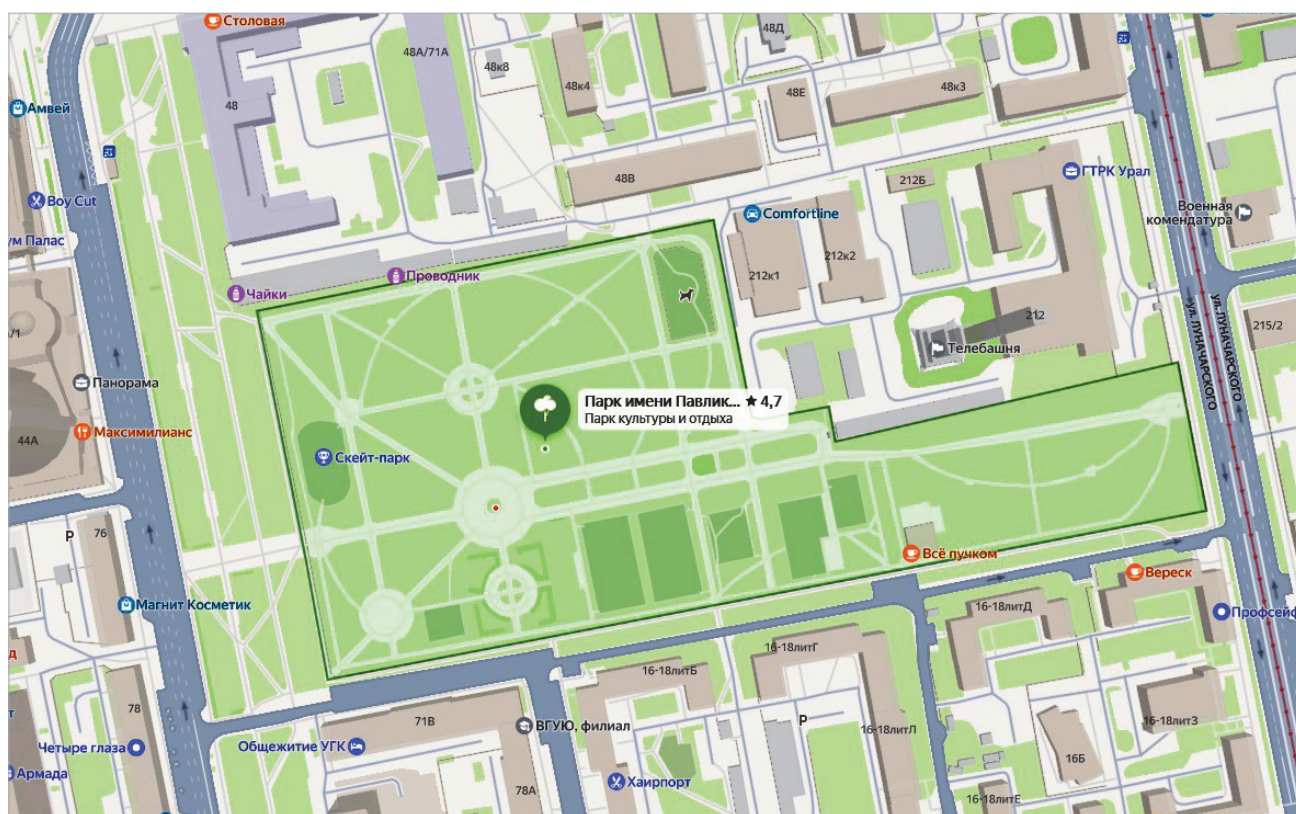


Рис. 1. Парк им. Павлика Морозова (2022 г.)

Fig. 1. Park named after Pavlik Morozov (2022)

кустарников. Преобладающими видами в парке были тополь бальзамический, яблоня ягодная и клен ясенелистный. На момент реконструкции 2011 г. большую часть всех насаждений составляли старовозрастные деревья, которые уже утратили свою эстетическую ценность и находились в ослабленном виде. Средний балл санитарного состояния у насаждений был около 3.

После реконструкции 2012 г. парка им. Павлика Морозова количество видов древесно-кустарниковых насаждений не изменилось, но общее число насаждений увеличилось до 1950 шт. В парке также преобладали тополь бальзамический, яблоня ягодная и клен ясенелистный. После реконструкции их количество уменьшилось на 271 растение. В результате увеличилось количество кустарников на 30,9 %, но уменьшилось количество деревьев на 31 %. Плотность деревьев на 2012 г. составляла 200 шт./га, а после реконструкции сократилась

до 138 шт./га. В результате реконструкции насаждений и за счет молодых посадок санитарное состояние улучшилось до 2,6 балла. Однако у тополя бальзамического все так же 4 балла (Рекреационный потенциал..., 2017).

После проведения инвентаризации 2022 получены следующие результаты. В парке им. Павлика Морозова произрастает 2011 деревьев и кустарников, которые принадлежат к 36 видам, в том числе 20 видов деревьев и 16 видов кустарников. Преобладающими деревьями по количеству экземпляров в парке на 2022 г. являются яблоня ягодная, тополь бальзамический и клен ясенелистный. По территории они распределены неравномерно: большая часть деревьев находится в северной и центральной частях парка. В южной части деревья расположены реже. Средняя плотность деревьев в парке составляет 155 шт./га (таблица).

Распределение количества деревьев и кустарников по видам
и их санитарное состояние по состоянию на 2022 г.
Distribution of the number of trees and shrubs by species
and their sanitary condition as of 2022

№ п/п № p/p	Вид Species	Кол-во, шт. Quantity, pcs	Под удаление Under deletion	Средний балл сан. состояния The average san score. states
Деревья / Trees				
1	Береза повислая (<i>Betula Pendula Roth. Verrucosa Ehrh</i>)	39	—	2
2	Вяз гладкий (<i>Ulmus leavis Pall.</i>)	22	1	3
3	Ясень пенсильванский (<i>Fraxinus pennsylvanica Marsh.</i>)	65	2	3
4	Ясень ланцетный (<i>Fraxinus lanceolate Borch.</i>)	51	1	3
5	Яблоня ягодная (<i>Malus baccata (L.) Borkh.</i>)	265	4	3
6	Клен ясенелистный (<i>Acer negundo L.</i>)	108	7	3
7	Черемуха Маака (<i>Padus maackii (Rupr.) Kom.</i>)	14	—	3
8	Вяз шершавый (<i>Ulmus glabra Mill.</i>)	24	—	3
9	Тополь бальзамический (<i>Populus balsamifera L.</i>)	177	2	4
10	Ива серебристая (<i>Salix alba L.</i>)	1	—	3
11	Клен татарский (<i>Acer tataricum L.</i>)	3	1	3
12	Вяз приземистый (<i>Ulmus pumila L.</i>)	25	—	3
13	Ель европейская (<i>Picea abies (L.) Karst.</i>)	5	—	2
14	Липа мелколистная (<i>Tilia cordata Mill.</i>)	46	1	1
15	Ива ломкая (<i>Salix fragilis L.</i>)	8	—	3

Окончание таблицы
The end of table

№ п/п № p/p	Вид Species	Кол-во, шт. Quantity, pcs	Под удаление Under deletion	Средний балл сан. состояния The average san score. states
16	Черемуха обыкновенная (<i>Padus racemose</i> (Lam.) Gilib)	14	—	3
17	Тополь душистый (<i>Populus suaveolens</i> Fisch.)	1	—	2
18	Ель колючая (<i>Picea pungens</i> Engelm.)	9	—	3
19	Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ldb.)	11	—	2
20	Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	38	—	3
Итого деревьев: Total trees:		867	19	3
Кустарники / Shroobs				
1	Сирень венгерская (<i>Syringa josikaea</i> Jacq.)	67	10	3
2	Карагана древовидная (<i>Caragana arborescens</i> Lam.)	46	—	3
3	Ирга круглолистная (<i>Amelanchier rotundifolia</i> (Lam.) Dum.Cours.)	2	—	2
4	Спирея японская (<i>Spiraea japonica</i> L. f.)	1	—	2
5	Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	55	—	3
6	Спирея белая (<i>Spiraea alba</i> Du Roi.)	3	—	1
7	Кизильник блестящий (<i>Cotoneaster lucida</i> Schlecht.)	176	—	2
8	Дерен обыкновенный (<i>Cornus alba</i> L.)	1	—	4
9	Бузина обыкновенная (<i>Sambucus racemosa</i> L.)	2	—	4
10	Чубушник венечный (<i>Philadelphus coronarius</i> L.)	6	—	2
11	Боярышник кроваво-красный (<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.)	73	5	4
12	Пузыреплодник калинолистный (<i>Physocarpus opulifolia</i> L.)	1	—	4
13	Боярышник Максимовича (<i>Crataegus maximowiczii</i> C. K. Schneid.)	2	—	4
14	Калина обыкновенная (<i>Viburnum opulus</i> L.)	2	—	2
15	Смородина золотистая (<i>Ribes aureum</i> Pursh.)	1	—	1
16	Жимолость татарская (<i>Lonicera tatarica</i> L.)	30	—	1
Всего кустарников: Total shrubs:		1144	15	3

В ходе инвентаризации выяснилось, что 398 экз. (25 % от общего числа) имеют какие-либо отклонения от нормы (морозобойные трещины, аварийное состояние, сильный наклон ствола,

многостволье и т.д.) (рис. 2), а также 34 дерева (5 % от общего числа) рекомендовано удалить и заменить новыми посадками.



Рис. 2. Пороки стволов деревьев различных видов в парке им. Павлика Морозова
Fig. 2. Defects of tree trunks of various species in the park named after Pavlik Morozov

Сравнив исследования парка в разные годы, можно заметить, что изменилось количество деревьев и их долевое участие в составе насаждений (рис. 3). Но во все годы преобладали виды деревьев, отраженные на рис. 3. Доля по количеству ство-

лов составляла от 2 до 30 %, тогда как остальные виды присутствовали единично – 1–5 экз. Три вида составляют основу насаждений: тополь бальзамический, яблоня ягодная, клен ясенелистный (рис. 4).

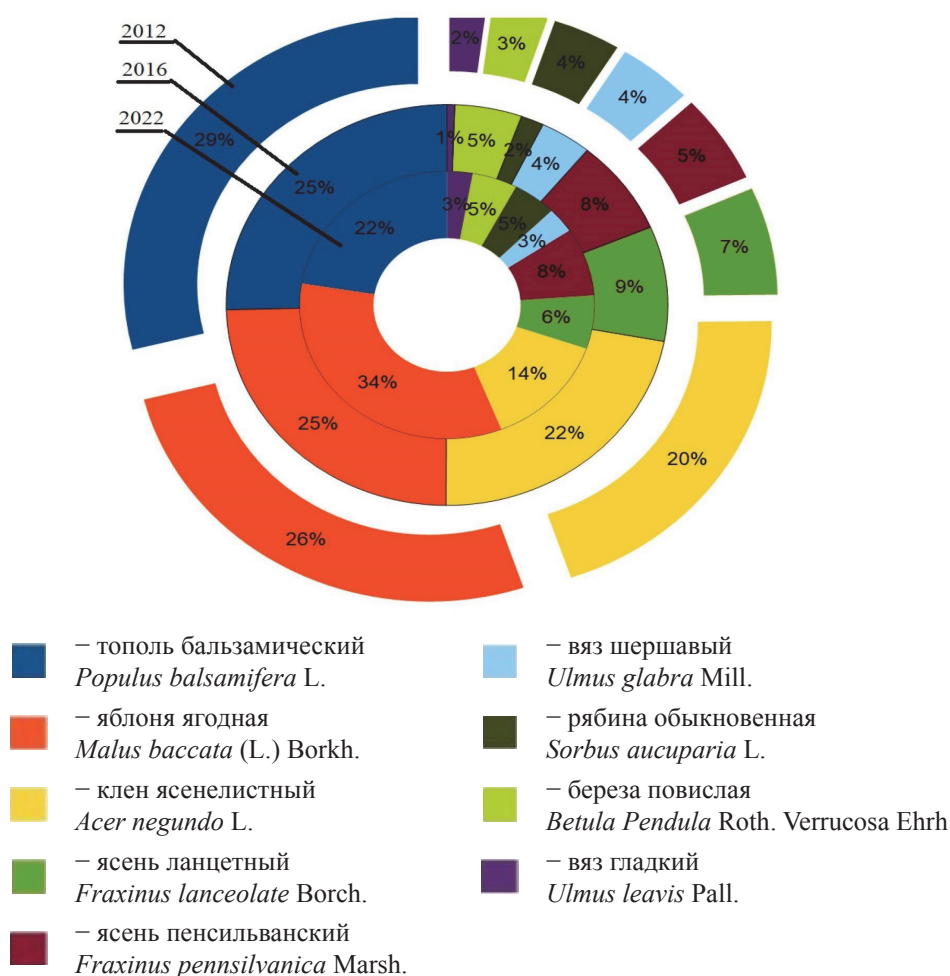


Рис. 3. Динамика изменения долевого участия основных видов деревьев в формировании насаждения с 2016 (внешнее кольцо) до 2022 г. (внутреннее кольцо)
Fig. 3. Dynamics of changes in the share of the main tree species in the formation of plantings from 2016 (outer ring) to 2022 (inner ring)

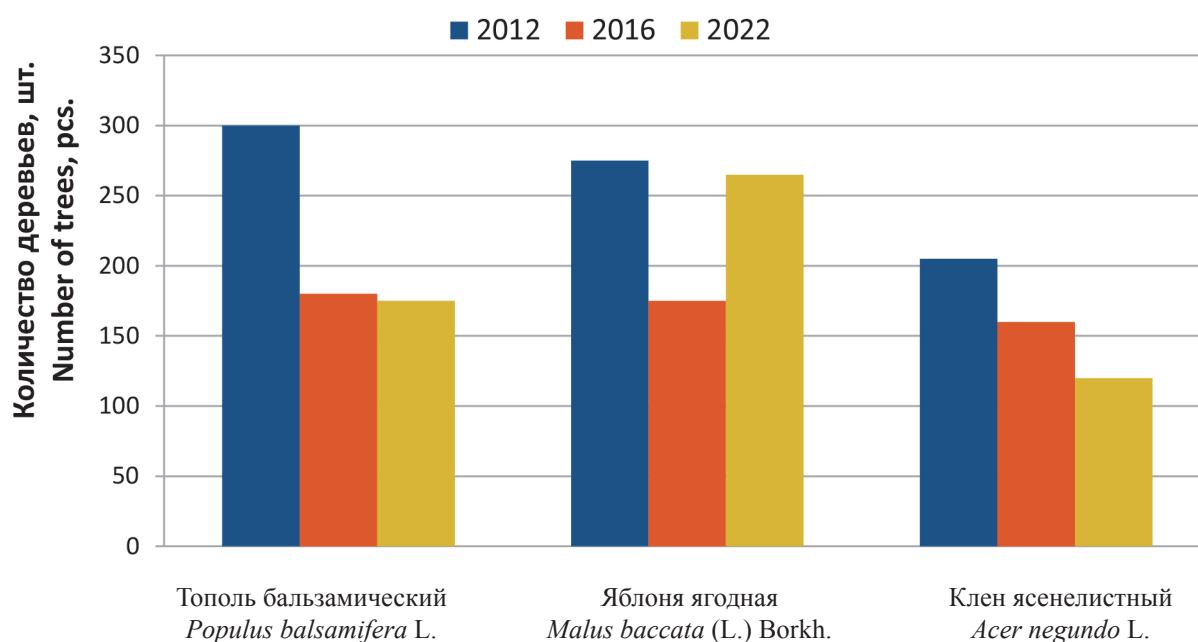


Рис. 4. Динамика изменения количества деревьев преобладающих видов
Fig. 4. Dynamics of changes in the number of trees of the prevailing species

Вывод

Сравнив итоги реконструкции, отраженные в различных научных и краеведческих статьях, и данные, собранные автором, можно сделать вывод, что постепенная реконструкция деревьев происходит, но при этом не изменяется преобладающий видовой состав насаждений. Основу древостоя формируют тополь бальзамический, яблоня ягодная и клен ясенелистный, как и много лет назад. Общее количество деревьев с 2012 до 2016 гг. уменьшилось от 1124 до 774, но в 2022 г. уже зафиксировано 867 экз. Отмечены постепенное снижение участия тополя бальзамического – 125 экз. за 10 лет и восстановление количества яблони ягодной: 2012 – 274 экз.; 2016 – 175 экз.

и в 2022 – 265 экз. Идет также удаление клена ясенелистного – 100 экз. за три года.

В парке по-прежнему недостаточно хвойных растений: высажено 18 елей (колючая и европейская) за три года, поэтому зимний пейзаж невыразителен. Рекомендуем удаленный тополь бальзамический заменять на хвойные породы (ель, сосна, кедр), которые прекрасно растут и развиваются на территории г. Екатеринбурга.

В итоге можно утверждать, что парк нуждается в коренной реконструкции с целью формирования не только устойчивых, но и эстетически привлекательных насаждений, декоративных в любое время года.

Список источников

- Екатеринбург : энциклопедия / гл. ред. В. В. Маслаков. Екатеринбург : Академкнига, 2002. С. 428.
- Итоги реконструкции парка им. Павлика Морозова в городе Екатеринбурге / С. В. Вишнякова, С. Н. Луганская, О. Б. Мезенина, Т. И. Фролова // Природообустройство. 2018. № 4. С. 121–129.
- Об утверждении правил санитарной безопасности в лесах : постановление Правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 года № 2047. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313/titles/65401N> (дата обращения: 05.01.2024).
- Парк имени Павлика Морозова // ООПТ России : [сайт]. URL: oopt.info.ru (дата обращения: 26.11.2023).

Рекреационный потенциал парков центральной части г. Екатеринбурга / *С. В. Вишнякова, Т. Н. Контеева, Е. В. Фефелова, Ю. М. Шипарева* // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаем будущее: сб. ст. XIII Междунар. науч.-практ. конф. Пенза : Наука и просвещение, 2017. Ч. 1. С. 120–123.

Чеботаева М. В. Парк имени Павлика Морозова в Екатеринбурге // Наш Урал : [сайт]. URL: <https://nasural.ru/mesta/sverdlovskaya-oblast/ekaterinburg> (дата обращения: 23.11.2023).

References

Chebotaeva M. V. Pavlik Morozov Park in Yekaterinburg / Nash Ural : [site]. URL: <https://nasural.ru/mesta/sverdlovskaya-oblast/ekaterinburg> (accessed 23.11.2023).

On approval of the rules of sanitary condition : Decree of the Government of the Russian Federation dated December 9, 2020 № 2047. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313/titles/65401N> (accessed 05.01.2024).

Pavlik Morozov Park // Protected Areas of the Russian Federation : [website]. URL: oopt.info.ru (accessed 26.11.2023).

Recreational potential of parks in the central part of Yekaterinburg / *S. V. Vishnyakova, T. N. Konteeva, E. V. Fefelova, Yu. M. Shipareva* // Collection of articles of the XIII International Scientific and Practical Conference. Penza : Science and Enlightenment, 2017. Part 1. P. 120–123. (In Russ.)

The results of the reconstruction of the park named after Pavlik Morozov in the city of Yekaterinburg / *S. V. Vishnyakova, S. N. Luganskaya, O. B. Mezenina, T. I. Frolova* // Environmental Management. 2018. № 4. P. 121–129. (In Russ.)

Yekaterinburg : Encyclopedia / chief editor V. V. Maslakov. Yekaterinburg : Akademkniga, 2002. P. 428.

Информация об авторах

Л. И. Аткина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

А. П. Амерханова – магистр;

М. В. Жукова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

L. I. Atkina – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

A. P. Amerkhanova – Master's degree;

M. V. Zhukova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 11.01.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 11.01.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 62–69.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 62–69.

Научная статья

УДК 712.4

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.007

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ, РОСТ И СОСТОЯНИЕ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА ОБЪЕКТАХ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ЕКАТЕРИНБУРГА

Татьяна Борисовна Сродных¹, Светлана Игоревна Серебрякова²,
Игорь Андреевич Волосов³

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

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

² serebryakova.svetla@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-9902-7905>

³ volosovigor@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0002-9899-9950>

Аннотация. Статья посвящена исследованию посадок дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в центральной части Екатеринбурга. Для определения встречаемости дуба черешчатого рассмотрены все объекты общего пользования в центральном планировочном районе города. В результате обследования было установлено, что за последние 33 года, коэффициент встречаемости посадок дуба черешчатого в центральной части Екатеринбурга увеличился и составляет 38,5 %. Исследование и замеры биометрических показателей (высота, диаметр ствола и кроны) производились на семи объектах центральной части города, на четырех из них изучена динамика годичного прироста биометрических показателей. Всего было исследовано 40 деревьев дуба черешчатого. Установлено, что возраст городских посадок дуба в центральной части города колеблется от 5 до 60 лет. Выявлено, что хороший средний годовой прирост наблюдается у самых молодых посадок дуба в возрасте пяти лет, расположенных в благоприятных условиях, он составляет по высоте 90 см. Самые высокие параметры биометрических показателей среди деревьев 50 лет и старше наблюдаются у дубов, которые произрастают свободно, на хорошо освещенной местности. Так, средняя максимальная высота отмечается у дубов в дендропарке на ул. 8 марта – 12,8 м, а самый большой диаметр кроны у дубов в сквере на пр. Ленина – 11, 22 м. Санитарное состояние дуба черешчатого на центральных объектах города можно охарактеризовать как ослабленное, исключением являются молодые посадки, произрастающие в парке стадиона «Динамо». В целом полученные данные свидетельствуют о том, что распространение и адаптация дуба черешчатого в местных городских условиях происходит довольно успешно.

Ключевые слова: дуб черешчатый, озеленение, санитарное состояние насаждений, инвентаризация, зеленые насаждения

Для цитирования: Сродных Т. Б., Серебрякова С. И., Волосов И. А. Встречаемость, рост и состояние дуба черешчатого на объектах ландшафтной архитектуры Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 62–69.

Original article

OCCURRENCE, GROWTH AND CONDITION OF PEDUNCULATE OAK ON THE OBJECTS OF LANDSCAPE ARCHITECTURE OF YEKATERINBURG

Tatiana B. Srodnykh¹, Svetlana I. Serebryakova², Igor A. Volosov³¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia¹ tata.srodnykh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4297-0147>² serebryakova.svetla@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-9902-7905>³ volosovigor@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0002-9899-9950>

Abstract. The article is devoted to the research of the plantings of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the central part of Yekaterinburg. To determine the occurrence of pedunculate oak, all public facilities in the central planning area of the city were considered. As a result of the survey, it was found that over the past 33 years, the occurrence rate of pedunculate oak plantings in the central part of Yekaterinburg has increased and amounts to 38,5 %. The research and measurements of biometric indicators (height, trunk diameter and crown diameter) were carried out at seven facilities in the central part of the city, at four of them the dynamics of annual growth of biometric indicators were studied. In total, 40 pedunculate oak trees were examined. It has been established that the age of urban oak plantings in the central part of the city ranges from 5 to 60 years. It was revealed that a good average annual increase is observed in the youngest oak plantings at the age of five years, located in favorable conditions, it is 90 cm high. The highest biometric parameters among 50 years old and older trees are observed in oaks that grow freely in well-lit areas. Thus, the average maximum height is observed for oaks in the arboretum on 8 Marta Street – 12,8 m, and the largest crown diameter for oaks in the park on Lenin Avenue – 11,22 m. The sanitary condition of pedunculate oak at the central facilities of the city can be described as weakened, with the exception of young plantings growing in the park of Dynamo stadium. In general, the data obtained indicate that the spread and adaptation of pedunculate oak in local urban conditions is quite successful.

Keywords: pedunculate oak, landscaping, sanitary condition of plantings, inventory, green spaces

For citation: Srodnykh T.B., Serebryakova S.I., Volosov I.A. Occurrence, growth and condition of pedunculate oak on the objects of landscape architecture of Yekaterinburg // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2(93). P. 62–69.

Введение

Современная городская среда характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия, которое существенно отличается от природных условий обитания большинства древесных пород. Одним из важнейших аспектов устойчивого развития городов является создание и поддержание биоразнообразных зеленых зон, способных компенсировать негативное воздействие урбанизации на окружающую среду и здоровье населения. В этой связи особую актуальность приобретает исследование адаптации к городским условиям интродуцированных видов деревьев, играющих ключевую

роль в улучшении экологической обстановки и повышении качества жизни в городах.

Одним из перспективных для использования в городском озеленении является дуб черешчатый (*Quercus robur* L.). Этот вид представляет собой одну из самых ценных древесных пород, используемых в ландшафтной архитектуре, благодаря своей долговечности, устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды и декоративным качествам.

В последние годы в Екатеринбурге наблюдается тенденция к увеличению числа дубов черешчатых (*Quercus robur* L.), что можно считать

положительным шагом в повышении биоразнообразия городского озеленения. В данной городской среде, вне естественного ареала, большое влияние на развитие дубов оказывают факторы экологические, поэтому особенно важно оценить способность интродуцированного вида адаптироваться к этим условиям.

**Цель, методика,
объекты исследования**

Целью данного исследования является оценка встречаемости, роста и состояния дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) различного возраста в центральной части г. Екатеринбурга. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи.

- 1. Изучение научных литературных источников по теме исследования.
- 2. Исследование объектов общего пользования центральной части Екатеринбурга на предмет встречаемости деревьев дуба и определение встречаемости.

3. Изучение посадок дуба черешчатого разного возраста на разных объектах в условиях Екатеринбурга и определение морфометрических характеристик и санитарного состояния растений.

4. Определение годовичных приростов по основным морфометрическим показателям.

Для определения встречаемости дуба черешчатого рассмотрены 26 объектов общего пользования центрального района г. Екатеринбурга. Коэффициент встречаемости *B* рассчитывался по формуле

$$B = 100a/n,$$

где *a* – количество объектов, на которых данный вид встречается;

n – общее количество исследованных объектов.

Для измерения морфометрических признаков и состояния выбраны посадки дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) разного возраста на некоторых объектах в центре Екатеринбурга (табл. 1). Обследование и замеры на четырех объектах № 1–4 производились в 2023 и 2024 гг. Три объекта № 5, 6 и 7 были обследованы и замерены в 2024 г.

Таблица 1
Table 1

Расположение объектов исследования в г. Екатеринбурге
Location of research facilities in Yekaterinburg

№ п/п № p/p	Расположение объекта (адрес) Location of the object (address)	Тип паркового насаждения Type of park area	Ориентировочный возраст, лет Estimated age, years	Количество деревьев, шт. Number of trees, pieces
1	ул. Василия Еремина, 12 – парк стадиона «Динамо» Vasily Eremin St. 12 – Dynamo Stadium Park	Одиночные экземпляры Single instances	3–5	6
2	Бульвар на пр. Ленина Boulevard on Lenin Avenue	Одиночные экземпляры в аллейной посадке (подсадка) Single specimens in alley planting	6–10	3
3	Перекресток ул. Куйбышева и ул. Красноармейской The intersection of Kuibyshev St. and Krasnoarmeyskaya St.	Групповая посадка Group planting	30–35	3
4	Пр. Ленина 51 51 Lenin Avenue	Рядовая посадка Ordinary planting	40–50	4
5	Исторический сквер Historical square	Одиночные и групповые Single and group	50–60	12
6	Дендропарк на ул. Первомайской Arboretum on Pervomaiskaya St.	Рядовая посадка Ordinary planting	40	12
7	Дендропарк на ул. 8 марта Arboretum on 8 Marta st.	Рядовая посадка Ordinary planting	60	12

При уточнении расположения объектов исследования использовались общедоступные ГИС-материалы, включая спутниковые (Яндекс-карты). Проводились замеры диаметра ствола на высоте 1,3 м, диаметра кроны в направлении С-Ю, высота согласно общепринятой методике (Аткина и др., 2015). Возраст деревьев устанавливался по имеющимся архивным и литературным данным.

Диаметр ствола измерялся на высоте 1,3 м или у шейки корня (для молодых растений) с использованием измерительной рулетки и штангенциркуля. Высота деревьев была определена с помощью мобильного высотомера Two Point Height, для молодых экземпляров применялась рулетка. Для оценки санитарного состояния деревьев использовалась шкала категорий санитарного состояния (Постановление..., 2020). Статистическая обработка данных производилась согласно И. Ф. Коростелеву (2011).

Результаты и их обсуждение

В состав объектов общего пользования Центрального района Екатеринбурга входит 26 объектов: 8 парков, 17 скверов и 1 бульвар (Мозалевская, 2023).

Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) встречается на 10 объектах общего пользования центральной части Екатеринбурга: в Дендрологическом парке

(ул. 8 марта), парке им. 50-летия Советской власти, парке им. Энгельса, парке стадиона «Динамо», Литературном квартале, саде Вайнера, Историческом сквере, сквере у Храма на Крови, сквере Бульварная лента, бульваре по пр. Ленина. Коэффициент встречаемости составил 38,5 %. Следует отметить, что поквартальное обследование зеленых насаждений центральной части Екатеринбурга, проведенное в 1991 г. специалистами Ботанического сада УрО РАН, показало, что встречаемость дуба черешчатого составляла на тот период 14,3 % (Семкина и др., 1991). Встречаемость увеличилась значительно.

По результатам научных исследований, проведенных в 2023–2024 гг., появилась возможность сравнить показатели дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), произрастающего на 4 объектах города, за последние два года (табл. 2 и 3).

Данные табл. 2 показывают, что максимальные параметры по высоте, диаметру ствола и диаметру кроны отмечены у деревьев старшего возраста на объекте № 4. Несколько меньшие параметры у деревьев 30-летнего возраста (объект № 3). Различия статистически достоверны, за исключением диаметра кроны (см. табл. 3). И самые небольшие размеры имеют деревья на объектах № 1 и № 2 соответственно их возрастной категории.

Таблица 2

Table 2

Средние биометрические показатели дубов на улицах Екатеринбурга в 2023 г.

Average biometric indicators of oak trees on the streets of Yekaterinburg in 2023

№ п/п № p/p	Объект Object	Средние показатели Average values			
		Высота деревя, м Height of the tree, m	Диаметр ствола, см Barrel diameter, cm	Диаметр кроны, м Crown diameter, m	Санитарное состояние, балл Sanitary condition, score
1	ул. Василия Еремина, 12 Vasily Eremin St. 12	0,75±0,21	1,55±0,49	–	1,4±0,2
2	Проспект Ленина Lenin Avenue	3,83±1,36	5,86±1,06	2,34±0,59	2,2±0,2
3	Перекресток ул. Куйбышева и ул. Красноармейской The intersection of Kuibyshev St. and Krasnoarmeyskaya St.	10,33±0,16	30,66±2,16	8,63±0,47	2,0±0
4	Пр. Ленина, 51 51 Lenin Avenue	11,62±0,23	43,47±3,32	9,65±0,69	2,5±0,2

Таблица 3
Table 3

Критерий достоверности различий основных параметров деревьев дуба
в 2023 г. на объектах № 3 и 4 при $p = 0,95$
Criterion for the reliability of differences in the main parameters of oak trees
in 2023 at facilities № 3 and 4 at $p = 0,95$

№ п/п № p/p	Показатель Indicator	Критерий достоверности различий t The criterion for the reliability of differences is “ t ”
1	Высота дерева Height of the tree	6,45
2	Диаметр ствола дерева Tree trunk diameter	3,23
3	Диаметр кроны дерева Diameter of the tree crown	1,23
4	Санитарное состояние Sanitary condition	2,50

По данным табл. 2 и 4 мы можем выяснить, каковы годовые приросты всех параметров и достоверны ли статистические различия этих данных в 2023 и 2024 гг. Эти данные показаны в табл. 5.

Анализ данных табл. 2 и 4 и определение годовых изменений или приростов (см. табл. 5) показали, что молодые растения дуба в возрасте до 5 лет (объект № 1) имеют хорошие годовые приросты по высоте – 0,90 м (различия достоверны), по диаметру ствола – 0,87 см (но различия недостоверны). Растения более старшего возраста – до 10 лет (объект № 2), посаженные в рядовые посадки бульвара и находящиеся в затенении рядом расположенных крупных деревьев ясеня пенсильванского, имеют очень слабый рост по всем параметрам (различия недостоверны) и стабильное санитарное состояние – 2,2 балла. Растения на объектах № 3 и № 4 (возраст старше 30 лет) за прошедший год практически не изменили свои параметры. Достоверных различий не наблюдается.

В 2024 г. было обследовано еще три городских объекта: № 5, 6 и 7 (см. табл. 4). Сравнение морфометрических показателей деревьев в возрасте 50 лет и старше свидетельствует, что самые высокие параметры (высота и диаметр ствола) наблюдаются у деревьев в Дендропарке на ул. 8 марта и в сквере на пр. Ленина. Самую мощную крону – $11,22 \pm 0,86$ м имеют деревья на пр. Ленина в сквере перед зданием УрФУ. Они свободно распо-

жены в ряду и находятся на хорошо освещенной северной стороне улицы. Деревья в Историческом сквере располагаются в ландшафтных группах и, видимо, им не хватает освещенности. Они имеют высоту даже меньше, чем более молодые деревья на хорошо освещенном перекрестке улиц на объекте № 3 (северная сторона ул. Куйбышева), и самый маленький диаметр кроны в своей возрастной группе – $5,50 \pm 1,83$ м. Различия статистические достоверны.

По данным специалистов (Колесников, 1974), наибольшей энергией роста в высоту обладает дуб черешчатый в возрасте 5–20 лет. Наши данные не подтверждают эти выводы. Возможные причины: малая выборка деревьев, а также расположение наших объектов вне зоны естественного ареала дуба черешчатого. Но наши данные свидетельствуют о важности фактора освещенности для дуба черешчатого, особенно в возрасте старше 30 лет. Влияние фактора загрязнения окружающей среды на растения дуба пока не выявлено.

Санитарное состояние деревьев на объектах практически не изменилось. В среднем состояние деревьев характеризуется как ослабленное, т.е. 2–2,6 балла, за исключением самых молодых растений дуба. Усугубляет ситуацию поврежденность растений дуба почти на всех изучаемых объектах, энтомофитными и болезнями, отмечены тля, галлы. Молодые посадки имеют хорошее

Таблица 4
Table 4

Средние биометрические показатели дубов на городских объектах Екатеринбурга в 2024 г.
Average biometric indicators of oak trees in Yekaterinburg city facilities in 2024

№ п/п № p/p	Объект, возраст Object, age	Средние показатели Average indicators			
		Высота дерева, м Height of the tree, m	Диаметр ствола, см The diameter of the tree trunk, cm	Диаметр кроны, м The diameter of the tree crown, m	Санитарное состояние, балл Sanitary condition, score
1	ул. Василия Еремина 12 – парк стадиона Динамо (5–6) Vasily Eremin St. 12 – Dynamo Stadium Park (5–6)	1,65 ± 0,29	2,42 ± 0,52	0,99 ± 0,17	1,4 ± 0,2
2	Бульвар на проспекте Ленина (6–10) Boulevard on Lenin Avenue (6–10)	3,96 ± 1,3	6,24 ± 1,15	2,47 ± 0,52	2,2 ± 0,2
3	Перекресток ул. Куйбышева и ул. Красноармейской (30–35) The intersection of Kuibyshev St. and Krasnoarmeyskaya St. (30–35)	10,33 ± 0,16	32,4 ± 2,2	8,03 ± 0,96	2,0 ± 0
4	Пр. Ленина, 51 (40–50) 51 Lenin Ave. (40–50)	11,62 ± 0,23	45,34 ± 3,82	11,22 ± 0,86	2,6 ± 0,24
5	Исторический сквер (50–60) Historical square (50–60)	8,96 ± 0,52	35,0 ± 2,71	5,50 ± 1,83	1,83 ± 0,18
6	Дендропарк на ул. Первомайской (40) Arboretum on Pervomaiskaya St. (40)	11,92 ± 0,08	25,04 ± 2,43	6,4 ± 0,21	2,5 ± 0,08
7	Дендропарк на ул. 8 марта (60) Arboretum on 8 Marta st. (60)	12,8 ± 0,51	43,3 ± 2,5	5,9 ± 0,35	2,0 ± 0,13

Таблица 5
Table 5

Годичные изменения параметров дубов на объектах № 1, 2, 3 и 4 при p=0,95
Annual changes in oak tree parameters at the sites № 1, 2, 3 and 4 at p=0,95

Показатель Indicator	Годичные изменения на объектах № 1, 2, 3 и 4 и достоверность Annual changes at facilities № 1, 2, 3 and 4 and reliability			
	1	2	3	4
Высота дерева, м Height of the tree, m	0,9 (достоверны) (reliable)	0,13 (недостоверны) (unreliable)	Нет различий No differences	Нет различий No differences
Диаметр ствола дерева, см Tree trunk diameter, cm	0,87 (недостоверны) (unreliable)	0,38 (недостоверны) (unreliable)	–0,60 (недостоверны) (unreliable)	1,87 (недостоверны) (unreliable)
Диаметр кроны дерева, м	–	0,13 (недостоверны) (unreliable)	–1,74 (недостоверны) (unreliable)	1,47 (недостоверны) (unreliable)
Санитарное состояние, балл Sanitary condition, score	Нет различий No differences	Нет различий No differences	Нет различий No differences	1,57 (недостоверны) (unreliable)

санитарное состояние. Возможно, это связано с благоприятным расположением посадок в парке стадиона «Динамо», где нет запыленности и посадки находятся на территории газона, освещенность средняя. Вредители тоже не обнаружены.

На всех объектах дуба в возрасте 30 лет и старше наблюдается плодоношение.

Выводы

1. За последние 30 лет встречаемость посадок дуба черешчатого на территории Екатеринбурга значительно увеличилась, об этом свидетельствуют данные по центральному планировочному району города.

2. Исследования годичного прироста биометрических показателей дубов разного возраста свидетельствуют о хорошем росте дубов в возрасте до пяти лет в благоприятных условиях произрастания.

3. Деревья дуба в возрасте до 10 лет не продемонстрировали увеличения биометрических показателей. Возможно, это связано с неблагоприятными условиями произрастания – сильная затененность, загазованность и запыленность на бульваре.

4. Деревья дуба в возрасте 30 лет и старше практически не имели увеличения параметров за год. Причины пока не установлены. Возможно, влияет пораженность растений фито- и энтомовредителями.

Таким образом, представленное исследование подтверждает довольно успешное распространение дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) различного возраста в городских условиях Екатеринбурга и его адаптацию к местным природным условиям. Это может иметь значение для озеленения городских территорий и сохранения биоразнообразия в городской среде.

Список источников

- Аткина Л. И., Вишнякова С. В., Луганская С. Н. Реконструкция насаждений : учеб.-метод. пособие по дисциплине «Реконструкция насаждений» / Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург : УГЛТУ, 2015. 41 с.
- Колесников А. И. Декоративная дендрология. 2-е изд., испр. и доп. М. : Лесн. пром-сть, 1974. 704 с.
- Коростелев И. Ф. Основы научных исследований в лесном хозяйстве : учеб. пособие / Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2011. 96 с.
- Мозалевская Е. К. Зеленые самоцветы. Сады, скверы и парки Екатеринбурга вчера и сегодня. Екатеринбург : Изд-во ИП Пиджаков А. В., 2023. 152 с.
- Постановление Правительства Российской Федерации от 09.12.2020 г. № 2047. URL: <http://government.ru/docs/all/131407/> (дата обращения: 01.11.2024).
- Семкина Л. А., Макарова О. Б., Яковлева С. В. Состояние зеленых насаждений в г. Свердловске и на некоторых промышленных предприятиях // Сб. науч. трудов. Свердловск : УрО АН СССР, 1991. С. 81–94.
- Яндекс-карты // Карта Екатеринбурга и Свердловской области с улицами и номерами домов онлайн : [сайт]. URL: <https://yandex.ru/maps/> (дата обращения: 01.11.2024).

References

- Atkina L. I., Vishnyakova S. N., Luganskaya S. V. Reconstruction of plantations : textbook for the discipline “Reconstruction of plantations” / Ural State Forest Engineering University. Yekaterinburg : USFEU, 2015. 41 p.
- Government of Russia // Resolution of the Government of the Russian Federation from 09.12.2020 № 2047. URL: <http://government.ru/docs/all/131407/> (accessed 01.11.2024).
- Kolesnikov A. I. Decorative dendrology. 2nd ed., ispr. and add. Moscow : Lesnaya prom., 1974. 704 p.

- Korostelev I. F.* Fundamentals of scientific research in forestry: a textbook / Ural State Forest Engineering University. Yekaterinburg, 2011. 96 p.
- Mozalevskaya E. K.* Green gems. Gardens, public gardens and parks of Yekaterinburg yesterday and today. Yekaterinburg : Publishing house IP Pidzhakov A. V., 2023. 152 с.
- Semkina L. A., Makarova O. B., Yakovleva S. V.* Condition of green plantations in Sverdlovsk and at some industrial enterprises // Collection of scientific works. Sverdlovsk : Ural Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1991. P. 81–94. (In Russ).
- Yandex Maps // Map of Yekaterinburg and Sverdlovsk region with streets and house numbers online : [Website]. URL: <https://yandex.ru/maps/> (accessed 01.11.2024).

Информация об авторах

Т. Б. Сродных – доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
С. И. Серебрякова – магистрант;
И. А. Волосов – аспирант.

Information about the authors

T. B. Srodnykh – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;
S. I. Serebryakova – master's degree student;
I. A. Volosov – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 24.12.2024; принята к публикации 24.02.2025.
The article was submitted 24.12.2024; accepted for publication 24.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 70–77.

Forest of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 70–77.

Научная статья

УДК 630*232.31

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.008

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН

Сергей Сергеевич Лутай

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

sslutai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2238-9083>

Аннотация. В работе предпринята попытка изучения влияния биологически активных добавок на всхожесть и интенсивность прорастания семян травянистых растений на примере сорта космеи дваждыперистой (*Cosmos bipinnatus* Cav.). Данное однолетнее растение при высокой декоративности характеризуется длительным цветением, что обусловило его широкое использование при озеленении городов и других населенных пунктов. Космея высевается как непосредственно в грунт, так и выращивается в виде рассады с целью ускорения вступления в фазу цветения. Для повышения всхожести семян и появления дружных всходов нами произведена их обработка биологически активными добавками (фиторегуляторами). К последним относились растворы из проростков яровой пшеницы; проростков яровой пшеницы с 0,5 %-ным раствором формалина; хвои ели сибирской; проростков яровой пшеницы, хвои ели сибирской (1:1) с 0,5 %-ным раствором формалина; проростков яровой пшеницы и хвои ели сибирской (2:1) с 0,5 %-ным раствором формалина. Исследования показали, что применение всех указанных фиторегуляторов оказывает положительное влияние на всхожесть семян и скорость их прорастания. Так, при всхожести семян на контроле 88–90 % последняя при обработке фиторегуляторами составляла 96,5–99,0 %. При этом максимальная всхожесть зафиксирована в трех из пяти вариантах опыта. Период прорастания семян сократился с 2–8 сут на контроле до 2–5 сут при применении фиторегулятора. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности использования фиторегуляторов.

Ключевые слова: озеленение, посадочный материал, семена, всхожесть, период прорастания, фиторегуляторы

Для цитирования: Лутай С. С. Влияние биологически активных добавок на всхожесть семян // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 70–77.

Original article

INFLUENCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVES ON SEED GERMINATION

Sergey S. Lutai

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia
sslutai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2238-9083>

Abstract. The work attempts to study the influence of biologically active additives on the germination and intensity of seed germination of herbaceous plants using the example of the *Cosmos bipinnatus* variety (*Cosmos bipinnatus* Cav.). This annual plant, with its high decorative value, is characterized by long flowering, which has led to its widespread use in landscaping cities and other settlements. Cosmos is sown both directly into the soil and grown as seedlings in order to accelerate the entry into the flowering phase. To increase seed germination and the appearance of friendly shoots, we treated them with biologically active additives (phytoregulators). The latter included solutions from spring wheat germinating seedling; spring wheat germinating seedling with 0,5 % formalin solution; Siberian spruce needles; spring wheat germinating seedling, Siberian spruce needles (1:1) with 0,5 % formalin solution; spring wheat germinating seedling and Siberian spruce needles (2:1) with 0,5 % formalin solution. The researches have shown that the use of all the above phytoregulators has a positive effect on seed germination and germination rate. Thus, with seed germination in the control of 88–90 %, the latter was 96,5–99,0 % when treated with phytoregulators. At the same time, the maximum germination was recorded in three of the five experimental variants. The seed germination period was reduced from 2–8 days in the control to 2–5 days when using the phytoregulator. The data obtained indicate the high efficiency of using phytoregulators.

Keywords: landscaping, planting material, seeds, germination, germination period, phytoregulators

For citation: Lutai S. S. Influence of biologically active additives on seed germination // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 70–77.

Введение

Широкомасштабное проведение работ по озеленению, лесовосстановлению и лесоразведению вызывает необходимость расширения объемов выращивания посадочного материала. Кроме того, очень важно при выращивании растений из семян иметь дружные всходы с коротким периодом прорастания, поскольку указанное обеспечивает выращивание нескольких ротаций посадочного материала на одной и той же площади, что снижает его себестоимость.

Особо следует отметить, что сокращение срока выращивания рассады обеспечивает увеличение периода цветения у травянистых растений, что имеет первостепенное значение при озеленении, особенно в районах с коротким вегетационным периодом.

Применяемые в настоящее время агротехники выращивания посадочного материала далеко не всегда обеспечивают создание благоприятных экологических условий для прорастания семян и роста всходов. В частности, многие питомники характеризуются низким плодородием почв и неблагоприятными лесорастительными условиями (Кан и др., 2015; Оплетаев и др., 2020), что вызывает необходимость внесения удобрений, в том числе нетрадиционных (Залесов и др., 2015; Опыт выращивания..., 2017; Рахимжанов и др., 2020).

С целью компенсации недостатков агротехники завышаются нормы высева семян. Повышение коэффициента использования семян и выхода стандартного посадочного материала с единицы площади может быть обеспечено совершенствованием агротехнических мероприятий, обеспечивающих

управление всхожестью и ростом всходов. В частности, указанное может быть достигнуто использованием современных экологически безопасных средств, в том числе стимуляторов роста, защитно-стимулирующих составов и т. д. (Пентелькина и др., 2005).

Современный уровень биотехнологий позволяет получить высокоэффективные, физиологически активные и экологически безопасные препараты, которые могут успешно использоваться при выращивании посадочного материала. Применение физиологически активных веществ – регуляторов роста является сравнительно новым направлением в озеленении и лесовосстановлении. В настоящее время в качестве регуляторов роста применяется большое количество различных химических соединений и арсенал их с каждым годом пополняется (Верзилов, 1971; Никелл, 1984; Вакуленко, 2004; Никитенко и др., 2005).

Регуляторы роста как при предпосевной обработке семян, так и при опрыскивании вегетирующих растений используются в незначительных дозах, что дает немалую экономию средств и позволяет минимизировать себестоимость выращивания посадочного материала (Регуляторы..., 1990; Лутай, Воробьев, 2013; Воробьев и др., 2019; Китапбаева и др., 2019).

Применение биологически активных добавок при выращивании посадочного материала сдерживается недостатком объективных научно обоснованных данных об их эффективности, что и определило направление исследований.

Цель, объекты и методики исследований

Цель работы – установление эффективности влияния различных видов и доз фиторегулятора на всхожесть и скорость прорастания семян травянистых растений на примере одного из сортов космеи дваждыперистой (*Cosmos bipinnatus* Cav.).

Выбор космеи дваждыперистой обусловлен тем, что ее сорта и формы активно используются при озеленении городов и других населенных пунктов.

Вид представляет собой травянистое однолетнее растение высотой от 0,8 до 1,5 м с цветами

диаметром от 8 до 12 см желтого, красного, белого, розового и пурпурного цвета, как бы парящими над ажурной зеленью. Растение относительно холодостойкое, светолюбиво и малотребовательно к плодородию почвы. Цветение растения протекает с июня и до сильных заморозков (Хессайон, 1998).

Космея дваждыперистая размножается семенами, которые сохраняют всхожесть в течение 5 лет. Высаживают растения на объекты озеленения посевом в конце мая или выращивают рассадой с апреля, что значительно увеличивает период цветения.

Семена космеи продолговатые, как правило, темно-коричневые, сероватые или серо-желтые длиной 7–12 мм.

Для эксперимента были выбраны лучшие по внешнему виду семена без повреждений.

В качестве фиторегуляторов использовались следующие биологически активные добавки:

- раствор из проростков яровой пшеницы;
- раствор из проростков яровой пшеницы, разбавленный 5 %-ным раствором формалина;
- раствор из хвои ели сибирской;
- раствор из проростков яровой пшеницы, хвои ели сибирской (1:1), разбавленный 5 %-ным раствором формалина;
- раствор из проростков яровой пшеницы, хвои ели сибирской (2:1), разбавленный 5 %-ным раствором формалина.

Для опытов отбиралось по 200 семян космеи дваждыперистой. Известно, что семена формируются в процессе жизнедеятельности материнского растения в определенных условиях окружающей среды. В результате воздействия экзогенных и эндогенных факторов в различные периоды жизни материнских растений семена отличаются друг от друга по биологическим, генетическим и фитотипическим признакам (Якушкина, Артемова, 1985).

Для посева использовались крупные хорошо вызревшие семена. Отбор семян производился с использованием 3–4 %-ного раствора хлорида натрия (30–50 г на 1 л воды). Семена помещали в данный раствор небольшими партиями с последующим перемешиванием.

Семена намачивались в растворе в течение 1–1,5 мин. Всплывшие семена удалялись. С осевших семян аккуратно сливали раствор, а затем их дважды промывали чистой водой и просушивали. Затем каждую партию из 200 семян обрабатывали одним из указанных видов раствора фиторегулятора в концентрациях 1; 0,1; 0,01; 0,001 и 0,0001 %. Контрольный вариант семян просто смачивался чистой водой.

В каждом из вариантов опыта семена просто вдавливались в верхний слой предварительно взрыхленной почвы.

Результаты и их обсуждение

Каждый вид фиторегулятора изучался по одинаковой схеме, описанной в методике работ. В качестве примера влияния на всхожесть семян раствора проростков яровой пшеницы разной концентрации можно привести данные табл. 1.

Материалы табл. 1 наглядно свидетельствуют, что все концентрации раствора проростков яровой пшеницы оказывают положительное влияние на общую всхожесть семян. Так, если на контроле всхожесть семян составляет 89,0 %, то в опытах, когда используется указанный фиторегулятор,

всхожесть семян варьируется от 90,5 до 99,0 %. Другими словами, при обработке семян космеи раствором проростков яровой пшеницы в концентрации 0,01 % расход семян может быть сокращен на 11,2 %.

При выращивании посадочного материала травянистых растений, т. е. рассады, важное значение имеет появление дружных всходов семян и период их общего прорастания. Приведенные данные (см. табл. 1) свидетельствуют, что период прорастания семян на контроле составляет 7 дней.

При этом использование раствора проростков яровой пшеницы в концентрации 0,01 % сокращает срок появления всходов, т. е. прорастания семян, до четырех суток. Особо следует отметить, что в указанном варианте опыта 60 % семян прорастает на вторые сутки после посева, в то время как на контроле на вторые сутки прорастает лишь 10 % семян.

При использовании комбинированного фиторегулятора в составе проростков яровой пшеницы и хвои ели сибирской (1:1) с раствором 5 % формалина оптимальной является концентрация фиторегулятора 0,1 % (табл. 2).

Таблица 1
Table 1

Полевая всхожесть семян космеи дваждыперистой при различных концентрациях
раствора проростков, шт./%
Field germination of double-feathered cosmea seeds at various concentrations
of the seedling solution, pcs./%

№ п/п № p/p	Концентрация, % Concentration, %	Количество всходов спустя период, суток Number of seedlings after a period, days						Всего семян Total seeds
		2	3	4	5	6	7	
1	1	$\frac{11}{5,5}$	$\frac{31}{15,5}$	$\frac{64}{32,0}$	$\frac{126}{63,0}$	$\frac{178}{89,0}$	$\frac{181}{90,5}$	$\frac{181}{100}$
2	0,1	$\frac{8}{4,0}$	$\frac{29}{14,5}$	$\frac{66}{33,0}$	$\frac{130}{65,0}$	$\frac{183}{91,5}$	$\frac{183}{91,5}$	$\frac{200}{100}$
3	0,01	$\frac{60}{30,0}$	$\frac{100}{50,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{200}{100}$
4	0,001	$\frac{40}{20,0}$	$\frac{76}{38,0}$	$\frac{111}{55,5}$	$\frac{151}{75,5}$	$\frac{195}{97,5}$	$\frac{195}{97,5}$	$\frac{200}{100}$
5	0,0001	$\frac{36}{18,0}$	$\frac{72}{36,0}$	$\frac{109}{54,5}$	$\frac{147}{73,5}$	$\frac{188}{94,0}$	$\frac{188}{94,0}$	$\frac{200}{100}$
6	Контроль	$\frac{10}{5,0}$	$\frac{29}{14,5}$	$\frac{59}{29,5}$	$\frac{126}{63,0}$	$\frac{166}{83,0}$	$\frac{178}{89,0}$	$\frac{200}{100}$

Таблица 2
Table 2

Полевая всхожесть семян космеи дваждыперистой при различных концентрациях раствора фиторегулятора из проростков яровой пшеницы, хвои ели сибирской (1:1) и 0,5 %-ного раствора формалина, шт./%
Field germination of double-feathered cosmea seeds at various concentrations of a phyto regulator solution from spring wheat seedlings, Siberian spruce needles (1:1) and 0,5 % formalin solution, pcs./%

№ п/п № p/p	Концентрация, % Concentration, %	Количество всходов спустя период, сут Number of seedlings after a period, days						Всего семян Total seeds
		2	3	4	5	6	7	
1	1	$\frac{15}{7,5}$	$\frac{40}{20,0}$	$\frac{73}{36,5}$	$\frac{133}{66,5}$	$\frac{180}{90,0}$	$\frac{185}{92,5}$	$\frac{181}{100}$
2	0,1	$\frac{64}{32,0}$	$\frac{104}{52,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{200}{100}$
3	0,01	$\frac{40}{20,0}$	$\frac{78}{39,0}$	$\frac{115}{57,5}$	$\frac{157}{94,5}$	$\frac{189}{97,5}$	$\frac{195}{97,5}$	$\frac{200}{100}$
4	0,001	$\frac{8}{4,0}$	$\frac{29}{14,5}$	$\frac{66}{33,0}$	$\frac{130}{65,0}$	$\frac{183}{91,5}$	$\frac{186}{93,0}$	$\frac{200}{100}$
5	0,0001	$\frac{35}{17,5}$	$\frac{72}{36,0}$	$\frac{108}{54,0}$	$\frac{147}{73,5}$	$\frac{183}{91,5}$	$\frac{187}{93,5}$	$\frac{200}{100}$
6	Контроль	$\frac{4}{2,0}$	$\frac{27}{13,5}$	$\frac{58}{29,0}$	$\frac{119}{59,5}$	$\frac{162}{81,0}$	$\frac{176}{88,0}$	$\frac{200}{100}$

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что использование комбинированного фиторегулятора обеспечивает общую полевую всхожесть семян 92,5 до 99,0 % при 88 % на контроле. Кроме того, использование комбинированного фиторегулятора в дозе 0,1 % позволяет сократить срок про-

растания семян с семи до четырех суток. При этом на вторые сутки прорастает 64 % всех высеванных семян.

Эффективность применения лучших концентраций фиторегулятора можно оценить по материалам табл. 3.

Таблица 3
Table 3

Эффективность лучших концентраций фиторегуляторов на всхожесть и период прорастания семян космеи дваждыперистой
The effectiveness of the best concentrations of phyto regulators on the germination and germination period of the seeds of the double-feathered cosmea

Вид фиторегулятора Type of phyto regulator	Оптимальная концентрация, % Optimal concentration, %	Период прорастания семян, сут Seed germination period, days	Всхожесть, % Germination, %
Раствор из проростков яровой пшеницы Solution of spring wheat seedlings	0,01	2–4	99
Раствор из проростков яровой пшеницы с 0,5 %-ным раствором формалина A solution of spring wheat seedlings with 0,5 % formalin solution	0,01	2–4	99
Раствор из хвои ели сибирской A solution of Siberian spruce needles	0,01	3–5	98

Окончание табл. 3

The end of table 3

Вид фиторегулятора Type of phyto regulator	Оптимальная концентрация, % Optimal concentration, %	Период прорастания семян, сут Seed germination period, days	Всхожесть, % Germination, %
Раствор из проростков яровой пшеницы и хвои ели сибирской (1:1) с 0,5 %-ным раствором формалина A solution of spring wheat seedlings and Siberian spruce needles (1:1) with 0,5 % formalin solution	0,1	2–4	99
Раствор из проростков яровой пшеницы и хвои ели сибирской (2:1) с 0,5 %-ным раствором формалина A solution of spring wheat seedlings and Siberian spruce needles (2:1) with 0,5 % formalin solution	0,01	3–5	96,5
Контроль Control	0	2–8	88–90

Материалы табл. 3 наглядно свидетельствуют о положительном влиянии фиторегуляторов на появление дружных всходов и общую всхожесть семян, что способствует ускорению выращивания рассады. С учетом низких оптимальных доз фиторегуляторов они могут найти широкое применение при выращивании рассады, а также при посеве растений на формируемые клумбы и другие объекты озеленения.

Выводы

1. Современные технологии выращивания посадочного материала базируются на использовании биологически активных добавок, или фиторегуляторов.

2. Использование фиторегуляторов позволяет увеличить всхожесть семян на 11 % и тем самым сократить их расход.

3. За счет использования фиторегуляторов ускоряется прорастание семян и период, за который прорастают все всхожие семена.

4. Сокращение срока прорастания семян при выращивании рассады позволяет увеличить период цветения травянистых растений и, в частности, сортов и форм космеи дваждыперистой.

5. Важность использования биологически активных добавок при обработке семян в процессе выращивания посадочного материала вызывает необходимость продолжения исследований в данном направлении.

Список источников

- Вакуленко В. В. Регуляторы роста // Защита и карантин растений. 2004. № 1. С. 24–26.
- Верзилов В. Ф. Регуляторы роста и их применение в растениеводстве. М. : Наука, 1971. 120 с.
- Воробьев А. П., Калачев А. А., Залесов С. В. Фитоминеральный гель для инкрустации корней сеянцев ели сибирской (*Picea obovate* Ledeb.) // Лесной журнал. 2019. № 6. С. 255–261. DOI: 10.17238/issn 0536.2019.6.255
- Залесов С. В., Магасумова А. Г., Фролова Е. А. Эффективность внесения нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Аграрный вестник Урала. 2015. № 2 (132). С. 45–48.
- Кан В. М., Залесов С. В., Рахимжанов А. Н. Мелиоративные приемы борьбы с коркообразованием на лесном питомнике «Ак кайын» в Республике Казахстан // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/121-17592> (дата обращения: 03.03.2025).

- Китапбаева А. А., Лутай С. С., Алипина К. Б.* Применение фитостимуляторов роста природного происхождения для повышения всхожести семян ели сибирской // Вестник государственного университета им. Шакарима города Семей. 2019. № 3 (87). С. 240–245.
- Лутай С. С., Воробьев А. Л.* Влияние фиторегулятора природного происхождения на всхожесть, динамику роста и развития садово-парковых культур // Вестник ВКГТУ им. Серикбаева. 2013. № 1 (59). С. 72–76.
- Никелл Л.* Регуляторы роста растений (применение в сельском хозяйстве). М. : Наука, 1984. 190 с.
- Никитенко Е. А., Гуль Л. П., Король Л. А.* Изучение стимуляторов роста при выращивании посадочного материала дальневосточных древесных пород // Сборник трудов ДальНИИЛХ. Хабаровск : ДальНИИЛХ, 2005. Вып. 38. С. 171–175.
- Оплетаев А. С., Залесов С. В., Жигулин Е. В.* Состояние лесных питомников на территории Свердловской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 3 (93). Ч. 1. С. 77–84. DOI: 10.23670/IRJ. 2020.93.3.011
- Опыт выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Алтайском крае / *Е. М. Ананьев, С. В. Залесов, Н. А. Луганский* [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2017. № 8 (162). С. 4–10.
- Пентелькина Н. В., Буторина А. Н., Родионова М. В.* Повышение всхожести семян путем обработки стимуляторами роста // Проблемы экологии в современном мире. Тамбов : Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина, 2005. С. 48–52.
- Рахимжанов А. Н., Залесов С. В., Зарубина Л. В.* Опыт мелиорации темно-каштановых слитных почв лесного питомника «Ак кайын» // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 7 (97). Ч. 1. С. 145–150. DOI: 10.23670/IRJ. 2020.97.7.023
- Регуляторы роста растений / под ред. акад. ВАСХНИЛ В. С. Шевелухи. М. : Агропромиздат, 1990. 195 с.
- Хессайон Д. Г.* Все о клумбовых растениях. М. : Кладезь, 1998. 140 с.
- Якушкина Н. И., Артемова Э. К.* Физиология роста и развития растений. М. : Наука, 1985. 199 с.

References

- Hessayon D. G.* All about flowerbed plants. Moscow : Kladez, 1998. 140 p.
- Kan V. M., Zalesov S. V., Rakhimzhanov A. N.* Meliorative methods of combating crust formation at the Ak Kayyn forest nursery in the Republic of Kazakhstan // Modern problems of science and education. 2015. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/121-17592> (accessed 03.03.2025).
- Kitapbaeva A. A., Lutai S. S., Alipina K. B.* The use of natural growth stimulants to increase the germination of Siberian spruce seeds // Bulletin of the Sha-Karima of the city of Families. 2019. № 3 (87). P. 240–245. (In Russ.)
- Lutai S. S., Vorobyov A. L.* The influence of a phyto regulator of natural origin on germination, growth dynamics and development of horticultural crops // Vestnik VKGTU im. Serikbayeva. 2013. № 1 (59). P. 72–76. (In Russ.)
- Nickell L.* Plant growth regulators (application in agriculture). Moscow : Nauka, 1984. 190 p.
- Nikitenko E. A., Gul L. P., Korol L. A.* The study of growth stimulants in the cultivation of planting material of Far Eastern woodlands // Proceedings of the Far East. Khabarovsk : DalnIlkh, 2005. Issue 38. P. 171–175. (In Russ.)
- Opletaev A. S., Zalesov S. V., Zhigulin E. V.* The state of forest reserves in the Sverdlovsk region // International Scientific Research Journal. 2020. № 3 (93). Part 1. P. 77–84. DOI: 10.23670/IRJ. 2020.93.3.011 (In Russ.)

- Pentelkina N. V., Butorina A. N., Rodionova M. V.* Increasing seed germination by treatment with growth stimulants // Environmental problems in the modern world. Tambov : Tambov State University named after G. R. Derzhavin, 2005. P. 48–52. (In Russ.)
- Plant growth regulators / Edited by akad. VASHNIL V. S. Sheveluha. Moscow : Agropromizdat, 1990. 195 p.
- Rakhimzhanov A. N., Zalesov S. V., Zarubina L. V.* The experience of reclamation of dark chestnut fused soils of the Ak Kayyn forest nursery // International Scientific Research Journal. 2020. № 7 (97). Part 1. P. 145–150. DOI: 10.23670/IRJ.2020.97.7.023 (In Russ.)
- The experience of growing planting material with a closed root system in the Altai Territory / *E. M. Ananyev, S. V. Zalesov, N. A. Lugansky* [et al.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. № 8 (162). P. 4–10. (In Russ.)
- Vakulenko V. V.* Growth regulators // Plant protection and quarantine. 2004. № 1. P. 24–26. (In Russ.)
- Verzilov V. F.* Growth regulators and their application in crop production. Moscow : Nauka, 1971. 120 p.
- Vorobyov A. P., Kalachev A. A., Zalesov S. V.* Phytomineral gel for incrustation of the roots of seedlings of spruce seabird (*Picea obovate* Ledeb.) // Lesn. zhurn. 2019. № 6. P. 255–261. DOI: 10.17238/issn0536.2019.6.255 (In Russ.)
- Yakushkina N. I., Artyomova E. K.* Physiology of plant growth and development. Moscow : Nauka, 1985. 199 p.
- Zalesov S. V., Magasumova A. G., Frolova E. A.* The effectiveness of using unconventional fertilizers in the cultivation of planting material of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. № 2 (132). P. 45–48. (In Russ.)

Информация об авторах

C. C. Лутай – аспирант.

Information about the authors

S. S. Lutai – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 20.02.2025; принята к публикации 03.04.2025.

The article was submitted 20.02.2025; accepted for publication 03.04.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 78–87.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 78–87.

Научная статья

УДК 581.1:630.177.722

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.009

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗМНОЖЕНИЯ СОРТОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBES NIGRUM* L.) ОДРЕВЕСНЕВШИМИ ЧЕРЕНКАМИ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПОДЛЕСКА

Алексей Сергеевич Клинов¹, Анастасия Николаевна Марковская²

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

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

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

Аннотация. Проанализирована эффективность размножения 9 сортов смородины черной одревесневшими черенками в условиях г. Екатеринбурга. В эксперименте были использованы следующие сорта: Пилот, Селеченская, Багира, Загадка, Фортуна, Бурая дальневосточная, Лунная, Детскосельская, Славянка. Экспериментально установлено, что доля укоренившихся черенков варьируется от 23,1 до 65,0 %. При этом лучшей укореняемостью характеризуются сорта Бурая дальневосточная – 65,0 %, Багира – 61,4 % и Славянка – 52,3 %. Худшая укореняемость одревесневших черенков зафиксирована у сортов Пилот – 23,1 %, Фортуна – 28,5 % и Селеченская – 32,5 %. Укоренившиеся черенки уже в первый год характеризуются средним приростом побегов от 13,7 до 30,4 см. При этом между укореняемостью и приростом побегов в первый год посадки нет прямолинейной зависимости. Так, сорт Бурая дальневосточная имеет максимальную укореняемость побегов при минимальном их приросте в первый год после посадки. Анализ укореняемости, прироста побегов по высоте и диаметру, количеству корней первого порядка и длине корневой системы позволяет отнести к лучшим и рекомендовать для разведения сорта смородины черной Лунная, Багира, Детскосельская. Исследования в данном направлении следует продолжить с целью установления урожайности и устойчивости к болезням различных сортов смородины черной.

Ключевые слова: лесные парки, подлесок, биологическое разнообразие, смородина черная, размножение, одревесневшие черенки

Для цитирования: Клинов А. С., Марковская А. Н. Эффективность размножения сортов смородины черной (*Ribes nigrum* L.) одревесневшими черенками для обогащения подлеска // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 78–87.

Original article

THE EFFICIENCY OF PROPAGATION OF CURRANT VARIETIES BLACK (*RIBES NIGRUM* L.) LIGNIFIED CUTTINGS FOR ENRICHING THE UNDERGROWTH

Alexey S. Klinov¹, Anastasia N. Markovskaya²

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

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

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

Abstract. There was analysed the efficiency of 9 varieties of black currant propagation by using lignified woody cuttings in the condition of Yekaterinburg. The following varieties were used in the experiment: Pilot, Selichenskaya, Bagira, Zagadka, Fortuna, Brownfar Eastern, Dalnevostochnaya, Slaviyanka. It has been experimentally established that the proportion of rooted cutting varies from 23,1 to 65,0 %. At the same time, brown varieties. Dalnevostochnaya – 65,0 %, Bagira – 61,4 % and Slaviyanka – 52,3 %. Are characterized by better rooting. The worst rooting rate are of lignified woody cuttings were recorded in the sorts. Pilot – 23,1 %, Fortuna – 28,5 % and Selechenskaya – 32,5 %. Rooted cuttings already in the first year are characterized by an average growth of shoots from 13,7 to 30,4 sm. At the same time there is no linear relationship between rooting and shoot growth in the first year of planting thus, the brown Dalnevostochnaya variety has maximum rooting capacity of shoots with minimal growth in the first year after planting analysis of rooting, growth of shoots in height and diameter, by the number of first order roots and the length of the root system allows us to rank among the best and recommend for breeding the black currant the varieties Lunnaya, Bagira, Detskoselskaya. Researches in this direction should be continued in order to establish the yield and disease resistance of various currant varieties.

Keywords: forest parks, undergrowth, biologic diversity, black currant, breeding, lignified woody current

For citation: Klinov A. S., Markovskaya A. N. The efficiency of propagation of currant varieties black (*Ribes nigrum* L.) lignified cuttings for enriching the undergrowth // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 78–87.

Введение

Лесные парки вблизи большинства старых городов представлены естественными лесными насаждениями с элементами благоустройства. Чаще всего это спелые, чистые по составу и простые по форме насаждения с незначительной примесью к основной других древесных пород. Существенное негативное воздействие на насаждения лесных парков, помимо рекреантов, оказывают промышленные поллютанты, что сказывается на состоянии, устойчивости и внешнем виде деревьев (Залесов и др., 2017; Оценка ..., 2018; Полякова, Меланхолин, 2018; Кочергина, 2023). По той же причине в угнетенном состоянии находятся другие

компоненты насаждения, а следовательно, в лесопарках обедняется видовой состав птиц и мелких млекопитающих. Кроме того, угнетенность компонентов насаждений лесных парков приводит к утрате эстетических показателей, а следовательно, и рекреационной привлекательности. Другими словами, лесные парки не решают задачу создания комфортных условий среды для отдыха населения (Залесов и др., 2016; Жилищно-коммунальное хозяйство..., 2017; Колычева и др., 2022; Повышение..., 2023).

Одним из направлений исправления ситуации является введение под полог древостоев подлеска из ягодных кустарников. Так, в частности,

введение смородины черной (*Ribes nigrum* L.) поможет созданию привлекательных станций для гнездования мелких птиц, а также кормовой базы птиц и мелких млекопитающих. Кроме того, увеличение встречаемости кустарников будет способствовать снижению негативного воздействия рекреантов на почву, улучшению физических и химических свойств почвы благодаря ежегодному опадению, развитию собирательства и т. д. (Коростелев и др., 2010; Метелев, 2020; Расширение..., 2023; Бунькова, Залесов, 2024). Наиболее перспективно высаживание ягодных кустарников вдоль линий электропередач и по границам с другими видами открытых пространств (поляны, сельскохозяйственные угодья и т. д.). Однако для введения под полог древостоев кустарников необходим посадочный материал. Опыт выращивания посадочного материала зелеными черенками в районе исследований имеется (Клинов и др., 2024). В то же время большинство садоводов привыкли выращивать посадочный материал одревесневшими черенками. К сожалению, данных о приживаемости одревесневших черенков наиболее широко распространенных сортов смородины черной в районе исследований нами не найдено, что и определило направление наших исследований.

Цель работы – установление эффективности размножения различных сортов смородины черной одревесневшими черенками.

Задачи исследования

1. Подобрать сорта смородины черной (*R. nigrum* L.), адаптированные к условиям Средне-Уральского таежного лесного района.
2. Проанализировать укореняемость выбранных сортов одревесневшими черенками.
3. Установить наиболее перспективные сорта по способу размножения одревесневшими черенками.

Объекты и методика исследований

Объектом исследований служили 9 сортов смородины черной. Отобранные сорта прошли проверку в Саду лечебных культур им. проф. Л. И. Вигорова при Уральском государственном лесотехническом университете и показали в условиях Средне-Уральского таежного лесного района (Об утверждении..., 2014) высокие устойчивость

к болезням и урожайность. В ходе выполнения работ были заготовлены одревесневшие черенки с целью установления их укоренения в условиях Средне-Уральского таежного лесного района. Исследования проводились в г. Екатеринбурге. Нарезка черенков смородины черной производилась с маточных кустов в Саду лечебных культур им. проф. Л. И. Вигорова.

В ходе исследований для каждого сорта устанавливалась укореняемость одревесневших черенков как выраженная в процентах доля укоренившихся экземпляров к общему количеству выложенных. Кроме того, у всех укоренившихся черенков измерялся прирост основного побега, диаметр стволика, количество корней первого порядка и длина корневой системы с установлением средних значений указанных показателей для каждого сорта. В целях объективной оценки перспективности сортов был использован метод рангов, при котором сорту, имеющему лучшее значение вышеуказанного показателя, присваивался первый ранг, а худшее значение – девятый. Сорт, характеризующийся минимальным значением суммы установленных рангов по совокупности признаков, характеризовался как наиболее перспективный.

В процессе укоренения черенков выполнялись следующие работы:

- заготовка побегов для черенкования;
- хранение побегов;
- покрытие каркаса теплицы полимерным материалом;
- подготовка почвенного субстрата в теплице;
- нарезка черенков;
- посадка черенков;
- уход за укоренившимися черенками;
- определение приживаемости и замер приростов у черенковых саженцев.

Одревесневшие побеги смородины черной были заготовлены 30 марта 2023 г. до набухания почек и помещены на хранение в ледник до периода, благоприятного для посадки. Материал хранился в пакетах из полимерного материала в плотно завязанных пучках в состоянии глубокого физиологического покоя. К каждому пучку побегов прикреплялась этикетка с указанием сорта.

Перед посадкой грунт в теплице был обработан обеззараживающим средством для предотвращения размножения и развития патогенных микроорганизмов и грибов. Рабочий раствор (0,01 %) готовился путем растворения 5 г перманганата калия на 10 л воды.

После изъятия побегов из ледника их погружали в пресную воду, а затем острым секатором нарезали черенки длиной не менее 7–8 см. Перед высадкой нарезанные черенки выдерживали в пресной воде на протяжении трех часов.

Посадку черенков в теплице проводили по схеме 5 × 10 см. Черенки заглубляли в почву, оставляя на поверхности 1–2 почки. При этом почвогрунт в теплице обильно проливали водой, повторяя поливы 1–2 раза в день и после посадки. При уходе за высаженными черенками производились прополка и проветривание теплицы в жаркую погоду.

Визуальное представление о высаженных в теплицу одревесневших черенках позволяет получить рисунок.

Результаты и их обсуждение

Выполненные исследования показали, что укореняемость одревесневших черенков смородины черной различных сортов существенно различается (табл. 1).

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что лучшими показателями укореняемости характеризуются одревесневшие черенки смородины черной сортов Бурая дальневосточная – 65 % и Багира – 61,4 %. При этом укореняемость только трех сортов превышает 50 %, что необходимо учитывать при заготовке побегов для черенкования.

Укоренившиеся черенки уже в первый год дают побеги. Данные о длине побегов, сформировавшихся в год укоренения одревесневших побегов, приведены в табл. 2.

Как следует из материалов табл. 2, длина побегов смородины черной в год их укоренения характеризуется существенным варьированием как в пределах одного сорта, так и по сортам. Максимальной средней длиной побегов отличается сорт Селеченская – 30,4 ± 13,15 см. Минимальная средняя длина побегов зафиксирована у сорта Бурая дальневосточная.



Высаженные в теплицу одревесневшие черенки смородины черной
Lignified black currant cuttings planted in a greenhouse

Таблица 1
Table 1

Укореняемость одревесневших черенков смородины черной различных сортов
Rootability of lignified blackcurrant cuttings of various varieties

Сорт Variety	Доля укоренившихся черенков, % Proportion of rooted cuttings, %
Пилот Pilot	23,1
Селеченская Selechenskaya	32,5
Багира Bagira	61,4
Загадка Zagadka	37,3
Фортуна Fortuna	28,6
Бурая дальневосточная Buraya dal'nevostochnaya	65,0
Лунная Lunnaya	47,1
Детскосельская Detskosel'skaya	37,1
Славянка Slavyanka	52,3

Таблица 2

Table 2

Длина побегов смородины черной разных сортов в год их укоренения
The length of black currant shoots of different varieties in the year of their rooting

Сорт Variete	Среднее значение с ошибкой, см Average value with error, cm	Асимметрич- ность Asymmetry	Значения, см Values, cm		Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
			минимальное minimal	максимальное maximum	
Пилот Pilot	27,5±6,15	0,89	13,3	50,4	10,2
Селеченская Selechenskaya	30,4±13,15	0,67	0,5	75,3	19,8
Багира Bagira	28,2±6,46	0,38	1,0	67,0	11,3
Загадка Zagadka	22,6±6,20	0,82	16,4	27,6	6,8
Фортуна Fortuna	18,2±4,38	-1,20	4,8	23,7	10,7
Буряя дальневосточная Buryaya dal'nevostochnaya	13,7±4,54	1,67	0,4	52,0	16,1
Лунная Lunnaya	25,2±8,25	-0,23	12,1	36,9	13,8
Детскосельская Detskosel'skaya	22,5±5,02	0,47	11,0	39,0	10,3
Славянка Slavyanka	19,6±4,05	0,89	8,7	40,3	10,0

Значительно меньшими показателями варьирования характеризуются значения диаметров побегов, сформировавшихся в год укоренения черенков смородины черной (табл. 3).

Материалы табл. 3 свидетельствуют, что значения среднего диаметра побегов, сформировавшихся

на одревесневших побегах смородины черной в год укоренения, различаются несущественно и варьируются от 3,7 до 5,1 мм. При этом максимальным значением среднего диаметра побегов характеризуется сорт Пилот, а минимальным – сорт Буряя дальневосточная.

Таблица 3

Table 3

Значения диаметров побегов у черенков смородины черной в год укоренения
The values of the shoot diameters of black currant cuttings in the rooting year

Сорт Variete	Среднее значение с ошибкой, мм Average value with error, mm	Асимметрич- ность Asymmetry	Значения, мм Values, mm		Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
			минимальное minimal	максимальное maximum	
Пилот Pilot	5,1±0,69	1,77	4,0	8,0	6,1
Селеченская Selechenskaya	4,7±1,25	-0,28	1,0	8,0	12,1
Багира Bagira	4,6±0,59	0,77	2,0	9,0	6,3
Загадка Zagadka	4,3±0,65	0,53	1,5	7,5	7,3

Окончание табл. 3

The end of table 3

Сорт Variete	Среднее значение с ошибкой, мм Average value with error, mm	Асимметрич- ность Asymmetry	Значения, мм Values, mm		Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
			минимальное minimal	максимальное maximum	
Фортуна Fortuna	4,2±0,48	–0,33	3,0	5,0	5,1
Буряя дальневосточная Buraya dal'nevostochnaya	3,7±0,39	0,32	2,0	6,0	5,2
Лунная Lunnaya	4,8±1,0	–0,21	3,0	6,0	8,9
Детскосельская Detskosel'skaya	4,2±0,52	0,37	3,0	6,0	5,7
Славянка Slavyanka	4,5±0,50	0,17	2,5	6,5	5,3

При создании плантаций или посадке смородины черной под полог древостоев в лесных парках важное значение имеет развитие корневых систем у высаженных одревесневших черенков.

Выполненные нами исследования показали, что в среднем на высаженных черенках в год посадки формируется 3–5 корней (табл. 4).

Таблица 4

Table 4

Среднее количество корней, формирующихся на одревесневших черенках смородины черной в год посадки
The average number of roots formed on lignified blackcurrant cuttings per planting year

Сорт Variete	Среднее значение с ошибкой, мм Average value with error, mm	Асимметрич- ность Asymmetry	Значения, мм Values, mm		Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
			минимальное minimal	максимальное maximum	
Пилот Pilot	4±1,01	0,00	2	6	11,2
Селеченская Selechenskaya	3±1,17	0,98	1	8	15,9
Багира Bagira	4±0,52	1,07	2	8	6,9
Загадка Zagadka	4±0,55	0,36	2	4	6,7
Фортуна Fortuna	5±1,22	–0,09	2	7	11,5
Буряя дальневосточная Buraya dal'nevostochnaya	4±0,73	0,59	1	9	8,8
Лунная Lunnaya	4±0,54	–0,07	3	5	5,5
Детскосельская Detskosel'skaya	4±0,94	–0,61	2	6	10,0
Славянка Slavyanka	3±0,45	0,27	2	5	6,3

Следует отметить, что варьирование количества корней среди растений одного сорта существенно выше, чем вариация средних значений данного параметра между отдельными сортами. Так, количество корней у одревесневших черенков

сорта Бурая дальневосточная варьируется в год укоренения от 1 до 9 шт.

Помимо количества корней, наблюдается также варьирование значений их длины (табл. 5).

Таблица 5
Table 5

Протяженность корней и саженцев различных сортов
The length of the roots and seedlings of various varieties

Сорт Variete	Среднее значение с ошибкой, мм Average value with error, mm	Асимметрич- ность Asymmetry	Значения, мм Values, mm		Точность опыта, % The accuracy of the experience, %
			минимальное minimal	максимальное maximum	
Пилот Pilot	17,1±4,83	0,17	6,2	28,4	12,5
Селеченская Selechenskaya	22,8±8,87	0,83	5,5	49,0	14,4
Багира Bagira	22,0±2,37	0,24	8,0	38,0	5,3
Загадка Zagadka	19,7±3,39	0,59	8,7	38,2	8,3
Фортуна Fortuna	21,2±2,83	0,94	15,1	30,0	5,9
Бурая дальневосточная Buraya dal'nevostochnaya	24,9±3,02	-0,24	8,3	41,3	5,9
Лунная Lunnaya	26,3±8,47	0,19	10,2	43,7	13,6
Детскосельская Detskosel'skaya	26,7±4,84	0,81	15,4	45,6	8,3
Славянка Slavyanka	24,4±4,50	0,81	9,5	48,4	8,9

Материалы табл. 5 свидетельствуют, что максимальную среднюю протяженность корней имеет сорт Детскосельская – 26,7±4,84 см, а минимальную сорт Пилот – 17,1±4,83 см.

Поскольку показатели, характеризующие укоренение одревесневших черенков смородины черной различных сортов, существенно варьируются, нами предпринята попытка рейтинговой оценки успешности укоренения. При этом сорту, имеющему лучшие значения конкретного показателя, присваивался первый балл, а худшие – девятый с последующим установлением среднего балла по всем анализируемым показателям (табл. 6).

Материалы табл. 6 свидетельствуют, что по среднему рейтинговому баллу лучшими показателями укореняемости характеризуются сорта Лунная и Багира.

Выводы

1. Необходимость увеличения биологического разнообразия лесных парков вызывает потребность выращивания в них подлеска за счет внедрения плодово-ягодных кустарников.

2. Увеличение видового состава подлеска в лесных парках г. Екатеринбурга сдерживается отсутствием посадочного материала, что можно обеспечить укоренением одревесневших черенков.

Таблица 6
Table

Рейтинговые баллы сортов смородины черной по исследуемым показателям
успешности укоренения одревесневших черенков
Rating points of black currant varieties according to the studied indicators
of success in rooting lignified cuttings

Сорт Variete	Показатели для установления балла Indicators for establishing a balance					Средний балл рейтинга Average rating score
	Укореняе- мость Rootability	Длина побега Escape length	Диаметр основания побега Diameter of the shoot base	Количество корней Number of roots	Длина корневой системы The length of the root system	
Пилот Pilot	9	3	1	2	9	4,8
Селеченская Selechenskaya	7	1	3	8	5	4,8
Багира Bagira	2	2	4	2	6	3,2
Загадка Zagadka	5	5	6	2	8	5,2
Фортуна Fortuna	8	8	7	1	7	6,2
Буряя дальневосточная Buraya dal'nevostochnaya	1	9	9	2	3	4,8
Лунная Lunnaya	4	4	2	2	2	2,8
Детскосельская Detskosel'skaya	6	6	7	2	1	4,4
Славянка Slavyanka	3	7	5	8	4	5,4

3. Смородина черная для условий г. Екатеринбурга и его окрестностей (Средне-Уральский таежный лесной район) является аборигенным видом, что позволяет производить ее посадки в лесных парках, а следовательно, и определяет выбор для размножения.

4. В условиях Средне-Уральского таежного лесного района хорошо зарекомендовали себя по показателю устойчивости к болезням и климатическим факторам 9 сортов смородины черной, прошедших испытания в Саду лечебных культур им. проф. Л. И. Вигорова.

5. Обследование девяти сортов смородины черной на эффективность укоренения одревесневших черенков показало, что по интегрально-

му баллу, учитывающему укореняемость, длину и толщину у основания побегов, сформировавшихся в год укоренения, а также количество корней и длину корневой системы, лучшими оказались сорта Лунная и Багира.

6. При размножении сортов смородины черной одревесневшими черенками необходимо учитывать, что лишь два сорта Буряя дальневосточная и Славянка имеют укореняемость выше 50 %, что вызывает необходимость поиска других способов размножения.

7. Исследования перспективности сортов смородины черной следует продолжить в целях установления их урожайности и устойчивости к болезням.

Список источников

- Бунькова Н. П., Залесов С. В. Ведение лесного хозяйства в рекреационных лесах. Екатеринбург : УГЛТУ, 2024. 129 с.
- Жилищно-коммунальное хозяйство и качество жизни в XXI веке: экономические модели, новые технологии и практики управления / Л. С. Азаренков, Г. В. Астратова, Я. П. Силин [и др.]. М. ; Екатеринбург : Науковедение, 2017. 600 с.
- Залесов С. В., Бачурина А. В., Бачурина С. В. Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» и реакция их компонентов на проведение рубок обновления. Екатеринбург : УГЛТУ, 2017. 277 с.
- Залесов С. В., Газизов Р. А., Хайретдинов А. Ф. Состояние и перспективы ландшафтных рубок в рекреационных лесах // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (58). С. 45–47.
- Клинов А. С., Марковская А. Н., Залесов С. В. Размножение смородины черной (*Ribes nigrum* L.) зелеными черенками в условиях Среднего Урала // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 80–93.
- Колычева А. А., Чумаченко С. И., Тебенькова Д. Н. Потенциал заготовки лесных ягод при разных способах ведения лесного хозяйства на основе модельного прогноза // Лесоведение. 2022. № 5. С. 549–563.
- Коростелев А. С., Залесов С. В., Годовалов Г. А. Недревесная продукция леса. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 480 с.
- Кочергина М. В. К проблеме повышения устойчивости городских лесов Воронежа // Оптимизация лесопользования. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. С. 287–293.
- Метелев Д. В. Структура и динамика городских лесов муниципального образования «город Екатеринбург» и совершенствование организации и ведения хозяйства в них : дис. ... канд. с.-х. наук / Метелев Дмитрий Васильевич. Екатеринбург, 2020. 179 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://www.consultant.ru/cons-doc.LAW_169590 (дата обращения: 21.01.2025).
- Оценка состояния лесных насаждений на территории лесопарка им. лесоводов России / Р. З. Муллагалиева, А. П. Яндалеева, Н. А. Симонова, А. В. Суслов // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 4. С. 649–653. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?d=18838> (дата обращения: 21.01.2025).
- Повышение декоративности и рекреационной привлекательности лесных парков / Н. П. Бунькова, А. В. Ананьина, М. В. Коростелева [и др.] // Актуальные вопросы таежного и притундрового лесоводства на европейском Севере России. М. : Т. 8 Издательские технологии, 2023. С. 277–282.
- Полякова Г. А., Меланхолин П. Н. О состоянии некоторых московских лесопарков // Актуальные проблемы лесного комплекса : сб. науч. тр. Вып. 51. Брянск : БГИТУ, 2018. С. 198–201.
- Расширение биологического разнообразия в лесных парках / А. В. Ананьина, Н. П. Бунькова, А. Н. Марковская [и др.] // Актуальные проблемы лесного комплекса : сб. науч. тр. Вып. 64. Брянск : БГИТУ, 2023. С. 156–159.

References

- Assessment of the state of forest plantations in the territory of the forest park named after foresters of Russia / R. Z. Mullagalieva, A. P. Yandaleeva, N. A. Simonova, A. V. Suslov // International Student Scientific Bulletin. 2018. № 4. P. 649–653. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?d=18838> (accessed 21.01.2025).
- Bunkova N. P., Zalesov S. V. Forest management in recreational forests. Yekaterinburg : UGLTU, 2024. 129 p.

- Expansion of biological diversity in forest parks / *A. V. Ananyina, N. P. Bunkova, A. N. Markovskaya* [et al.] // Actual problems of the forest complex : Collection of scientific papers. Issue 64. Bryansk : BGITU, 2023. P. 156–159. (In Russ.)
- Housing and communal services and the quality of life in the 21st century: economic models, new technologies and management practices / *L. S. Azarenkov, G. V. Astratova, Ya. P. Silin* [et al]. Moscow ; Yekaterinburg : Naukovedenie, 2017. 600 p.
- Improving the decorative and recreational attractiveness of forest parks / *N. P. Bunkova, A. V. Ananyina, M. V. Korosteleva* [et al.] // Actual issues of taiga and tundra forestry in the European North of Russia. Moscow: T 8 Publishing Technologies, 2023. P. 277–282. (In Russ.)
- Klinov A. S., Markovskaya A. N., Zalesov S. V.* Propagation of black currant (*Ribes nigrum* L.) by green cuttings in the conditions of the Middle Urals // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 4 (91). P. 80–93. (In Russ.)
- Kochergina M. V.* On the problem of increasing the sustainability of urban forests in Voronezh // Optimization of forest management. Yekaterinburg : UGLTU, 2023. P. 287–293. (In Russ.)
- Kolycheva A. A., Chumachenko S. I., Tebenkova D. N.* The potential of harvesting wild berries with different methods of forestry based on model forecasting // Forestry science. 2022. № 5. P. 549–563. (In Russ.)
- Korostelev A. S., Zalesov S. V., Godovalov G. A.* Non-wood products of the forest. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2010. 480 p.
- Metelev D. V.* The structure and dynamics of urban forests of the Yekaterinburg City municipality and the improvement of their organization and management : a dissertation ... Candidate of Agricultural Sciences / Metelev Dmitry Vasilevich. Yekaterinburg, 2020. 179 p.
- On approval of the List of forest-growing zones of the Russian Federation and the List of Forest Areas of the Russian Federation : Approved by Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 18.08.2014 № 367. URL: https://www.consultant.ru/cons-doc.LAW_169590 (accessed 21.01.2025).
- Polyakova G. A., Melancholin P. N.* The state of Moscow forest parks // Actual problems of the forest complex : Collection of scientific papers. Issue 51. Bryansk : BGITU, 2018. P. 198–201. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Bachurina A. V., Bachurina S. V.* The state of forest deposits affected by industrial pollutants of Kabashmed CJSC and the reaction of their components to logging renewal. Yekaterinburg : UGLTU, 2017. 277 p.
- Zalesov S. V., Gazizov R. A., Khayretdinov A. F.* The state and prospects of landscape logging in recreational forests // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2016. № 2 (58). P. 45–47. (In Russ.)

Информация об авторах

*A. C. Клинов – магистр;
A. H. Марковская – аспирант.*

Information about the authors

*A. S. Klinov – master;
A. N. Markovskaya – postgraduate student.*

*Статья поступила в редакцию 10.03.2025; принята к публикации 24.03.2025.
The article was submitted 10.03.2025; accepted for publication 24.03.2025.*

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 88–95.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 88–95.

Научная статья

УДК : 630*232.3

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.010

ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Лев Алексеевич Старыгин

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

starygin@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6394-4117>

Аннотация. Проанализирована обеспеченность макро- и микроэлементами почв четырех лесных питомников в Средне-Уральском таежном лесном районе. Отмечается, что в результате выноса питательных элементов с посадочным материалом почвы лесных питомников бедны основными макро- и микроэлементами и нуждаются во внесении минеральных и (или) органических удобрений. Однако последние стоят дорого, что повышает себестоимость посадочного материала и снижает его конкурентоспособность. Проблема повышения плодородия лесных питомников при выращивании семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (обыкновенной) (*Picea abies* (L.) Karst.) может быть решена внесением органоминеральных удобрений, приготовленных методом аэробной твердофазной ферментации из бесподстилочного куриного помета, золы Рефтинской ГРЭС и отходов переработки древесины. Использование указанных органоминеральных удобрений позволяет компенсировать изъятие из почвы макро- и микроэлементов, увеличит выход стандартного посадочного материала, а также улучшит экологическую обстановку за счет утилизации отходов промышленного и сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: лесной питомник, плодородие, макро- и микроэлементы, семена, органоминеральные удобрения

Для цитирования: Старыгин Л. А. Проблема повышения плодородия почв лесных питомников и пути ее решения // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2(93). С. 88–95.

Original article

THE PROBLEM OF INCREASING SOIL FERTILITY IN FOREST NURSERIES AND WAYS TO SOLVE IT

Lev A. Starygin

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

starygin@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6394-4117>

Abstract. The provision of macro- and micro-fertilizers in the soils of four forest nurseries in the Middle Ural taiga forest region was analyzed. It was noted that as a result of removal of nutrients with planting material, the soils of forest nurseries are poor in essential microelements and require the introduction of mineral and (or) organic fertilizers. However, the latter are expensive, which increases

the cost of planting material and reduces its competitiveness. The problem of increasing the fertility of forest nurseries when growing seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) can be solved by adding organomineral fertilizers prepared by the method of aerobic solid-phase fermentation from fresh chicken manure, ash from Reftinskaya SDPP and wood processing waste. The use of these organomineral fertilizers allows to compensate for the removal of macro- and microelements from the soil, increases the yield of standard planting material, and also improves the environmental situation due to the utilization of industrial and agricultural waste.

Keywords: forest nursery, fertility, macro- and microelements, seedlings, organomineral fertilizers

For citation: Sarygin L. A. The problem of increasing soil fertility in forest nurseries and ways to solve it // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 88–95.

Введение

Ведение лесного хозяйства неразрывно связано с восстановлением вырубок, гарей, редины и других не покрытых лесной растительностью земель. В соответствии с действующим нормативным документом (Об утверждении..., 2021) лесовосстановление осуществляется тремя способами: естественным, искусственным и комбинированным. Не умаляя естественного лесовосстановления, следует отметить, что с лесоводственной стороны довольно часто более перспективными являются искусственный и комбинированный способы лесовосстановления. При этом имеется в виду, что при их проведении в сочетании с последующими регулярными агротехническими и лесоводственными уходами обеспечивается формирование высокопроизводительных насаждений целевого породного состава (Залесов и др., 2002; Фрейберг и др., 2012; Формирование..., 2013; Опыт..., 2017; Рекультивация..., 2018; Experiences..., 2020; Vachurina et al., 2023; Петров и др., 2023). В то же время для широкомасштабного искусственного и комбинированного лесовосстановления необходим качественный посадочный материал. Последний выращивается в лесных питомниках и селекционно-семеноводческих центрах. При этом сеянцы хвойных пород выращиваются с открытой (ОКС) и закрытой (ЗКС) корневыми системами.

В настоящее время накоплен значительный опыт выращивания посадочного материала (Рекомендации..., 2001; Оплетаев и др., 2020; Влияние..., 2021). Однако основной проблемой является низкое плодородие почв в лесных питомниках. Ежегодно с посадочным материалом из питомника выносятся значительная масса питательных эле-

ментов, т.е. снижается естественное плодородие почвы. Так, вынос востребованных для растений химических элементов при плановом выходе сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) 2,5 млн шт./га примерно равен таковому при уборке зерновых культур урожайностью 40–45 ц/га. При выращивании 3 года сеянцев ели на дерново-подзолистой суглинистой почве с их выкопкой из питомника выносятся в пересчете на 1 га 57–63 кг азота, 18–21 кг фосфора, 23–24 кг калия и 41–46 кг кальция (Наставление..., 1991).

Особо следует отметить, что, помимо содержащихся непосредственно в тканях сеянцев химических элементов, на их корневых системах также остается значительная масса наиболее биологически активных частиц почвы. По этой причине фактический вынос питательных веществ из почвы значительно больше. При влажности дерново-подзолистой суглинистой почвы 20 % с каждого гектара питомника отчуждается 13 т, при влажности 25 % – около 23 т почвы, с которой выносятся 5–7 кг/га общего азота, 10–14 кг/га валового фосфора и 25 кг/га калия, что не может не сказываться на выходе качественного посадочного материала в будущем.

Проблема повышения плодородия почв лесных питомников может быть решена внесением органических удобрений. Однако данные удобрения дороги и их применение существенно повышает себестоимость выращиваемого посадочного материала. Кроме того, из-за сокращения поголовья скота органические удобрения труднодоступны.

Замена органических удобрений минеральными не решает проблему, поскольку они не создают благоприятную для растений структуру почвы и нередко ухудшают ее физические свойства.

Указанное обуславливает необходимость поиска путей получения дешевых удобрений для повышения плодородия почв лесных питомников и увеличения выхода качественного посадочного материала. К сожалению, опыт улучшения почв лесных питомников ограничен и научных работ по данному вопросу относительно немного (Влияние внесения..., 2014; Залесов и др., 2015; Кан и др., 2015).

Актуальность указанного подтверждается современным неудовлетворительным состоянием лесных питомников в Свердловской области (Оплетаев и др., 2020).

Цель, объекты и методика исследований

Цель работы – установить эффективность применения нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной.

Исследования проводились в четырех лесных питомниках, расположенных на территории Средне-Уральского таежного лесного района (Об утверждении..., 2014). При этом в соответствии с лесорастительным районированием Б.П. Колесникова с соавторами лесной питомник ГКУ СО «Сухоложское лесничество» расположен на территории округа сосново-березовых предлесостепных лесов Зауральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области.

Два лесных питомника № 1 и № 2 расположены на территории ГКУ СО «Березовское лесничество», которая, как и территория лесного питомника ООО «Калина Парк», относится к южно-таежному округу, Зауральской холмистопредгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области (Колесников и др., 1974).

Нахождение в разных лесорастительных округах и провинциях обусловило тот факт, что климат на территории ГКУ СО «Сухоложское лесничество» континентальный, а на территории ГКУ СО «Березовское лесничество» и ООО «Калина Парк» умеренно континентальный. Различия проявляются также в характеристике рельефа, мозаичности почв и обеспеченности влагой. Однако

указанные различия, как было отмечено ранее, позволили территорию указанных лесничеств отнести в один лесной район.

В питомнике ГКУ СО «Сухоложское лесничество», лесном питомнике № 2 ГКУ СО «Березовское лесничество» и лесном питомнике ООО «Калина Парк» выращиваются сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), а в питомнике № 1 ГКУ СО «Березовское лесничество» – сеянцы ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst).

В процессе исследований были отобраны образцы почв в четырех лесных питомниках Средне-Уральского таежного лесного района. Определение содержания макро- и микроэлементов было выполнено в сертифицированной лаборатории ФБУН «Агрохимцентр “Свердловский”».

Результаты и их обсуждение

Поскольку, как отмечалось ранее, с вывозом из питомников выращенного посадочного материала утрачивается значительное количество элементов питания растений, нами в процессе исследований проанализировано содержание макроэлементов в почвах четырех лесных питомников, расположенных в Средне-Уральском таежном лесном районе.

Результаты исследований приведены в табл. 1.

Для оценки качества почв лесных питомников нами были использованы рекомендации, устанавливающие оптимальные границы содержания тех или иных макроэлементов, а также кислотности почвы. Для выращивания сеянцев хвойных пород указанными рекомендациями (Наставление..., 1991) предлагаются следующие значения: рН – 5,0–5,5; содержание гумуса (органического вещества) – 2,5–3,0 %, подвижного фосфора – более 150–200 мг/кг, обменного калия – более 170–220 мг/кг и азота общего – более 80–100 мг/кг.

Сравнение указанных оптимальных значений с фактическими показало, что почвы всех обследованных питомников нуждаются во внесении минеральных и (или) органических удобрений. Так, в частности, оптимальная кислотность почвы зафиксирована только в базисном лесном питомнике ГКУ СО «Сухоложское лесничество». В остальных питомниках почвы характеризуются повышенной кислотностью, что не может не сказаться на выходе стандартного посадочного материала.

Таблица 1
Table 1

Содержание макроэлементов в почвах лесных питомников
Средне-Уральского таежного лесного района
The content of trace elements in the soils of forest nurseries
Middle Ural Taiga forest region

Лесной питомник Forest nursery	Кислотность, pH Acidity, pH	Органическое вещество, % Organic matter, %	Масса общего азота, мг/кг Total nitrogen mass, mg/kg	Масса подвижных соединений фосфора, мг/кг Mass of mobile phosphorus compounds, mg/kg	Масса подвижных соединений калия, мг/кг Mass of mobile potassium compounds, mg/kg
Выращивание сеянцев сосны обыкновенной Cultivation of seedlings of Scots pine					
ГКУ СО «Сухоложское лесничество» GKU SO "Sukholozhskoye forestry"	5,5	1,41	4,8	116,6	83
№ 2 ГКУ СО «Березовское лесничество» № 2 GKU SB "Berezovskoe forestry"	4,8	4,62	17,8	178,7	83
ООО «Калина Парк» Kalina Park LLC	4,4	43,9	53,9	20,74	95
Выращивание сеянцев ели европейской Growing seedlings of European spruce					
№ 1 ГКУ СО «Березовское лесничество» № 1 GKU SB "Berezovskoe forestry"	3,9	2,27	6,7	25,1	78

Содержание гумуса достигает рекомендуемых величин в питомнике № 2 ГКУ СО «Березовское лесничество» и питомнике ООО «Калина Парк». Высокая доля общего азота в лесном питомнике ООО «Калина Парк» объясняется внесением значительных доз торфа. Однако, как следует из материалов табл. 1, внесение торфа не решило задачу обеспечения выращиваемых сеянцев другими макроэлементами. Так, содержание общего азота в почвах всех четырех лесных питомников оказалось значительно ниже рекомендуемого. В частности, даже в питомнике ООО «Калина Парк», где был внесен торф, содержание общего азота оказалось в 1,5 раза ниже нижнего предела, рекомендуемого для выращивания сеянцев хвойных пород. Особенно плохая ситуация с обеспеченностью общим азотом сложилась в базовом питомнике ГКУ «Сухоложское лесничество». В почвах указанного питомника содержание общего азота не превышает 4,8 мг/кг, в то время как согласно рекомендациям его должно быть не менее

80–100 мг/кг, т.е. в 16,7–20,8 раза больше. Если учесть, что азот по праву считается основным макроэлементом при выращивании посадочного материала древесных растений, то становится понятной необходимость принятия срочных мер по повышению в почве общего азота.

Важным макроэлементом для выращивания посадочного материала является подвижный фосфор. Однако в рекомендуемых объемах (150–200 мг/кг) он зафиксирован лишь в питомнике № 2 ГКУ СО «Березовское лесничество». Во всех остальных лесных питомниках сеянцы будут испытывать дефицит фосфора, что не может не сказаться на выходе стандартного посадочного материала. Так, в лесном питомнике ООО «Калина Парк» содержание подвижного фосфора в 7,3–9,6 раза ниже рекомендуемого (Наставление..., 1991).

Все лесные питомники испытывают в своих почвах недостаток подвижного калия. Содержание данного макроэлемента близко во всех

обследованных лесных питомниках и более чем в 2 раза ниже рекомендуемой нормы.

Помимо макроэлементов, сеянцы нуждаются в микроэлементах. Содержание основных из них в почвах обследованных лесных питомников приведено в табл. 2.

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что данные о содержании микроэлементов существенно варьируются в разрезе лесных питомников и на абсолютном большинстве из них необходимо внесение микроэлементов.

В районе нахождения лесных питомников расположены птицефабрики. Так, только в Свердловской области функционирует 13 птицефабрик, которые производят ежегодно 500 тыс. т куриного помета, из которого 70 % приходится на бесподстилочный (Государственный доклад..., 2022). Указанный помет имеет следующие показатели: влажность – 75–80 %, pH – 4,6, содержание общего азота – 5,3–5,8 % (на сухое вещество), содержание общего фосфора – 2,3 %, содержание калия – 21 % и органического вещества – 80 %. Указанный помет не содержит радиоактивных элементов и тяжелых металлов, а также чист в ветеринарном отношении.

Исследования, выполненные сотрудниками Уральского государственного лесотехнического университета (Получение..., 2024), показали, что

бесподстилочный куриный помет может стать базовой основой для производства органоминеральных удобрений, которые представляют собой смесь органического субстрата и минеральных добавок.

Поскольку в курином помете недостаток макроэлементов, для увеличения их доли в состав органоминерального удобрения добавляется зола из золоотвалов Рефтинской ГРЭС, работающей на высокозольном каменном угле Экибастузского месторождения.

Для производства органоминеральных удобрений из бесподстилочного куриного помета, золы и древесных отходов (щепа, опилки) методом усовершенствованной твердофазной аэробной ферментации создано необходимое оборудование, что в сочетании с огромными объемами отходов, используемыми для производства удобрений, позволяет надеяться на организацию их получения в необходимых объемах. Производимые удобрения будут содержать все необходимые макро- и микроэлементы в доступной для растений форме.

Особо следует отметить, что смешивание куриного помета с золой и отходами древесины обогащает смесь микроэлементами. Последнее положительно сказывается на процессах ферментации, а затем проявляется в увеличении выхода стандартного посадочного материала.

Таблица 2
Table 2

Содержание микроэлементов в почвах лесных питомников, мг/кг
The content of trace elements in the soils of forest nurseries, mg/kg

Лесной питомник Forest nursery	Содержание Content					
	Меди (Cu)	Цинка (Zn)	Марганца (Mn)	Брома (B)	Железа (Fe)	Молибдена (Mo)
Выращивание сеянцев сосны обыкновенной Cultivation of seedlings of Scots pine						
ГКУ СО «Сухоложское лесничество» GKU SO "Sukholozhskoye forestry"	2,35	1,7	45,65	0,42	87,11	0,35
№ 2 ГКУ СО «Березовское лесничество» № 2 GKU SB "Berezovskoe forestry"	10,42	2,49	80,38	0,65	222,92	0,21
ООО «Калина Парк» Kalina Park LLC	4,57	1,74	58,65	1,58	561,0	0,41
Выращивание сеянцев ели европейской Growing seedlings of European spruce						
№ 1 ГКУ СО «Березовское лесничество» № 1 GKU SB "Berezovskoe forestry"	11,47	1,85	61,27	0,46	165,81	0,29

Важность полученных данных для экологии и лесовосстановления вызывает необходимость продолжения исследований по подбору оптимальных схем смешения ингредиентов, установлению видов и доз внесения органоминеральных удобрений в лесных питомниках.

Выводы

1. Выращивание посадочного материала в лесных питомниках связано с выносом значительного количества важных для роста растений химических элементов.

2. Потенциальное плодородие лесных питомников в Средне-Уральском таежном лесном районе значительно ниже нормативных значений по содержанию макро- и микроэлементов.

3. В целях компенсации утрачиваемого плодородия необходимо внесение органических и минеральных удобрений. Однако их высокая стоимость негативно сказывается на себестоимости конечной продукции, что обуславливает снижение конкурентоспособности посадочного материала.

4. Одним из направлений повышения продуктивности почв лесных питомников и увеличения выхода стандартного посадочного материала является внесение органоминеральных удобрений.

5. Учитывая важную роль повышения плодородия почв лесных питомников, исследования в данном направлении следует продолжать.

Список источников

- Влияние внесения нетрадиционных удобрений на рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / С. В. Залесов, А. Г. Магасумова, Е. П. Платонов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <https://www.science-education.ru/120-14823> (дата обращения: 01.03.2025).
- Влияние способа полива на рост и фитомассу сеянцев лиственницы Сукачева (*Larix Sukaczewii* Dyl.) / А. С. Оплеаев, С. В. Залесов, К. А. Башегуров [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. Ч. 1. № 11 (113). С. 160–165. DOI: 10.23670/IRL.2021.113.11.030
- Государственный доклад «О состоянии окружающей среды на территории Свердловской области в 2021 году» / Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области, 2022. URL: <https://old-mprso.midural.ru/uploads/2022/10> (дата обращения: 01.03.2025).
- Залесов С. В., Лобанов А. Н., Луганский Н. А. Рост и продуктивность сосняков искусственного и естественного происхождения. Екатеринбург : УГЛТУ, 2002. 112 с.
- Залесов С. В., Магасумова А. Г., Фролова Е. А. Эффективность внесения нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Аграрный вестник Урала. 2015. № 2 (132). С. 45–48.
- Кан В. М., Залесов С. В., Рахимжанов А. Н. Мелиоративные приемы борьбы с коркообразованием на лесном питомнике «Аккайын» в Республике Казахстан // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/121-17592> (дата обращения: 01.03.2025).
- Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области : практическое руководство. Свердловск : УНЦ АН СССР. 1974. 177 с.
- Наставление по системам применения удобрений в лесном хозяйстве на европейской территории СССР : утв. Государственным комитетом СССР по лесу от 25 сентября 1991 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9014009> (дата обращения: 01.03.2025).
- Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации : утв. приказом Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367 (с последующими уточнениями). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (дата обращения: 01.03.2025).
- Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной

форме проекта лесовосстановления : утв. приказом Минприроды России от 29.12.2021 г. № 1024. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110> (дата обращения: 01.03.2025).

Оплеаев А. С., Залесов С. В., Жигулин Е. В. Состояние лесных питомников на территории Свердловской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 3 (93). Ч. 1. С. 77–84. DOI: 10.23670/IRL.2020.93.3.011

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.

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/SLFS.2023.03.02

Получение органического удобрения для лесного хозяйства / Л. А. Старыгин, Б. Н. Дрикер, Ю. А. Горбатенко [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 181–192. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.019

Рекомендации по лесовосстановлению и лесоразведению на Урале / В. Н. Данилик, Р. П. Исаева, Г. Г. Терехов [и др.]. Екатеринбург : УГЛТА, 2001. 117 с.

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.

Формирование искусственных насаждений на золоотвале Рефтинской ГРЭС / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. А. Зверев [и др.] // ИВУЗ. Лесной журнал. 2013. № 2. С. 66–73.

Фрейберг И. А., Залесов С. В., Толкач О. В. Опыт создания искусственных насаждений в лесостепи Зауралья. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2012. 121 с.

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. 2023. P. 42–50: 1–9. 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. 2023. P. 42–50: 1–9. DOI: 10.5152/forestist.2022.22019

Formation of artificial plantings at the ash dump of Reftinskaya GRES / S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. A. Zverev [et al.] // IVZ. Lesnoy zhurnal. 2013. № 2. P. 66–73. (In Russ.)

Freiberg I. A., Zalesov S. V., Tolkach O. V. The experience of creating artificial plantations in the forest-steppe of the Trans-Urals. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2012. 121 p.

Kan V. M., Zalesov S. V., Rakhimzhanov A. N. Meliorative methods of combating crust formation at the Ak Kayyn forest nursery in the Republic of Kazakhstan // Modern problems of science and education. 2015. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/121-17592> (accessed 01.03.2025).

Kolesnikov B. P., Zubareva R. S., Smolonogov E. P. Forest conditions and types of forests in the Sverdlovsk region. Practical guidance. Sverdlovsk : UNC of the USSR Academy of Sciences, 1974. 177 p.

Manual on fertilizer application systems in forestry in the European territory of the USSR: Approved by the USSR State Committee on Forests on September 25, 1991. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9014009> (accessed 01.03.2025).

Obtaining organic fertilizers for forestry / L. A. Starygin, B. N. Driker, Yu. A. Gorbatenko [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 1 (88). P. 181–192. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.019 (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. Decree of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 18.08.2014 № 367 (with subsequent clarifications). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (accessed 01.03.2025).
- On Approval of the Rules of Reforestation, Form, Composition, Procedure for Approving the Reforestation Project, Grounds for Refusal to Approve it, as well as requirements for the format in electronic form of the reforestation project : Approved by the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation. By Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 29 December 2021, № 1024. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110> (accessed 01.03.2025).
- Opletaev A. S., Zalesov S. V., Zhigulin E. V.* The state of forest reserves in the Sverdlovsk region // International Scientific Research Journal. 2020. № 3 (93). Part 1. P. 77–84. DOI: 10.23670/IRL.2020.93.3.011 (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/SLFS.2023.03.02 (In Russ.)
- Recommendations on reforestation and afforestation on Ural Region / *V. N. Danilik, R. P. Isaeva, G. G. Terekhov* [et al.]. Yekaterinburg : UGLTA Publ., 2001. 117 p.
- 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. (In Russ.)
- The effect of applying non-traditional fertilizers on the growth of seedlings of common pine (*Pinus sylvestris* L.) / *S. V. Zalesov, A. G. Magasumova, E. P. Platonov* [et al.] // Modern problems of science and education. 2014. № 6. URL: <https://www.science-education.ru/120-14823> (accessed 01.03.2025).
- The experience of creating forest crops on salt flats 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.)
- The influence of the irrigation method on the growth and phytomass of Sukachev's larch seedlings (*Larix Cekaczewii* Dyl.) / *A. S. Opletaev, S. V. Zalesov, K. A. Bashegurov* [et al.] // International Scientific Research Journal. 2021. Part 1. № 11 (113). P. 160–165. DOI: 10.23670/IRL.2021.113.11.030 (In Russ.)
- The State report “On the state of the environment in the territory of the Sverdlovsk region in 2021”. Yekaterinburg: Ministry of Natural Resources and Ecology of the Sverdlovsk Region, 2022. URL: <https://old-mprso.midural.ru/uploads/2022/10> (accessed 01.03.2025).
- 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
- Zalesov S. V., Lobanov A. N., Lugansky N. A.* Growth and productivity of pine forests of artificial and natural origin. Yekaterinburg : UGLTU, 2002. 112 p.
- Zalesov S. V., Magasumova A. G., Frolova E. A.* The effectiveness of using unconventional fertilizers when growing planting material of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. № 2 (132). P. 45–48. (In Russ.)

Информация об авторах

Л. А. Старыгин – соискатель.

Information about the authors

L. A. Starygin – the applicant.

Статья поступила в редакцию 05.03.2025; принята к публикации 15.03.2025.

The article was submitted 05.03.2025; accepted for publication 15.03.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 96–103.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 96–103.

Научная статья

УДК 674.07

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.011

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ, ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТА ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

Мендерес Коюнчу¹, Гексел Улай², Умит Аята³

¹ Университет Ван Юзунсуил, Профессиональное училище Ван, Ван, Турция

² Университет Кириккале, Кириккальский профессиональный колледж, Кириккале, Турция

³ Байбуртский Университет, Байбурт, Турция

¹ menderes@yu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-4900-9327>

² gokselulay@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4080-8816>

³ umitayata@yandex.com, <http://orcid.org/0000-0002-6787-7822>

Аннотация. Красители, полученные из растений, используются в различных промышленных областях, таких как текстильная, кожевенная, пищевая промышленность, косметика и деревообработка. Это исследование фокусируется на использовании растворов, полученных из таких материалов, как корица, кукуруза, чернокочанная капуста, кукурузный краситель и куркума, для изменения цвета древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Поверхности, обработанные растворами, были сравнены с необработанными поверхностями. Согласно результатам анализа дисперсии для всех полученных цветовых параметров показали статистически значимые различия. Значения ΔE^* составили 63,52 для корицы, 31,95 для кукурузы, 72,80 для чернокочанной капусты, 67,79 для кукурузного красителя и 50,91 для куркумы. Было отмечено уменьшение всех значений L^* , в то время как значения b^* и C^* увеличились. Было установлено, что растительные красители, использованные в исследовании, оказывают влияние на изменение цвета поверхности древесных материалов.

Ключевые слова: древесина, цвет, корица, кукуруза, чернокочанная капуста, кукурузный краситель, куркума

Для цитирования: Коюнчу М., Улай Г., Аята У. Использование красителей, полученных из некоторых растений, для изменения цвета древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 96–103.

Original article

USE OF DYES OBTAINED FROM SOME PLANTS IN SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) WOOD FOR COLOR CHANGING PURPOSES

Menderes Koyuncu¹, Gyoksel Ulay², Umit Ayata³

¹ Van Yuzuncuyil University, Van Vocational School, Van, Turkey

² Van Yuzuncu Yil University, Van Vocational School, Van, Turkey

³ Bayburt University, Bayburt, Turkey

¹ menderes@yyu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-4900-9327>

² gokselulay@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4080-8816>

³ umitayata@yandex.com, <http://orcid.org/0000-0002-6787-7822>

Abstract. Dyes obtained from plants are used in various industrial fields such as textiles, leather, food, cosmetics, and woodworking. This research focuses on the use of solutions obtained from materials such as cinnamon, corn, black cabbage, corn dye, and turmeric for color modification of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. Surfaces treated with the solutions were compared with untreated surfaces. According to the results, dispersion analyses for all color parameters obtained were found to be statistically significant. The ΔE^* values obtained were 63,52 for cinnamon, 31,95 for corn, 72,80 for black cabbage, 67,79 for corn dye, and 50,91 for turmeric. A decrease was observed in all L^* values, while increases were noted in all b^* and C^* values. It was observed that the plant-based dyes used in the research had a color-changing effect on the surface of wood materials.

Keywords: wood, color, cinnamon, corn, black cabbage, corn dye, turmeric

For citation: Koyuncu M., Ulay G., Ayata U. Use of dyes obtained from some plants in scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood for color changing purposes // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 96–103.

Introduction

There is a vast range of natural wood colors due to the potential variations in wood color both between and within tree species. Nevertheless, the variety of natural and commercially available colors does not always align with customer demands (Application of natural..., 2009).

One useful characteristic for identifying tree species is their color. The color of some trees may fade under the influence of sunlight, while others may darken to some extent over time. However, each tree has its unique color. For example, walnut is brown, oak is dirty yellow, beech is pink, elm is reddish-brown, and ash is white (Shanyva, Zorlu, 1980).

Wood's natural appearance flaws, like uneven color variations and dull tones, can be remedied through treatments such as bleaching, staining, and surface finishing, which improve its overall aesthetic and decorative appeal. Additionally, the appearance of

lower-grade wood can be enhanced by mimicking the color of more prized tree species (Hu et al., 2020).

Whether natural or dyed, items made from unvarnished wood materials have low resistance to external influences. This is because wood dyes used on wooden surfaces do not form a protective layer; they only alter the color and tone (Sonmez, 2005; Yalynkylych and Syonmez, 2009).

A broad spectrum of natural dyes and stains, providing colors like yellow, brown, blue, red, black, and their blends, has traditionally been obtained from plants. These dyes are extracted from almost all parts of plants, including bark, roots, wood, leaves, fruits, seeds, and flowers (Siva, 2007).

In addition to providing essential resources such as fiber, food, shelter, and fuel, plants are also valuable sources of natural dyes. These colors are produced by the interaction of various organic and inorganic compounds within the plants, which absorb light in

the visible spectrum ranging from 400 to 800 nm (Aggarwal, 2021).

This research investigates the application of solutions derived from materials like black cabbage, cinnamon, maize dye, corn, and turmeric to alter the color of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood.

Materials and Methods

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood was chosen as the subject of this study. Test specimens were prepared in dimensions of 100 mm × 100 mm × 15 mm. Subsequently, the samples were conditioned under environmental conditions of 20 ± 2 °C and 65 % relative humidity, in accordance with ISO 554 (1976).

This study used the solid-liquid extraction method, and due to the evaporation of the solvent in the extraction process, the temperature was not increased above the boiling point of the solvent. About 1 g of dried plants (*Rubia tinctorum* L, barassica var. Acephala, zea mays, curcuma longa and cinnamomum) were weighed respectively, taken in the 250 ml beaker, and dissolved in 100 ml of solvent (H₂O). After heating the beaker at 70–80 °C for 1h, the extract was filtered, and stored and stored in liquid form after cooling at room temperature, and used for dyeing

Wood materials were dyed with natural dyes at a material-to-liquor ration of 1:100. The dye bath temperature was kept at 55–60 °C for 1h. The pH of the dye bath was set at different specified levels ranging from 4–8. Potassium aluminium sulphate (KAl(SO₄)₂ 12H₂O), copper sulphate (CuSO₄ 5 H₂O) Acetic acid and sodium carbonate were employed

for adjustment of pH at such specified levels. Finally, dyed materials were washed with cold water and dried in a shady, airy place.

Color changes were measured using the CS-10 (CHN Spec, China) device [CIE 10° standard observer; CIE D65 light source, illumination system: 8/d (8°/diffuse illumination)] (ASTM D 2244-3, 2007). The total color differences were determined using the formulas provided below.

The total color differences were calculated using the following formulas.

$$C^* = \left[(a^*)^2 + (b^*)^2 \right]^{0.5}, \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*), \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{sample with varnished}} - C^*_{\text{control}}), \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{sample with varnished}} - a^*_{\text{control}}), \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{sample with varnished}} - L^*_{\text{control}}), \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{sample with varnished}} - b^*_{\text{control}}), \quad (6)$$

$$\Delta H^* = \left[(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2 \right]^{0.5}, \quad (7)$$

$$\Delta E^* = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{0.5}. \quad (8)$$

Table 1 contains the definitions of the other parameters, while Table 2 (Lange, 1999) presents the color change range according to Jirouz and Ljuljka (1999).

Ten measurements were taken per test. Standard deviations, maximum and minimum values, mean values, homogeneity groups, variance analyses, and percentage (%) change rates have been calculated using a statistical program.

Table 1

Descriptions for Δa^* , ΔL^* , Δb^* and ΔC^* (Lange, 1999)

Parameter	In negative case	In positive case
ΔL^*	Darker than reference	Lighter than reference
Δb^*	Bluer than reference	More yellow than reference
ΔC^*	Matte, more blurred than reference	Clearer, brighter than reference
Δa^*	Greener than reference	Redder than reference

Table 2

Color change range according to Jirouš and Ljuljka (1999)

ΔE^* Range	Color Change Estimation	ΔE^* Range	Color Change Estimation
< 0,20	Unnoticeable	3,00–6,00	Very noticeable
0,20–0,50	Very slight	6,00–12,00	Intense
0,50–1,50	Light	> 12,00	Very intense
1,50–3,00	Noticeable		

Results and Discussion

The analysis of variance results for all color parameters are presented in Table 3. The plant material type was found to be statistically significant for all color parameters (Table 3).

Table 3

Analysis of variance results for color parameters

Test	Source of Variance	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F Value	$\alpha \leq 0,05$
L^*	Herbal Ingredient Type	26389,441	5	5277,888	2164,472	0,000*
	Error	131,675	54	2,438	–	–
	Total	142182,692	60	–	–	–
	Corrected Total	26521,116	59	–	–	–
a^*	Herbal Ingredient Type	30370,254	5	6074,051	360,272	0,000*
	Error	910,420	54	16,860	–	–
	Total	38801,699	60	–	–	–
	Corrected Total	31280,674	59	–	–	–
b^*	Herbal Ingredient Type	17170,190	5	3434,038	242,720	0,000*
	Error	764,001	54	14,148	–	–
	Total	171441,456	60	–	–	–
	Corrected Total	17934,191	59	–	–	–
C^*	Herbal Ingredient Type	21145,170	5	4229,034	168,362	0,000*
	Error	1356,407	54	25,119	–	–
	Total	214918,991	60	–	–	–
	Corrected Total	22501,577	59	–	–	–
h°	Herbal Ingredient Type	27266,543	5	5453,309	618,986	0,000*
	Error	475,744	54	8,810	–	–
	Total	385891,833	60	–	–	–
	Corrected Total	27742,287	59	–	–	–

In a study conducted to change colors using different plant-based materials, the results of the measured color parameters are presented in Table 4. According to these results, decreases were observed

in all L^* values (63,59 % for maize dye, 57,72 % for cinnamon, 40,35 % for corn, 79,74 % for black cabbage, and 20,65 % for turmeric).

Table 4

Measurement results of color parameters

Test	Herbal Ingredient Type	Mean	Change (%)	Homogeneity Group	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Coefficient of Variation
L^*	Control	77,95	–	A*	1,09	76,29	79,90	1,39
	Cinnamon	32,96	↓57,72	D	1,39	30,52	34,27	4,21
	Corn	46,50	↓40,35	C	0,40	45,94	47,02	0,87
	Black Cabbage	15,79	↓79,74	F**	1,85	13,52	19,39	11,72
	Maize Dye	28,38	↓63,59	E	1,00	25,88	29,12	3,52
	Turmeric	61,85	↓20,65	B	2,63	57,14	64,66	4,26
a^*	Control	9,88	–	C	0,34	9,57	10,77	3,47
	Cinnamon	48,96	↑395,55	A*	4,47	41,09	54,95	9,12
	Corn	12,48	↑26,32	C	0,16	12,28	12,78	1,30
	Black Cabbage	–19,42	↓296,56	E**	4,11	–23,62	–12,00	–21,17
	Maize Dye	–10,32	↓204,45	D	5,96	–25,64	–3,90	–57,77
	Turmeric	25,59	↑159,01	B	5,35	20,46	36,17	20,91
b^*	Control	27,55	–	E**	0,91	26,92	29,97	3,30
	Cinnamon	49,52	↑79,75	C	3,64	45,72	57,16	7,35
	Corn	32,48	↑17,89	D	0,14	32,31	32,79	0,43
	Black Cabbage	51,56	↑87,15	C	5,76	41,59	57,93	11,17
	Maize Dye	69,15	↑151,00	B	5,92	62,80	84,27	8,56
	Turmeric	73,22	↑165,77	A*	1,60	71,50	76,90	2,19
C^*	Control	29,27	–	E**	0,97	28,59	31,85	3,31
	Cinnamon	69,78	↑138,40	B	3,33	65,26	73,37	4,77
	Corn	34,80	↑18,89	D	0,13	34,61	35,06	0,38
	Black Cabbage	55,16	↑88,45	C	6,58	44,23	62,53	11,93
	Maize Dye	73,06	↑149,61	B	9,53	66,04	92,92	13,05
	Turmeric	77,71	↑165,49	A*	2,11	75,24	80,56	2,71
h°	Control	70,27	–	C	0,13	70,13	70,59	0,19
	Cinnamon	45,36	↓35,45	D**	3,85	41,42	52,53	8,50
	Corn	68,48	↓2,55	C	1,65	63,86	69,29	2,40
	Black Cabbage	110,48	↑57,22	A*	2,80	105,12	113,68	2,54
	Maize Dye	98,18	↑39,72	B	3,61	93,56	106,92	3,67
	Turmeric	70,80	↑0,75	C	3,80	63,17	74,24	5,36

Number of Measurements: 10, *: Highest result, **: Lowest result.

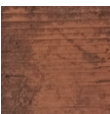
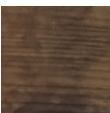
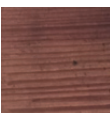
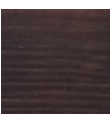
All b^* values showed increases (17,89 % for corn, 79,75 % for cinnamon, 87,15 % for black cabbage, 151,00 % for maize dye, and 165,77 % for turmeric). Increases were observed in all C^* values (138,40 % for cinnamon, 18,89 % for corn, 149,61 % for maize dye, 88,45 % for black cabbage, and 165,49 % for turmeric). The highest result for the L^* value was found in the control sample (77,95), while the lowest results for the b^* and C^* values were observed in the control group (27,55 and 29,27, respectively). For the h parameter, a decrease of 2,55 % was observed with the corn solution, and a decrease of 35,45 % was noted for cinnamon. On the other hand, increases of 57,22 % for black cabbage, 39,72 % for maize dye, and 0,75 %

for turmeric were observed. In the a^* parameters, an increase of 159,01 % for turmeric, 395,55 % for cinnamon, and 26,32 % for corn was observed, while a decrease of 296,56 % for black cabbage and 204,45 % for maize dye was found (Table 4).

The results of the total color differences are presented in Table 5. The ΔE^* values recorded were 63,52 for cinnamon, 31,95 for corn, 72,80 for black cabbage, 67,79 for maize dye, and 50,91 for turmeric, indicating the extent of color change for each herbal ingredient. The ΔH^* parameter was determined as 19,21 for cinnamon, 27,67 for black cabbage, 0,74 for corn, and 14,87 for maize dye (Table 5).

Table 5

Results of the total color differences

Herbal Ingredient Type	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*
Cinnamon	-44,99	39,08	21,97	40,51	19,21
Corn	-31,46	2,60	4,93	5,53	0,74
Black Cabbage	-62,16	-29,30	24,01	25,88	27,67
Maize Dye	-49,57	-20,20	41,59	43,78	14,87
Turmeric	-16,11	15,70	45,67	48,44	—
Herbal Ingredient Type		ΔE^*	Color Change (Jirouš and Ljuljka 1999)		
Control		0	—		
Cinnamon		63,52	Very intense (> 12,00)		
Corn		31,95	Very intense (> 12,00)		
Black Cabbage		72,80	Very intense (> 12,00)		
Maize Dye		67,79	Very intense (> 12,00)		
Turmeric		50,91	Very intense (> 12,00)		

All ΔL^* values were determined to be negative (darker than the reference). The Δa^* values were negative (more green than the reference) for the Black cabbage and maize dye products, while they were positive (more red than the reference) for the cinnamon, corn, and turmeric products. The Δb^* and ΔC^* values were found to be positive (respectively, more yellow than the reference and clearer, brighter than the reference). It was determined that all plant-based products fell into the “very intense ($>12,00$)” category according to the color criteria (Jirouš and Ljuljka, 1999) (Table 5).

In a study conducted by Atilgan (2009), experimental samples from Scots pine, oriental beech, and pedunculate oak were used. Dye extracts [pine, acorn, Anatolian chestnut, and yellow dock] were applied to these wood samples. To ensure the adhesion of these extracts to the wood surface and to fix the color of the dye, mordants such as iron sulfate, aluminum sulfate, and vinegar were used. Following this, color

measurements were taken, and surfaces of different colors were obtained, as reported in the study.

Conclusions

The plant-based ingredients used have significantly altered the color parameters of the wood. Cinnamon, maize dye, and turmeric caused substantial changes in the color parameters, while black cabbage and corn resulted in contrasting effects on certain color parameters. Each herbal ingredient induced unique color changes, influencing the wood's color in different ways and allowing for a wide range of decorative and aesthetic outcomes.

In the subsequent stages of this study, it is recommended to investigate the effects of variables such as application times, temperature, and concentration of plant-based ingredients on wood in more detail. Additionally, examining the impact of these plant dyes on the durability of wood and the long-term color changes would also be beneficial.

References

- Aggarwal S. Indian dye yielding plants : Efforts and opportunities // In Natural Resources Forum. 2021. № 45 (1). P. 63–86. Oxford, UK : Blackwell Publishing Ltd. DOI: 10.1111/1477-8947.12214
- Application of natural dyes in the coloration of wood : Handbook of natural colorants // M. Weigl, A. Kandelbauer, C. Hansmann [et al.]. Wiley, New York, 2009. P. 277–313.
- ASTM D 2244-3. Standard practice for calculation of color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates / ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007. [Site]. URL : <https://www.astm.org> (accessed 10.03.2024).
- Atilgan A. Determination of the color stability of wood stains that from plant extracts under accelerated weathering exposure / Department of Furniture and Decoration Education, Master Thesis, Dumlupınar University, Dumlupınar, Turkey, 2009. [Site]. URL: <https://www.researchgate.net> (accessed 10.03.2024).
- Hu J., Liu Y., Wu Z. Structural color for wood coloring : A review // BioResources. 2020. № 15 (4). P. 9917–9934. DOI: 10.15376/biores.15.4.Hu
- ISO 554. Standard atmospheres for conditioning and/or testing / International Standardization Organization, Geneva, Switzerland, 1976. [Site]. URL: <https://www.iso.org/> (accessed 10.03.2024).
- Jirouš R. V., Ljuljka B. Boja drva i njezine promjene prilikom izlaganja atmosferskim utjecajima // Drvna Industrija. 1999. № 50 (1). P. 31–39.
- Lange D. R. Fundamentals of Colourimetry // Application Report № 10e. DR Lange : New York, NY, USA, 1999. [Site]. URL: <https://ofd.artvin.edu.tr/> (accessed 10.03.2024).
- Shanyvar N., Zorlu I. Basic Textbook of Woodworking Equipment Knowledge, Vocational And Technical Teaching Books, Publications of the National Education Printing House, Istanbul, Department of Research and Programming, 1980. 472 p.
- Siva R. Status of natural dyes and dye-yielding plants in India // Current science. 2007. № 92 (7). P. 916–925.

- Sonmez A. Upper Surface Treatments in Woodworking-I Preparation and Coloring (Corrected and Expanded II. Cem Web Ofset (Printing), Ankara 2005. [Site]. URL: <https://avesis.gazi.edu.tr/> (accessed 10.03.2024).
- Yalynkylych A. J., Syonmez A. The effect of coloring for brown tone with the reaction of waterbased varnishes and waterborne coatings on wood materials // Journal of Polytechnic. 2009. № 12 (2). P. 121–126.

Информация об авторах

- М. Коюнчу – доктор Ph. D (химия), доцент;
- Г. Улай – заведующий кафедрой материалов и технологии их обработки, доктор рНД (деревообработка), доцент;
- У. Аята – руководитель межвузовского совета, доцент, доктор Ph. D (обработка древесины).

Information about the authors

- M. Koyuncu – Ph. D (Chemistry), Van Vocational College, Associate Professor;
- G. Ulay – Head of Material and Material Processing Technology, Ph. D (Wood processing), Associate Professor;
- U. Ayata – Head of Inter-University Council, Associate Prof, Dr. Ph. D (Wood processing).

Статья поступила в редакцию 26.01.2025; принята к публикации 24.02.2025.

The article was submitted 26.01.2025; accepted for publication 24.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 104–113.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 104–113.

Научная статья

УДК 674.07

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.012

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ (ДВП) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДРЕВЕСИНЫ ВОСТОЧНОГО БУКА (*FAGUS ORIENTALIS* LIPSKY)

Х. Пекер¹, О. Чамлибел², М. Э. Кара³, Г. Улай⁴, У. Аята⁵

¹ Университет Артвин Чорух, Артвин, Турция

^{2,3} Университет Кириккале, Кириккале, Турция

⁴ Университет Ван Юзюнкюзюль, Ван, Турция

⁴ Ванский профессиональный колледж, Ван, Турция

⁵ Байбуртский Университет, Байбурт, Турция

Автор, ответственный за переписку: Умит Аята,
umitayata@yandex.com

Аннотация. ДВП (плита средней плотности волокнистая) – это инженерный древесный материал, получаемый путем сочетания древесных волокон, смолы и других клеящих веществ, которые затем сжимаются под высоким давлением, чтобы сформировать плотную гладкую плиту. Он широко используется в производстве мебели, шкафов и интерьеров благодаря своей универсальности, гладкой поверхности и способности легко резаться и формоваться. Восточный бук – это прочная и эстетически привлекательная древесина, имеющая множество промышленных и коммерческих применений. Восточный бук занимает важное место во многих отраслях, особенно благодаря своей обрабатываемости, эстетическим качествам и долговечности. В этом исследовании были определены различные физические и механические свойства образцов плиты средней плотности (ДВП), произведенных из древесины восточного бука (*Fagus orientalis* Lipsky). Изученные свойства включают толщину, содержание влаги, плотность, увеличение толщины (24 ч), водопоглощение (24 ч), прочность на изгиб, модуль упругости, прочность на растяжение в перпендикулярном направлении, твердость поверхности и сопротивление выдергиванию шурупов. Результаты были сравнены с различными стандартными значениями и обсуждены.

Ключевые слова: среднеплотная древесноволокнистая плита, восточный бук, механические свойства, физические свойства

Благодарности: выражаем благодарность «Кастамону Энтеджри Аяк А.С.», его директору и менеджерам за поддержку.

Для цитирования: Исследование эффективности производства древесноволокнистых плит средней плотности (ДВП) с использованием древесины восточного бука (*Fagus orientalis* Lipsky) / Х. Пекер, О. Чамлибел, М. Э. Кара [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 104–113.

Original article

RESEARCH OF MEDIUM DENSITY FIBERBOARD (MDF) PRODUCTION PERFORMANCE USING ORIENTAL BEECH (*FAGUS ORIENTALIS* LIPSKY) WOOD

H. Peker¹, O. Chamlybel², M. E. Kara³, G. Ulay⁴, U. Ayata⁵

¹ Artvin Choruh University, Artvin, Turkey

^{2,3} Kyrykkale University, Kyrykkale, Turkey

⁴ Van Yuzuncu Yil University, Van, Turkey

⁴ Van Vocational School, Van, Turkey

⁵ Bayburt University, Bayburt, Turkey

Corresponding author: Umit Ayata,
umitayata@yandex.com

Abstract. MDF (medium density fiberboard) is an engineered wood product created by combining wood fibers, resin, and other adhesives, which are then compressed under high pressure to form a dense, smooth board. It is widely used in the production of furniture, cabinets, and interior design due to its versatility, smooth surface, and ability to be easily cut and shaped. Oriental beech is a durable and aesthetically pleasing wood with numerous industrial and commercial applications. Oriental beech holds an important place in many industries, especially due to its workability, aesthetic qualities, and durability. In this study, various physical and mechanical properties of medium density fiberboard (MDF) samples produced from Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) wood were determined. The properties examined include thickness, moisture content, density, thickness swelling (24 h), water uptake (24 h), bending strength, elastic modulus, surface perpendicular tensile strength, surface hardness, and screw withdrawal resistance. The results were compared with various standard values and discussed.

Keywords: medium density fiberboard, oriental beech, mechanical properties, physical properties

Acknowledgements: we would like to express our gratitude to Kastamonu Entegre Agach A. Sh., as well as the Factory Director and Managers of Kastamonu, for their invaluable support.

For citation: Research of medium density fiberboard (MDF) production performance using oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) wood / H. Peker, O. Chamlybel, M. E. Kara [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2(93). P. 104–113.

Introduction

Wood, due to its unique properties, has been used throughout history for construction, furniture, tools, and decorative items. Denser wood types are typically harder and stronger. The strength of wood varies depending on several factors, including the direction of the fibers. Wood is much stronger when cut along the grain than when cut across it (Mohammed et al., 2022; Majeed and Hussein, 2024).

The main properties of wood differ not only among various tree species but also within the same species. This results in difficulties in controlling wood properties during different processing stages.

Furthermore, there are variations in the properties of various wood-based composite materials such as OSB, MDF, WPC boards, plywood, and GLULAM (Properties of un-torrefied..., 2023).

Composite materials are widely used in industries like aerospace and automotive due to their light weight and high strength. However, traditional production methods often lead to the use of substandard structures that result in poor physical and mechanical properties. Medium-density fiberboard (MDF) is a natural wood composite panel made by using wood fibers or additional lignocellulosic fibers combined with binders under heat and pressure (Gul et al., 2017;

Gul, 2021). Fiberboard, which is a homogeneous panel made from lignocellulosic fibers bound together with synthetic resins or other appropriate binding systems under heat and pressure, is produced using defibrator segments (Feasibility of incorporating..., 2012; Luo et al., 2022).

MDF is primarily used in industrial applications such as building materials, furniture, acoustic panels, and high-density fiberboard (HDF) laminated flooring due to its good mechanical and economic properties. It is known for its high strength, ease of processing, and durability in different weather conditions (Suchsland and Woodson, 1986; Mechanical and water..., 2009). The industry has defined specific marketing terms based on the density of MDF: HDF (density ≥ 800 kg/m³), lightweight MDF (density ≤ 650 kg/m³), and ultra-lightweight MDF (density ≤ 550 kg/m³) (Halvarsson, 2010).

Urea-formaldehyde (UF) resins are typically used in the production of products where dimensional stability and surface smoothness are critical, such as particleboard and MDF. These resins can be formulated to cure anywhere from room temperature to 150 °C, and their curing times and temperatures can be adjusted accordingly. UF resins, often referred to as urea resins, are more economical than phenol-formaldehyde resins and are among the most commonly used adhesives for composite wood products. Due to their naturally light color, UF resins are particularly suitable for producing decorative products (Youngquist, 1999).

Previous studies have explored the production of MDF using different raw materials. Some examples of these studies include the following:

Roffael et al. (Medium density fibreboard..., 1992) reported that MDF boards made from 16-year-old poplar trees generally exhibited higher mechanical strength and lower thickness swelling compared to boards made from 5-year-old poplar of the same clone.

Yobp et al. (1993) conducted a study on the effects of steam pressure treatments at different levels of urea-formaldehyde resin on red maple wood chips.

Faraji (1998) used bagasse to produce MDF panels at various steam temperatures (170–180 °C) and times (5, 10 and 15 minutes). Zahedi (2000) examined MDF panels made from waste licorice roots, with varying steam and pressing times.

Chamlybel (2006) produced MDF panels using yellow pine, forest rose, and oak fibers in various proportions, concluding that forest rose could be used as a raw material for MDF production.

Yousefi (2009) investigated the suitability of canola straw for MDF production, evaluating variables such as steaming time, resin content, and pressing time. The results showed that MDFs made from canola straw were of acceptable quality compared to other non-wood plant materials.

Other studies have explored the use of walnut shells (Pirayesh et al., 2012), banana stalks and leaves (Physical and mechanical..., 2014), birch wood (Chamlybel, 2020), and ironwood (Chamlybel and Ajdyn, 2022) in MDF production. In particular, Moreno-Anguiano et al. (Use of *Agave durangensis*..., 2022) demonstrated the potential of using *Agave durangensis* Gentry in wood-based MDF panels up to 30 % in composition. Habibi (2007) experimented with producing MDF panels from reed, adjusting steaming temperatures and durations.

However, through a literature review, it was found that no MDF production has been conducted using Eastern Beech (*Fagus orientalis* Lipsky). This study, therefore, aims to explore the feasibility of producing medium-density fiberboard (MDF) from Eastern Beech wood and evaluate whether the resulting product meets the standard test criteria.

Materials and Methods

Raw Material: the beech wood (*Fagus orientalis* L.) used in this study was supplied from the Kastamonu Forestry Enterprise warehouses.

Adhesive: the urea formaldehyde resin used in this study was produced at the Kastamonu Integrated Adhesive Plant. The properties of the adhesive are as follows: pH: 7,0–8,6, viscosity (25 °C cps): 25–37 seconds, methylol groups: 12–15 %, urea-formaldehyde molar ratio (U:F): 1,04, density (20 °C): 1,227 g/cm³, solid content: 64 ± 1 %, gel time (100 °C) (20 % (NH₄)₂SO₄): 40–70 seconds, shelf life: 70 days, and maximum free formaldehyde: 0,20 %.

Hardener: this material was obtained from a special company in the Gebze region. Ammonium sulfate ((NH₄)₂SO₄) was used as a catalyst during the production of urea formaldehyde resin under heat.

The properties of the 20 % ammonium sulfate solution are as follows: density: 0,99 g/cm³ and pH: 6,6.

Paraffin: the dirty white liquid paraffin (with properties: solid content: 60 %, pH: 9–11, and density: 0,98 g/cm³) was supplied by Mercan Kimya A. Ş. from Denizli Province.

The production parameters for the MDF panels used in this study are shown in Table 1.

In this study, 100 % beech wood chips were fed into the production process through the chip silo discharge screw. The chips were screened in the Dyne screen mechanical sieving system to sort them into standard sizes according to production requirements.

The pre-steaming process for the chips was carried out by applying steam at 145 °C and 2,8 bar pressure in the pre-cooking silo. After steaming, the chips were transferred to the Asplund defibrator system via a screw. In the Asplund defibrator, the cooking process was carried out at 188 °C and 8,0 bar steam pressure

for 3,2 minutes. Prior to defibration, liquid paraffin was applied to the steamed chips with the help of the discharge screw.

The fiber production took place in the defibrator segments. Urea formaldehyde resin and hardener were added to the fibers via the blow line system. The fibers were dried in a dryer to a moisture content of 12 %. The dried fibers were homogenized in bunkers and mixed using rakes. At the spreading station, the fibers were formed into mats.

Cold pressing was applied to the mats under a pressure of 120–150 kg/cm². The continuous hot pressing process for the mats was carried out under the following parameters: press temperature 220 °C, press time 165 seconds, press speed 330 mm/s, and press pressure 32 kp/cm² to produce MDF boards. The conditioning process for the boards was performed in a star cooler. Then, the produced boards were sized in a sizing unit to dimensions of 18×2120×8430 mm (table 2).

Table 1

Production Parameters for MDF Panels

Raw Material	Beech (<i>Fagus orientalis</i> L) (%)	100
Urea Formaldehyde mole ratio 1,04 (65 % solid)	Resin solids based on dry fiber (%)	15,78
Liquid paraffin (60 %)	Paraffin solids based on dry fiber (%)	0,62
Hardening solution (20 %)	Hardeners solids based on dry fiber (%)	0,5
Constant pressing pressure	kg/cm ²	32
Constant pressing temperature	°C	220
Constant pressing time	seconds	165
Constant pressing speed	mm/sec	330
Plate measurements	mm	18×2120×8430

Table 2

Important Information Regarding MDF Production

Production Parameters		Consumption Used in 1 m ³ MDF Board Production
Press model	Siempelkamp ContiRoll hot press 2008 model, Krefeld, Germany)	–
Resin solids to dry fiber	15,78 %	99 kg/m ³
Urea formaldehyde solids ratio	64±10 %	–
Paraffin solids ratio to dry fiber	0,62 %	4,34 kg/m ³
Hardener solids ratio to dry fiber	0,50 %	3,2 kg/m ³
Plate dimensions	18×2120×8430 mm	

The boards, which were produced over a period of 5 days, were conditioned in the stock area. Immediately after conditioning, both the upper and lower surfaces were sanded with different grit sandpapers (40, 80, 120 and 180 in sequence) to achieve boards with a thickness of 18 mm. The storage of the test boards was carried out using spacers on a smooth concrete surface without airflow. The produced MDF boards were conditioned according to the TS 642-ISO 554 (1997) standard to a moisture content of 12 % (at $20 \pm 2^\circ\text{C}$ and 65 ± 5 % relative humidity).

The applied test standards were as follows: TS EN 326-1 (1999) for the selection, cutting, inspection, and reporting of test results for board samples; TS EN 324-1 (1999) for the determination of board thickness measurement; TS EN 322 (1999) for the determination of moisture content; TS EN 317 (1999) for the determination of swelling in water for particleboards and fiberboards; TS EN 323 (1999) for the determination of density of wood-based particleboards and fiberboards; TS EN 325 (2012) for the determination of the dimensions of test pieces

for wood-based panels; TS EN 310 (1999) for the measurement of bending strength and modulus of elasticity of boards; TS EN 319 (1999) for the determination of perpendicular tensile strength of boards; TS EN 320 (2011) for the determination of screw withdrawal resistance from edges of boards; and ASTM D 1037-12 (2020) for the measurement of surface Janka hardness resistance of boards.

Results and Discussion

The determined moisture content, board thickness, thickness swelling (24 h), board density, and water absorption (24 h) results are presented in Table 3. According to these results, the physical properties of the boards were found to be: thickness of 17,79 mm, density value of $795,69 \text{ kg/m}^3$, moisture content of 4,99 %, thickness swelling (24 h) of 6,36 %, and water absorption (24 h) of 26,26 %. When comparing these results with the standard values, it is observed that the board thickness, density, and moisture content were determined to be above the desired values, thus meeting the standards (Table 3).

Table 3

Results of the determined moisture content, board thickness, thickness swelling, board density, and water absorption

Groups	Thickness	Moisture	Density	Swelling to Thickness (24 h)	Water Uptake (24 h)
Standard limit values for MDF	TS EN 324-1	TS EN 322	TS EN 323	TS EN 317	TS EN 317
Number of Samples	$18 \pm 0,2 \text{ mm}$	4–11 %	$650\text{--}800 \text{ kg/m}^3$	< 12 %	Maximum 40 %
1	17,74	5,23	786,93	6,31	26,82
2	17,78	5,05	801,38	6,36	24,94
3	17,82	5,07	807,33	6,23	23,90
4	17,81	5,03	791,22	6,18	23,91
5	17,80	4,80	800,52	6,13	25,34
6	17,74	4,94	788,88	6,87	31,57
7	17,74	5,03	791,78	6,22	26,70
8	17,85	5,03	796,23	6,67	27,41
9	17,84	4,80	784,44	6,51	25,79
10	17,82	4,94	808,15	6,35	26,24
Averages	17,79	4,99	795,69	6,38	26,26
Standard Deviation	0,04	0,13	8,38	0,23	2,21
Minimum Result	17,74	4,80	784,44	6,13	23,90
Maximum Result	17,85	5,23	808,15	6,87	31,57
Coefficient of Variation	0,24	2,63	1,05	3,66	8,41

The determined bending strength, modulus of elasticity, screw withdrawal resistance, surface perpendicular tensile strength, and surface hardness results are shown in Table 4.

According to the results in Table 4, the surface perpendicular tensile strength was found to be 1,75 N/mm², the modulus of elasticity was 3907,41 N/mm², the bending strength was 42,53 N/mm², the surface hardness was 2,82 N/mm², and the screw withdrawal resistance was 1660,40 N. Since all the mechanical measurement results were above the desired values, it has been observed that the standards are met.

Yobp et al. (1993) reported that the resin content of MDF panels produced using red maple had a significant effect on all panel properties. An increase in resin content from 6 % to 12 % led to a 174 % increase in internal bond strength, a 68 % increase in modulus of rupture, and a 40 % increase in the modulus of elasticity. Additionally, thickness swelling

and water absorption properties were reduced by 113 % and 60 %, respectively.

Faraji (1998) demonstrated that maximum bending properties and internal bond strength for MDF panels produced using bagasse were achieved at a vaporization temperature of 170 °C and a vaporization duration of 5 minutes. Moreover, it was noted that the swelling values of thickness in water decreased as the vaporization temperature and duration increased.

Yousefi (2009) reported that for MDF panels produced using canola straw, all the tested mechanical properties improved as the vaporization time increased. MDF dimensional stability was enhanced as the adhesive content increased, and IB values were positively affected as the pressing time increased.

Zahedi (2000) found that MDF panels produced from the waste of licorice roots, with a 20-minute vaporization time, 7-minute pressing time, and 10 % resin content, exhibited the highest strength properties.

Table 4

Results of the determined bending strength, modulus of elasticity, screw withdrawal resistance, surface perpendicular tensile strength, and surface hardness

Groups	Bending Strength	Elastic Modulus	Surface Perpendicular Tensile Strength	Surface Hardness	Screw Withdrawal Resistance
Standard limit values for MDF	TS EN 310	TS EN 310	TS EN 319	ASTM D 1037-12	TS EN 320
Number of Samples	> 20 N/mm ²	> 2200 N/mm ²	> 0.55 N/mm ²	> 1 N/mm ²	> 1000 N
1	41,44	3789,16	1,73	2,86	1672
2	42,01	3846,85	1,96	2,83	1734
3	43,21	3945,48	1,80	3,00	1843
4	41,52	3874,73	1,48	2,64	1577
5	40,34	3742,65	1,63	2,70	1502
6	40,90	3936,84	1,87	3,08	1681
7	43,28	3978,64	1,72	2,69	1531
8	44,66	3990,28	1,55	2,65	1760
9	43,28	3983,74	1,95	2,70	1537
10	44,66	3985,68	1,77	3,04	1767
Averages	42,53	3907,41	1,75	2,82	1660,40
Standard Deviation	1,51	89,49	0,16	0,17	117,67
Minimum Result	40,34	3742,65	1,48	2,64	1502,00
Maximum Result	44,66	3990,28	1,96	3,08	1843,00
Coefficient of Variation	3,56	2,29	9,24	6,00	7,09

In the study conducted by Chamlybel and Aydin (2022) using ironwood, the density value of the MDF panels was 0,694 g/cm³, the swelling values for thickness after 2 and 24 h were 2,53 % and 6,01 %, respectively, and the moisture content was 5,01 %.

Pirayesh et al. (2012) found that for MDF panels produced using 100 % walnut shell particles, the bending strength was 5,86 N/mm², the modulus of elasticity was 1152,33 N/mm², the surface perpendicular tensile strength was 0,24 N/mm², the water absorption value was 32,84 %, and the swelling in water was 10,15 %.

Rashid et al. (Physical and mechanical..., 2014) compared two types of MDF panels produced from banana stems and leaves with commercially available boards. The densities were found to be 0,78 g/cm³, 0,74 g/cm³, and 0,72 g/cm³, bending strengths were 50,91 N/mm², 45,30 N/mm², and 40,65 N/mm², and the modulus of elasticity values were 3939 N/mm², 3606 N/mm² and 3518 N/mm², respectively. Habibi (2007) reported that for MDF panels produced from

reed, increased vaporization time and temperature led to a decrease in bending strength, modulus of elasticity, and surface perpendicular tensile strength. Furthermore, the dimensional stability results of the MDF showed that after 2 and 24 h of immersion in water, the thickness swelling decreased with higher vaporization time and temperature.

Conclusions

As a result of the study, it was found that the physical and mechanical properties of MDF boards produced from Eastern beech (*Fagus orientalis* L.) with a density of 795,69 kg/m³ meet all the relevant standard criteria. According to the data in Table 2, the MDF board produced from beech wood has performed excellently. It is recommended to use 100 % beech wood in MDF production. These high-performance MDF products could be recommended as raw materials for the construction industry, the furniture sector, and other project-based products in special manufacturing.

References

- ASTM D1037-12, Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials American Society for Testing and Materials, Philadelphia Pa, 2020. URL: <https://www.astm.org> (accessed 10.01.2025).
- Chamlybel O. Birch (*Betula pendula* L.) production of medium density fiberboard (MDF) from wood biomass // Turkish Journal of Forestry. 2020. № 21(2). P. 174–178. DOI: 10.18182/tjf.731926. URL: <https://www.researchgate.net> (accessed 10.01.2025).
- Chamlybel O. From the rhododendron biomass (*Rhododendron Pontificum* L.) Research of MDF (medium density fiberboard) production possibilities, Abant Izzet Baysal University, Institute of Natural Sciences, Forest Industry Department, Master's Thesis, Düzce, 2006. URL: <https://www.researchgate.net> (accessed 10.01.2025).
- Chamlybel O., Aydin M. The iron tree (*Casuarina equisetifolia* L.) investigation of the physical and mechanical properties of medium density fiberboards (MDF) produced from wood // Turkish Journal of Agriculture and Natural Sciences. 2022. № 9(4). P. 892–899. DOI: 10.30910/turkjans.1098882
- Faraji H. Investigation on the medium density fiberboard properties made out of the Baggasse // Faculty of Nour natural resources : Thesis for M.S. degree, 1998. URL: <https://www.researchgate.net/> (accessed 10.01.2025).
- Feasibility of incorporating treated lignins in fiberboards made from agricultural waste / C. Mancera, C.N.E. El Mansouri, M. A. Pelach [et al.] // Waste Management. 2012. № 32(10). P. 1962–1967. DOI: 10.1016/j.wasman.2012.05.019
- Gul W., Khan A., Shakoar A. Impact of hot pressing temperature on medium density fiberboard (MDF) performance // Advances in Materials Science and Engineering. 2017(1). ID 4056360. URL: <https://www.researchgate.net> (accessed 10.01.2025). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.007

- Gul W.* Effect of the embedment of nano particles on the manufacturing process parameters and the mechanical properties of medium density fiberboard (MDF) : Doctoral dissertation, University of Engineering & Technology Peshawar (Pakistan). 2021. URL: <https://www.researchgate.net/> (accessed 10.01.2025).
- Habibi M. R.* Investigation on possibility of MDF production from reeds, a review of forests // Wood Products and Wood Biotechnology of Iran and Germany, 2007. URL: <https://www.researchgate.net> (accessed 10.01.2025).
- Halvarsson S.* Manufacture of straw MDF and fibreboards / Department of Natural Sciences, Engineering and Mathematics, Mid Sweden University : Doctoral dissertation, Kopieringen Mittuniversitetet, 2010. URL: <https://www.researchgate.net> (accessed 10.01.2025). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.007
- Luo P., Yang C., Wang T.* Making ultra-thin high density fiberboard using old corrugated container with kraft lignin // BioResources. 2022. № 17 (2). P. 2696–2704. DOI: 10.15376/biores.17.2.2696-2704
- Majeed M. K., Hussein S. I.* Adhesion, roughness, wettability, and dielectric strength of elastomers liquid bends for high-density fiberboard wood adhesive // Ibn Al-Haitham Journal For Pure and Applied Sciences. 2024. № 37 (1). P. 175–186. DOI: 10.30526/37.1.3346
- Mechanical and water soaking properties of medium density fiberboard with wood fiber and soybean protein adhesive / *X. Li, Y. Li, Z. Zhong* [et al.] // Bioresource Technology. 2009. № 100 (14). P. 3556–3562. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.02.048
- Medium density fibreboard (MDF) from young poplar (*Populus trichocarpa*) of different properties / *E. Roffael, B. Dix, K. C. Khoo* [et al.] // Holzforschung. 1992. № 46 (2). P. 163–170. DOI: 10.1515/hfsg.1992.46.2.163
- Mohammed M. A., Mohammed A. J., Abbas F. A.* Study and evaluation of rock wool board by using PVA/PU as a polymer blend binder // Iraqi Journal of Science. 2022. Vol. 63. Issue 10. P. 4282–4291.
- Physical and mechanical properties of medium density fiber board (MDF) fabricated from banana plant (*Musa sapientum*) stem and midrib / *M. M. Rashid, A. K. Das, M. I. Shams, S. K. Biswas* // Journal of the Indian Academy of Wood Science. 2014. № 11. P. 1–4. DOI: 10.1007/s13196-014-0109-z
- Pirayesh H., Khazaeian A., Tabarsa T.* The potential for using walnut (*Juglans regia* L.) shell as a raw material for wood-based particleboard manufacturing // Composites Part B: Engineering. 2012. № 43 (8). P. 3276–3280. DOI: 10.1016/j.compositesb.2012.02.016
- Properties of un-torrefied and torrefied poplar plywood (PW) and medium-density fiberboard (MDF) / *Dzh. Spirdzhkhez, A. Lunguleasa, Dzh. M. Popsdzhu* [et al.] // Applied Sciences. 2023. № 13 (21). DOI: 10.3390/app132111950. URL: <https://www.researchgate.net/> (accessed 10.01.2025).
- Suchsland O., Woodson G. E.* Fiberboard manufacturing practices in the United States (№ 640). US // Department of Agriculture, Forest Service. 1986. № 3 (6). P. 19–27.
- TS 642-ISO 554. Standard Atmosphere for Conditioning and/or Experiment – Characteristics, TSE, Ankara, 1997. URL: <https://intweb.tse.org.tr> (accessed 10.01.2025).
- TS EN 310. Wood-based boards – Determination of bending strength and bending elasticity modulus. TSE, Ankara, 1999. URL: <https://intweb.tse.org.tr> (accessed 10.01.2025).
- TS EN 317. Particle boards and fiber boards – Determination of swelling thickness after immersion in water, TSE, Ankara, 1999. URL: <https://intweb.tse.org.tr> (accessed 10.01.2025).
- TS EN 319. Particle boards and fiber boards – Determination of the tensile strength perpendicular to the plate surface. TSE, Ankara, 1999. URL: <https://intweb.tse.org.tr> (accessed 10.01.2025).
- TS-EN 320. Particleboards and fibreboards – Determination of resistance to axial withdrawal of screws, TSE, Ankara. 2011. URL: <https://intweb.tse.org.tr> (accessed 10.01.2025).
- TS EN 322. Wood-based boards – Determination of moisture content, TSE, Ankara, 1999. URL: <https://intweb.tse.org.tr> (accessed 10.01.2025).
- TS EN 323. Wood-based boards – Determination of unit volume weight, TSE, Ankara, 1999. URL: <https://intweb.tse.org.tr> (accessed 10.01.2025).

- TS EN 324-1. Wood-based boards – Determination of sheet dimensions – Part 1: Determination of thickness, width and length, TSE, Ankara, 1999. URL: <https://intweb.tse.org.tr> (accessed 10.01.2025).
- TS EN 325. Wood-based boards – Determination of experimental part dimensions, TSE, Ankara, 2012. URL: <https://intweb.tse.org.tr> (accessed 10.01.2025).
- TS EN 326-1. Wood-based boards-Sampling, cutting and inspection part 1: Selection, cutting of experimental samples and demonstration of experimental results, TSE, Ankara, 1999. URL: <https://intweb.tse.org.tr> (accessed 10.01.2025).
- Use of Agave durangensis bagasse fibers in the production of wood-based medium density fiberboard (MDF) / *O. Moreno-Anguiano, A. Cloutier, J. G. Rutiaga-Quiñones* [et al.] // *Forests*. 2022. № 13 (2). P. 271. URL: <https://www.academia.edu/> (accessed 10.01.2025). DOI: 10.3390/f13020271
- Yobp R. D., Janowiak J. J., Blankenhorn P. R.* Effect of steam pres-sure refining and resin levels on the properties of UF-bonded red maple MDF // *Forest Products Journal*. 1993. № 43. URL: <https://www.proquest.com/openview/48db33fa0d7ad1e6bf386575d263c98b/1?cbl=25222&pq-origsite=gscholar> (accessed 10.01.2025). DOI: 10.3390/f13020271
- Youngquist J. A.* Wood-based composites and panel products, *Wood handbook: wood as an engineering material*. Madison, WI: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General technical report FPL; GTR-113, 1999. P. 10.1–10.31, 113.
- Yousefi H.* Canola straw as a bio-waste resource for medium density fiberboard (MDF) manufacture // *Waste Management*. 2009. № 29 (10). P. 2644–2648. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.06.018
- Zahedi A.* Investigation on the medium density fiberboard properties made out of the residues of roots of liquorices / *Faculty of Nour natural resources : Thesis for M.S. degree*, 2000. URL: <https://www.researchgate.net/> (accessed 10.01.2025).

Информация об авторах

Хусейн Пекер – председатель Межвузовского совета, профессор, доктор рНД (деревообработка),

peker100@artvin.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-7771-6993>

Осман Чамлибел – доктор рНД (деревообработка),

osmancamlibel@kku.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8766-1316>

Мехмет Эрдал Кара – доктор рНД (деревообработка),

erdal.kara@keas.com.tr, <https://orcid.org/0-0003-1741-8211>

Гёксел Улай – заведующий кафедрой материалов и технологии их обработки, доктор рНД (деревообработка),

gokselulay@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4080-8816>

Умит Аята – руководитель Межвузовского совета, доцент, доктор Ph. D (обработка древесины),

umitayata@yandex.com, <http://orcid.org/0000-0002-6787-7822>

Information about the authors

Hussein Peker – President of the Interuniversity Board, Professor, Dr. Ph. D (Woodworking). Graduate School

peker100@artvin.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-7771-6993>

Osman Chamlybel – Head of Furniture and Decoration Program, Ph. D (Wood processing),

Kırıkkale Vocational College, Associate Professor,

osmancamlibel@kku.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8766-1316>

Mehmet Erdal Kara – Ph. D (Wood processing), Manager, Kastamonu SFC Entegre Co,

erdal.kara@keas.com.tr, <https://orcid.org/0-0003-1741-8211>

*Gyoksel Ulay – Head of Material and Material Processing Technology, Ph. D (Wood processing),
Van Vocational College, Associate Professor,*

gokselulay@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4080-8816>

*Ümit Ayata – Head of Inter-University Council, Associate Professor, Dr. Ph. D (Wood processing).
Graduate School,*

umitayata@yandex.com, <http://orcid.org/0000-0002-6787-7822>

Статья поступила в редакцию 26.01.2025; принята к публикации 24.02.2025.

The article was submitted 26.01.2025; accepted for publication 24.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 114–118.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 114–118.

Научная статья

УДК 674.815-41

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.013

ТЕРМОПРОКАТ ВМЕСТО ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Денис Олегович Чернышев¹, Александр Андреевич Лукаш²,
Виктор Александрович Романов³, Кирилл Вадимович Разрезов⁴

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

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

¹ chernyshevdo@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5802-2697>

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

³ vromanov62@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1794-7956>

⁴ razrezowkirill@gmail.com, <http://ORCIDID0009-0003-6676-2219>

Аннотация. В статье рассмотрено совершенствование технологии древесностружечных плит. Целью исследований является обоснование возможности применения термопроката вместо шлифования. На самой заключительной фазе производства безвозвратно теряется около 10 % от объема готовой продукции, что крайне нежелательно. Предложено устройство – термопрокатный станок, позволяющий производить сглаживание и выравнивание ДСтП после прессования. Вращение прокатных вальцов обеспечит кратковременный нагрев поверхности ДСтП, повышение степени отверждения связующего и сглаживание микронеровностей. Экономия от замены шлифования термопрокатом составит 10 % от стоимости 1 м³ ДСтП, или 800 руб. При годовом выпуске в нашей стране 10 млн м³ ДСтП реализация данного технического решения обеспечит экономию 8 млрд руб. При замене шлифования термопрокатом возможно исключение мелкой фракции 0/0,5. Площадь поверхности при этом снижается на 25 %, вследствие чего расход связующего также может быть снижен на 25 % без уменьшения прочности ДСтП. Удаление мелкой фракции из наружных слоев решается простой перенастройкой пневмосепаратора, а использовать эти мелкие фракции возможно при изготовлении топливных брикетов.

Ключевые слова: древесностружечная плита, шлифование, термопрокат, связующее, фракционный состав

Для цитирования: Термопрокат вместо шлифования древесных композиционных материалов / Д. О. Чернышев, А. А. Лукаш, В. А. Романов, К. В. Разрезов // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 114–118.

Original article

THERMAL ROLLING INSTEAD OF GRINDING WOOD COMPOSITE MATERIALS

Denis O. Chernyshev¹, Alexander A. Lukash², Victor A. Romanov³, Kirill V. Razrezov⁴

¹ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

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

¹ chernyshevdo@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5802-2697>

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

³ vromanov62@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1794-7956>

⁴ razrezowkirill@gmail.com, <http://ORCIDID0009-0003-6676-2219>

Abstract. The article discusses improvements in the technology of chipboard. The purpose of the research is the possibility justification of using thermal rolling instead of grinding. At the very final stage of production, about 10 % of the volume of finished products is irretrievably lost, which is extremely undesirable. A device is proposed – a thermal rolling machine that allows to perform smoothing and leveling the surface of chipboard after pressing. The rotation of the rolling rollers will provide short-term heating of the chipboard surface, increase the degree of curing of the binder and smoothing of microroughness. The savings from replacing grinding with thermal rolling will amount to 10 % of the cost of 1 m³ of chipboard or 800 rubles. With an annual output of 10 million m³ chipboard of these plates in our country, the implementation of this technical solution will provide savings of 8 billion rubles. When replacing grinding with thermal rolling, it is possible to exclude a fine fraction of 0/0,5. The surface area is reduced by 25 %, as a result of which the consumption of the binder can also be reduced by 25 % without reducing the strength of the chipboard. Removal of fine fraction from the outer layers is solved by a simple reconfiguration of a pneumatic separator, and it is possible to use these fine fractions in the manufacture of fuel briquettes.

Keywords: chipboard, grinding, thermal rolling, binder, fractional composition

For citation: Thermal rolling instead of grinding wood composite materials / D. O. Chernyshev, A. A. Lukash, V. A. Romanov, K. V. Razrezov // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 114–118.

Введение

Древесностружечные плиты (ДСтП), обладающие определенными прочностными показателями, широко используются для производства мебели. ДСтП обладают самой низкой стоимостью по сравнению с таковой других древесных материалов. Однако постоянный рост цен на энергоносители и усиливающаяся конкуренция делают вопросы снижения материалоемкости продукции все более и более актуальными. С каждым годом требования к экологической безопасности этой продукции ужесточаются (Кантиева и др., 2017). Снижение выделения свободного формальдегида возможно достигнуть уменьшением расхода карбамидоформальдегидного связующего.

Как известно, для производства древесностружечных плит используют частицы древесины разных размеров. Во внутренних слоях применяют крупные частицы для придания плитам требуемых прочностных показателей, в наружных слоях используют мелкие частицы для обеспечения требуемой шероховатости поверхности. Чтобы устранить поверхностные загрязнения, обеспечить требуемые показатели шероховатости поверхности, плиты калибруют и шлифуют. Для плит толщиной 15 мм припуски на шлифование составляют 1,5 мм, т.е. 10 % готовой продукции превращают в шлифовальную пыль. Кроме того, для такой обработки наружных слоев применяют станки с большим расходом электроэнергии

на выполнение этой, по сути, ненужной операции и используют дорогостоящую шлифовальную ленту. Плиты производят более 50 лет, а технология их изготовления практически не изменялась.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью работы является совершенствование технологии изготовления ДСтП. Задача исследований – обоснование возможности снижения материальных затрат при изготовлении древесностружечных плит за счет исключения операции шлифования. Методика – аналитический расчет. Объект исследований – способы обработки ДСтП после прессования. Материалы: древесностружечные плиты.

Результаты и их обсуждение

Снижение шероховатости основано на упругом и пластическом деформировании и срезании микронеровностей контактирующих тел при трении (Глебов, 2018). Без нагрева в древесине преобладают упругие деформации. Поэтому для сохранения пластических деформаций перед деформирующей обработкой древесину нагревают.

В исследованиях (Цаплин и др., 2015) предложено шлифование ДСтП заменить термосиловым воздействием (термопрокатом). В результате трения режущего органа (фрезы) на поверхности

древесностружечной плиты повышается температура до 200 °С, что способствует сглаживанию микронеровностей. Это объясняется следующим. Степень отверждения карбамидоформальдегидных связующих после прессования составляет 80–84 %. При вращении фрезы происходит кратковременный нагрев поверхности ДСтП до высоких температур, что повышает степень отверждения связующего, а силовое воздействие (давление на поверхность со стороны фрезы) деформирует микронеровности, т.е. происходит сглаживание поверхности.

Согласно этому способу (Цаплин и др., 2015) древесностружечная плита в непрерывном цикле подается между вращающимися в двух взаимно перпендикулярных направлениях многозаходными винтовыми валиками, снимающими с поверхности припуск, с последующим выравниванием поверхности плиты цилиндрической кромкой этих валиков при угловой скорости 300–600 с⁻¹ и температуре вала 250–300 °С. Однако этот способ сложен в изготовлении оборудования и в реализации.

Авторами статьи разработан более простой способ термопрокатного устройства. В термопрокатном станке, содержащем станину, вращающиеся прокатные и прижимные валы, прижимные валы выполнены с частотой вращения, превосходящей частоту вращения прокатных валов, для обеспечения нагрева и сглаживания поверхности древесных материалов. На рисунке показана схема термопрокатного станка.

Вращающиеся прокатные валы 1 обеспечивают подачу в обработку древесных материалов 3. Прижимные валы 2 вращаются с частотой вращения, превосходящей частоту вращения прокатных валов 1. Трение скольжения прижимных валов 2 по обрабатываемой поверхности древесных материалов 3 обеспечивает нагрев и сглаживание поверхности древесного материала.

Положительный эффект рассмотрим в сравнении применяемого в настоящее время шлифования ДСтП после их прессования и термопроката. Согласно существующей технологии изготовления древесностружечных плит при шлифовании плит толщиной 15 мм припуск на шлифование – 1,5 мм, что составляет 10 % от толщины ДСтП, т.е. при

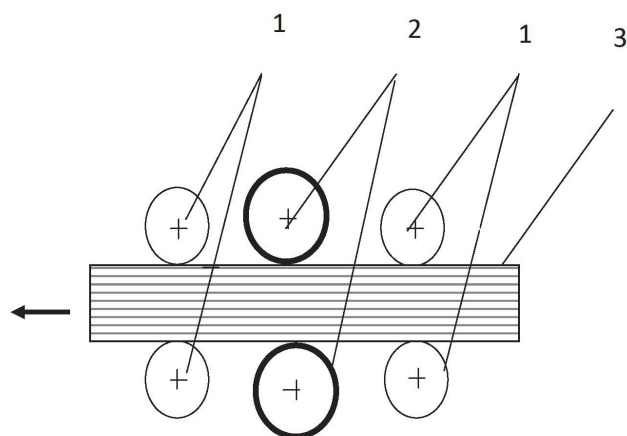


Схема термопрокатного станка:
1 – прокатные вальцы, 2 – прижимные вальцы,
3 – обрабатываемый материал
Thermal rolling machine diagram:
1 – rolling rollers, 2 – pressure rollers,
3 – processed material

шлифовании теряется 10 % объема готовой продукции. Стоимость 1 м³ – 8000 руб. Экономия от замены шлифования термопрокатом составит 10 % от стоимости 1 м³ ДСтП, или 800 руб. При годовом выпуске в нашей стране 10 млн м³ ДСтП реализация данного технического решения обеспечит экономию:

$$10\,000\,000 \cdot 800 = 8\,000\,000\,000 \text{ руб.} = 8 \text{ млрд руб.}$$

Применение термопроката позволит также снизить нормы расхода связующего. Как известно, самые мелкие фракции применяют в наружных слоях для уменьшения шероховатости поверхности. При сглаживании поверхности термопрокатом отпадает необходимость применения в наружных слоях самых мелких фракций 0/0,5. Положительное влияние удаления мелких фракций на расход связующего установлено в исследованиях Е.Н. Весниной (2022). На основе этих исследо-

ваний фракционного состава стружки наружного слоя определены удельная поверхность и площадь поверхности древесных частиц (таблица).

Установлено, что площадь поверхности всех частиц наружного слоя составит 100 м² (см. таблицу). А площадь древесных частиц без фракции 0,5/0 составляет 63,6 м². Расход связующего зависит от поверхности древесных частиц, на которые его необходимо нанести (Разиньков и др., 2007).

Таким образом, при замене шлифования термопрокатом возможно исключение самой мелкой фракции 0/0,5. Площадь поверхности при этом снижается на 25 %. Следовательно, расход связующего также может быть снижен на 25 % без уменьшения прочности ДСтП. Удаление мелкой фракции из наружных слоев решается простой перенастройкой пневмосепаратора, а использовать эти мелкие фракции возможно при изготовлении топливных брикетов.

Зависимость удельной поверхности и площади поверхности древесных частиц от фракционного состава стружки наружного слоя
Dependence of the specific surface area and surface area of wood particles on the fractional composition of the chips of the outer layer

Размер сит, мм Size, mm	Фракционный состав, % Fractional composition, %	Удельная поверхность, м ² /кг Specific surface area, m ² /kg	Площадь поверхности, м ² Surface area, m ²
5/3	0,1	9,8	0,01
3/2	0,9	16,9	0,2
2/1	35,2	45,0	17,2
1/0,5	41,0	104,0	46,2
0,5/0	12,8	266,0	37,4

Выводы

1. Предложено устройство – термопрокатный станок, позволяющий производить сглаживание и выравнивание поверхности древесностружечных плит после прессования. Вращение прокатных вальков обеспечит кратковременный нагрев поверхности, повышение степени отверждения связующего и сглаживание микронеровностей.

2. Экономия от замены шлифования термопрокатом составит 10 % от стоимости 1 м³ древесностружечных плит, или 800 руб. При годовом выпуске в нашей стране 10 млн м³ этих плит

реализация данного технического решения обеспечит экономию 8 млрд руб.

3. При замене шлифования термопрокатом возможно исключение мелкой фракции 0/0,5. Площадь поверхности при этом снижается на 25 %, вследствие чего расход связующего также может быть уменьшен на 25 % без уменьшения прочности плит. Удаление мелкой фракции из наружных слоев решается простой перенастройкой пневмосепаратора, а использовать эти мелкие фракции возможно при изготовлении топливных брикетов.

Список источников

- Веснина Е. Н.* Регулирование удельного расхода смолы по поверхности древесных частиц в производстве древесностружечных плит // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 241. С. 229–243.
- Глебов И. Т.* Физика древесины : учеб. пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2018. 80 с.
- Кантиева Е. В., Пономаренко Л. В., Черняев А. Э.* Влияние современных технологий на требования стандарта к качеству древесностружечных плит // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7, № 1(25). С. 150–156.
- Разиньков Е. М., Мурзин В. С., Кантиева Е. В.* Технология и оборудование клееных материалов и древесных плит. Воронеж, 2007. 348 с.
- Цаплин П. В., Ереско С. П., Алашкевич Ю. Д.* Теоретические предпосылки метода расчета технологии термосилового воздействия на поверхность древесных композиционных плит // Хвойные бореальной зоны. 2015. XXXIII, № 1–2. С. 78–81.

References

- Glebov I. T.* Physics of wood : A textbook. Yekaterinburg : UGLTU, 2018. 80 p.
- Kantieva E. V., Ponomarenko L. V., Chernyaev A. E.* Influence of modern technologies on the requirements of the standard for the quality of chipboard // Forestry Engineering Journal. 2017. Vol. 7, № 1(25). P. 150–156. (In Russ.)
- Razinkov E. M., Murzin V. S., Kantieva E. V.* Technology and equipment of glued materials and wood boards : Voronezh, 2007. 348 p.
- Tsaplin P. V., Eresko S. P., Alashkevich Yu. D.* Theoretical prerequisites for calculating the technology of thermal force action on the surface of wood composite boards // Conifers of the boreal zone. 2015. XXXIII, № 1–2. P. 78–81. (In Russ.)
- Vesnina E. N.* Regulation of the specific consumption of resin on the surface of wood particles in the production of particle boards // Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy. 2022. Issue 241. P. 229–243. (In Russ.)

Информация об авторах

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

Information about the authors

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

Статья поступила в редакцию 19.09.2024; принята к публикации 16.10.2024.
The article was submitted 19.09.2024; accepted for publication 16.10.2024.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93) С. 119–124.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93) P. 119–124.

Научная статья

УДК 674.213

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.014

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТРАБОТАННОГО МАШИННОГО МАСЛА ДЛЯ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Денис Олегович Чернышев¹, Александр Андреевич Лукаш²,
Виктор Александрович Романов³, Алексей Алексеевич Пыкин⁴

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

^{2–4} Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, Россия

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

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

³ vromanov62@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1794-7956>

⁴ alexem87@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1369-4884>

Аннотация. В статье обосновано применение отработанного машинного масла для снижения водопоглощения древесных материалов для их предохранения от грибных поражений и последующего загнивания. В настоящее время из-за загнивания (поражения грибами) преждевременно расходуется свыше 30% от применяемой в строительной отрасли древесных материалов и изделий. Вследствие этого продолжительность эксплуатационных сроков продукции деревянного домостроения, деревянных сооружений, линий электрических передач, телеграфных столбов, железнодорожных шпал уменьшается. Известно, что благоприятное развитие дереворазрушающих грибов наблюдается только при создании благоприятных условий – при повышенной влажности древесины. Снижение водопоглощения обеспечит увеличение длительности промышленной эксплуатации деревянных сооружений и древесных материалов, что обуславливает актуальность исследуемых в статье вопросов. Актуальными являются также вопросы, связанные с повторным использованием переработанного машинного масла, так как в настоящее время нет эффективного способа его очистки. Предложено использовать отработанное машинное масло в качестве пропиточного вещества, которое обеспечит защиту древесных материалов и снизит проникновение влаги в древесину. Авторами предложен способ пропитки древесины пропиточным веществом (отработанным машинным маслом). Предварительный нагрев древесины осуществляется в процессе сушки древесины в сушильной камере, а после завершения процесса сушки древесина помещается в ванну с холодным пропиточным раствором. Установлено, что при применении данного способа, заключающегося в предварительном нагреве древесины и последующей ее выдержке в течение суток в холодном растворе отработанного машинного масла, обеспечивается увеличение степени пропитки в 3,5 раза и снижение водопоглощения в 2,6 раза.

Ключевые слова: древесина, степень пропитки, водопоглощение, отработанное машинное масло, защита, загнивание

Для цитирования: О возможности применения отработанного машинного масла для пропитки древесины / Д. О. Чернышев, А. А. Лукаш, В. А. Романов, А. А. Пыкин // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 119–124.

Original article

ABOUT THE POSSIBILITY OF APPLICATION USED ENGINE OIL FOR WOOD IMPREGNATION

Denis O. Chernyshev¹, Alexander A. Lukash², Victor A. Romanov³, Alexey A. Pykin⁴

¹ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

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

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

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

³ vromanov62@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1794-7956>

⁴ alexem87@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1369-4884>

Abstract. The article substantiates the application of used engine oil to reduce water absorption of wood materials in order to protect them from fungal disease and subsequent decay. Currently, over 30 % of the wood materials used in the construction industry and about 20 % of the total volume of harvested forest materials are spent on prematurely decommissioning of wood products mainly due to decay (fungal disease). As a result, the operational life of wooden housing products, wooden structures, electric transmission lines, telegraph poles, and railroad ties is reduced. It is known that favorable development of wood-destroying fungi is observed only under favorable conditions – with increased wood moisture. Reducing water absorption will ensure an increase in the duration of industrial operation of wooden structures and wood materials, which determines the relevance of the issues studied in the article. Issues related to the reuse of recycled machine oil are also relevant, since there is currently no effective method for its purification. It is proposed to use waste machine oil as an impregnating agent, which will provide protection for wood materials and reduce moisture penetration into wood. The authors proposed a method for impregnating wood with an impregnating agent (waste engine oil), according to which the wood is preheated during the drying process in a drying chamber, and after the drying process is complete, the wood is placed in a bath with a cold impregnating solution. It was found that when using this method, which consists of preheating the wood and then keeping it for 24 hours in a cold solution of waste machine oil, the degree of impregnation increases by 3,5 times and water absorption decreases by 2,6 times.

Keywords: wood, degree of impregnation, water absorption, waste engine oil, protection, rotting

For citation: About the possibility of application used waste engine oil for wood impregnation / D. O. Chernyshev, A. A. Lukash, V. A. Romanov, A. A. Pykin // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 119–124.

Введение

Известно, что при обеспечении необходимой степени пропитки продукция деревянного домостроения, деревянные сооружения, линии электропередач, телеграфные столбы, железнодорожные шпалы, древесина открытых сооружений служит в три раза длительней, чем непропитанная антисептиками. Срок эксплуатации закрытых сооружений из древесины увеличивается до пяти-шести раз. Грибное поражение (загнивание)

древесины происходит, если она находится в условиях, благоприятных для развития грибов: при температуре от 0 до +48°C и относительной влажности древесины от 20 до 120 %. Следствием этого является значительное снижение прочности древесины и древесных материалов. Если древесина находится в благоприятных условиях для развития грибов, то при эксплуатации в течение двух месяцев ее прочность может быть снижена в два раза. Следовательно, одним из условий предохранения

древесины от загнивания являются снижение проникновения влаги в древесину (водопоглощение) и пропитка древесины антисептическими веществами, которая обеспечит защиту древесных материалов от гниения, а также эксплуатацию древесных изделий в условиях, неблагоприятных для развития грибов, т.е. предохранение древесины от чрезмерного увлажнения.

В масло добавляются антифрикционные присадки для уменьшения трения, к тому же масляная жидкость в двигателе работает в экстремальных условиях (при повышенном давлении и высокой температуре). В таких условия отработанное масло двигателей автомобилей (отработка) приобретает свойства, позволяющие применять ее для защитной обработки древесины от загнивания (антисептические свойства) и уменьшать проникновение влаги в древесину (водоотталкивающие свойства). Отработанное масло двигателей автомобилей (ОМДА) теряет свои потребительские свойства в процессе эксплуатации, а переработка затруднена. Примерно перерабатывается от четверти до трети общего выпуска. Оставшаяся часть ОМДА направляется на сжигание, а в худшем случае сбрасывается, загрязняя окружающую среду (почву, водоемы и атмосферу). Один литр ОМДА, оказавшегося в почве, загрязняет от ста до тысячи кубометров грунтовых вод (до 40 % площади водоемов покрыта пленкой ОМДА различной толщины).

Известны способы очистки ОМДА для обеспечения возможности повторного его использования. Так, например, предлагается производить очистку ОМДА от загрязнений гидроксидом аммония с растворенным карбамидом (Результаты исследований..., 2023). В исследованиях Выборнова и др. (2023) предлагается производить очистку от загрязнений ОМДА магнитным полем, а других исследованиях – ультразвуком (Выборнова и др., 2021).

Для восстановления эксплуатационных свойств ОМДА жидкие фракции воды и топлива предлагается удалять специальным устройством, создающим центробежную силу (Использование эффекта..., 2020). Таким образом, способа, позволяющего устранять все загрязнения и производить удаление влаги, в настоящее время нет. Поэтому

актуальными являются вопросы экологической безопасности, направленные на утилизацию или повторное использование ОМДА.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью работы является обоснование возможности использования отработанного машинного масла в качестве антисептика, снижающего водопоглощение древесных материалов. Задача исследований – разработка нового эффективного способа пропитки древесных материалов. Методика: исследование водопоглощения проводилось в соответствии с ГОСТ 16483.20. Водопоглощение древесины AW , %, определялось по формуле

$$AW = 100(m_2 - m_1)/m_1,$$

где m_2 – масса образца древесины после погружения в воду, г;

m_1 – масса образца древесины до погружения в воду, г.

Объект исследований – образцы древесины соны размером 100×100×20 мм и отработанное машинное моторное масло двигателей автомобилей (ОМДА).

Результаты и их обсуждение

Срок промышленной эксплуатации древесины или древесных материалов, пропитанных антисептическими веществами, от трех до пяти раз превосходит срок промышленной эксплуатации древесины не пропитанной антисептиками древесины (Стенина, Левинский, 2007). Свод правил СП 54.13330.2022 «СНИП 31-01–2003. Здания жилые многоквартирные» (с изменениями № 1, 2) предусматривает предохранение от увлажнения и биоповреждений обработкой химическими веществами.

Для предохранения древесины от биологических повреждений применяются антисептики, которые подразделяются на водорастворимые и маслянистые. Водорастворимые антисептики (фтористый и кремнефтористый натрий) являются безвредными. Они не имеют запаха и поэтому применяются для обработки древесины в закрытых помещениях, где находятся люди, а также нет опасности удаления антисептиков при попадании

влаги (Стенина, Левинский, 2007). Однако ими целесообразно производить только поверхностную защитную обработку древесины или древесных материалов, так как такие антисептики проникают в глубину незначительно.

Антисептики, изготавливаемые из органических масел, – маслянистые антисептики – не являются водорастворимыми. Они сильно токсичны для дереворазрушающих грибов, имеют сильный неприятный запах и вредны для здоровья людей. Обработанные маслянистыми антисептиками конструкции из древесины имеют срок промышленной эксплуатации более десяти лет, тогда как без пропитки такими антисептиками сгнивают в течение двух-трех лет.

Для успешной обработки масляные антисептики должны быть низковязкими, дешевыми, доступными и производиться в больших количествах. Такими эксплуатационными характеристиками для использования в качестве антисептиков обладает ОМДА, которое предохраняет древесину от увлажнения и биологических повреждений. Оработка образуется в результате эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. Масляная жидкость в двигателе работает в экстремальных условиях при повышенном давлении и высокой температуре. В этих условиях продукт приобретает новые свойства, позволяющие использовать его в качестве защитной обработки древесины от гниения, а также для придания древесине необходимых для длительной эксплуатации водоотталкивающих свойств. Таким образом, доказано, что после надлежащей очистки от вредных примесей в специальных установках оработка может применяться для защитной пропитки для строительной древесины.

Преимущества применения ОМДА в качестве антисептика для защитной пропитки древесины следующие:

- ОМДА не является дефицитной и имеет низкую стоимость;
- ОМДА хорошо предохраняет древесину от влаги и загнивания;
- оработка глубоко пропитывает древесину и не разрушается под действием ультрафиолета солнечных лучей;
- технология пропитки ОМДА проста.

Для повторного использования ОМДА должны быть произведены (Фаткуллин, 2019):

- механическая очистка от грязи и металлической стружки твердых фракций, образующих осадок. Жидкость должна отстояться в течение 10–12 дней, а затем твердые фракции должны быть отделены;
- при химической очистке в ОМДА должны быть внесены коагулирующие агенты типа фосфата натрия, хлористого цинка или жидкого стекла, которые будут связывать растворенные присадки тяжелых металлов с образованием осадка;
- после добавления коагулянта состав должен быть тщательно очищен с применением песочных фильтров или нетканого синтетического полотна.

Защита от гниения состоит в том, что исключаются условия, необходимые для размножения дереворазрушающих грибов. Наличие токсичных веществ в отработанном машинном масле (Сергеев и др., 2022) обеспечит защиту древесины от грибных поражений (гниения). Стерилизация древесины происходит и в процессе высокотемпературной сушки. Прогрев древесины при температуре выше 80°C приводит к гибели всех присутствующих в ней спор домовых грибных поражений.

Чаще всего обработка древесины антисептиками обеспечивает только пропитку на незначительную глубину. Для увеличения степени пропитки авторами разработан способ пропитки древесины ОМДА, аналогичный способу горяче-холодных ванн, разработанному Сергеевым П. С.

Как известно, предварительный нагрев древесины обеспечивает удаление воздуха из клеток и пор. Последующее помещение предварительно нагретой древесины в ванну с холодным пропиточным раствором обуславливает быстрое охлаждение древесины и впитывание в нее пропиточного раствора. Для совершенствования технологии пропитки древесины предлагается предварительный нагрев древесины производить в процессе сушки древесины, а по завершении процесса помещать штабель с высушенной древесиной в ванну с холодным раствором.

Продолжительность выдержки в ванне с холодным пропиточным раствором зависит от вида

и вязкости пропиточного раствора, размеров и породы древесины и др.

Установлено, что при предварительном нагреве древесины и последующей ее выдержке в течение суток в холодном растворе отработанного машинного масла степень пропитки увеличилась в 3,5 раза, а водопоглощение снизилось в 2,6 раза.

Выводы

1. Обоснована возможность применения отработанного машинного масла в качестве антисептика, снижающего водопоглощение древесины.

2. Предложен способ пропитки древесины отработанным машинным маслом, по которому предварительный нагрев древесины осуществляется в процессе сушки древесины в сушильной камере, а после его завершения древесина помещается в ванну с холодным пропиточным раствором.

3. Использование предложенного способа пропитки древесины отработанным маслом автомашин обеспечивает увеличение степени пропитки и снижение водопоглощения.

Список источников

- Выборнова Т. С., Власова Г. В., Пименов Ю. Т. Очистка минеральных и синтетических моторных масел от механических примесей посредством физических воздействий // Нефтегазовое дело. 2023. № 2. С. 172–184.
- Выборнова Т. С., Власова Г. В., Теличкина Э. Р. Анализ воздействия магнитного поля на отработанные нефтяные масла с целью их регенерации // Технологии нефти и газа. 2021. № 5 (136). С. 23–26.
- Использование эффекта Ранка – Хилша для восстановления эксплуатационных свойств отработанных моторных масел / Ю. Я. Фершалов, М. В. Грибиниченко, В. Н. Коршунов, Л. П. Цыганкова // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2020. № 3 (44). С. 80–86.
- Результаты исследований по определению рационального способа удаления загрязнений из моторного масла без его слива из системы смазки / А. В. Кошелев, Д. Ю. Аль-Саади, А. В. Забродская, В. С. Вязинкин // Наука в Центральной России. 2023. № 6 (66). С. 27–33.
- Свод правил СП 54.13330.2022 СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные (с изменениями № 1, 2). URL : <https://docs.cntd.ru/document/351139048> (дата обращения: 10.01.2025).
- Сергеев Е. С., Филиппова О. П., Калаева С. З. Токсикологическая оценка различных видов отработанных масел // От химии к технологии шаг за шагом. 2022. Т. 3. Вып. 4. С. 8–14.
- Стенина Е. И., Левинский Ю. Б. Защита древесины и деревянных конструкций : учеб. пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2007. 219 с.
- Фаткуллин Д. Д. Технология переработки отработанного минерального масла // Молодой ученый. 2019. № 9 (247). С. 106–108.

References

- Code of Rules SP 54.13330.2022 SNIP 31-01-2003 Multi-apartment residential buildings (with amendments № 1, 2). URL : <https://docs.cntd.ru/document/351139048> (accessed 10.01.2025)
- Fatkullin D. D. Technology of processing spent mineral oil // Young scientist. 2019. № 9 (247). P. 106–108. (In Russ.)
- Results of research to determine a rational method for removing contaminants from engine oil without draining it from the lubrication system / A. V. Koshelev, D. Y. Al-Saadi, A. V. Zabrodskaia, V. S. Vyazinkin // Science in Central Russia. 2023. № 6 (66). С. 27–33. (In Russ.)
- Sergeev E. S., Filippova O. P., Kalaeva S. Z. Toxicological assessment of various types of waste oils // From chemistry to technology step by step. 2022. Vol. 3. Issue 4. P. 8–14. (In Russ.)

- Stenina E. I., Levinsky Yu. B.* Protection of wood and wooden structures : A textbook. Yekaterinburg : UGLU, 2007. 219 p.
- Using the Rank – Hilsch effect to restore the operational properties of used engine oils / *Yu. Ya. Fershalov, M. V. Gribinichenko, V. N. Korshunov, L. P. Tsygankova* // Bulletin of the FEFU School of Engineering. 2020. № 3 (44). P. 80–86. (In Russ.)
- Vybornova T.S., Vlasova G. V., Pimenov Yu. T.* Purification of mineral and synthetic motor oils from mechanical impurities through physical influences // Oil and gas business. 2023. № 2. P. 172–184. (In Russ.)
- Vybornova T. S., Vlasova G. V., Telichkina E. R.* Analysis of the effect of a magnetic field on spent petroleum oils for the purpose of their regeneration // Oil and gas technologies. 2021. № 5 (136). P. 23–26. (In Russ.)

Информация об авторах

О. Н. Чернышев – кандидат технических наук, доцент;

А. А. Лукаш – доктор технических наук, профессор;

В. А. Романов – кандидат технических наук, доцент;

А. А. Пыкин – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

D. O. Chernyshev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. A. Lukash – Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. A. Romanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. A. Pykin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 22.01.2025; принята к публикации 24.02.2025.

The article was submitted 22.01.2025; accepted for publication 24.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 125–132.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 125–132.

Научная статья

УДК 674.047

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.015

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ БЕССТУПЕНЧАТЫМИ РЕЖИМАМИ

А. Г. Гороховский¹, Е. Е. Шишкина², А. С. Агафонов³,
Т. С. Овчинникова⁴, И. В. Соколов⁵

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

Автор, ответственный за переписку: Артем Сергеевич Агафонов,
agafonovas@m.usfeu.ru

Аннотация. Ученые-сушильщики все чаще обращают свое внимание на вопросы сушки древесины различных лиственных пород. Это связано как с отраслевыми потребностями лесоперерабатывающей промышленности (истощение запасов хвойной древесины), так и с отсутствием эффективных технологий переработки лиственной древесины. Среди прочих лиственных пород береза привлекает особое внимание из-за огромных запасов и физико-механических показателей. В последние годы довольно широкое применение получили так называемые бесступенчатые режимы сушки различных пород древесины, но для березы данный тип режимов не применялся. Проведенные в УГЛТУ теоретические исследования сушки березовых пиломатериалов бесступенчатыми режимами позволили надеяться на благоприятные результаты испытаний данной технологии в условиях реального производства, которые и были проведены в условиях производства в Свердловской области. Были использованы лесосушильные камеры MGR-50 (Режевской леспромхоз г. Реж) и УРАЛ-30 (ООО «НИКРЕС» г. Первоуральск). Благодаря проведенным экспериментам получены удачные результаты промышленной проверки. Во-первых, достигнуто реальное снижение продолжительности сушки и брака при ее проведении. Во-вторых, бесступенчатый режим позволяет повышать качество сушки за счет гарантированного соблюдения допуска на конечную влажность древесины с большим запасом. Нормативные режимы сушки предприятий позволяют получить конечные внутренние напряжения при сушке не выше II категории качества, хотя для снижения величины напряжений применяется влаготеплообработка. В то же время при применении бесступенчатых режимов влаготеплообработка не применяется, но внутренние напряжения при сушке существенно меньше и соответствуют в основном I категории качества.

Ключевые слова: технология сушки, бесступенчатые режимы, древесина березы

Для цитирования: Производственные испытания технологии сушки древесины березы бесступенчатыми режимами / А. Г. Гороховский, Е. Е. Шишкина, А. С. Агафонов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 125–132.

Original article

PRODUCTION TESTS OF BIRCH WOOD DRYING TECHNOLOGY WITH STEPLESS MODES

Alexander G. Gorokhovskiy¹, Elena E. Shishkina², Artem S. Agafonov³,
Tatiana S. Ovchinnikova⁴, Ilya V. Sokolov⁵

¹⁻⁵ Ural State Forest University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Artem S. Agafonov,
agafonovas@m.usfeu.ru

Abstract. Drying scientists increasingly turn their attention to the issues of drying wood of various hardwoods. This is due to both the industry needs of wood processing industry (depletion of softwood stocks) so the lack of effective technologies for recycling hardwood. Among other hardwoods birch attracts special attention due to its huge reserves of wood and physical and mechanical properties. In recent years, so-called stepless drying modes of various wood have become widely used, but this type of mode has not been used for birch. Theoretical studies of drying birch lumber by stepless modes carried out at USFEU allowed us to hope for favorable test results of this technology in real production conditions. These experiments were carried out under production conditions in the Sverdlovsk region. The wood drying chambers MGR-50 (Rezhevsky forestry enterprise, Rezh) and URAL-30 (LLC NIKRES, Pervouralsk) were used. Due to the conducted experiments, successful results of industrial testing were obtained. Firstly, a real reduction in drying time and rejection during its implementation has been achieved. Secondly, the stepless drying mode allows you to improve drying quality due to guaranteed compliance with the tolerance to the final moisture wood moisture tolerance with a large margin. Standard drying modes of enterprises make it possible to obtain final internal stresses during drying not higher the II quality category, although moisture and heat treatment is used to reduce the magnitude of stresses. At the same time, when using stepless modes, moisture and heat treatment is not used, but the internal stresses during drying are significantly less and correspond mainly to the I quality category.

Keywords: drying technology, stepless drying mode, birch wood

For citation: Production tests of birch wood drying technology with stepless modes / A.G. Gorokhovskiy, E.E. Shishkina, A.S. Agafonov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2(93). P. 125–132.

Введение

Исследователи неоднократно обращались к проблеме сушки древесины березы (Красухина, 1988; Сушка материалов..., 1968; Петри, 1963). И для этого есть несколько причин.

С одной стороны, запасы древесины березы в России поистине огромны – около 10 % всех запасов древесины в стране. В то же время заготовка ее постоянно падает вследствие недостаточно эффективной технологии ее переработки.

С другой стороны, береза является трудносохнущей породой, требующей для ее сушки приме-

нения специальных режимов. Появившиеся в последние годы так называемые бесступенчатые режимы для сушки березы не применялись, хотя и отлично показали себя при сушке древесины других пород (Шишкина, 2016; Савина, 2020; Старова, 2018).

В УГЛТУ проведены исследования сушки древесины березы бесступенчатыми режимами (Агафонов, 2024) в два этапа:

– вычислительный эксперимент с последующей оптимизацией (Гороховский и др., 2024) (теоретические исследования);

– промышленные испытания в условиях реального производства (экспериментальные исследования).

Вопросы проведения вычислительного эксперимента уже рассмотрены в работе Гороховского и др. (2024), при этом использованы подходы некоторых зарубежных авторов (Mass Diffusivity..., 2018; Optimization and Simulation..., 2011; One-Dimensional Numerical..., 2015; Moises, Pereira, 2014; Nakagawa et al., 2018; Obataya, Higashihara, 2017). Второму вопросу данной работы и посвящена настоящая статья.

**Цель, методика
и объекты исследования**

Целью промышленных испытаний разработанной технологии сушки березовых пиломатериалов бесступенчатыми режимами было подтверждение ее высокой эффективности.

Для достижения указанной цели было необходимо решить следующие задачи.

1. Подтвердить реальное снижение продолжительности сушки по сравнению с таковой при нормативных режимах.

2. Определить порядок величины снижения брака в процессе сушки бесступенчатыми режимами.

3. Определить качественные показатели пиломатериалов, высушенных существующими и бесступенчатыми режимами.

4. Определить экономическую эффективность бесступенчатых режимов.

Опытные сушки проводились на двух типах камер: MGR-50 и УРАЛ-30, технические характеристики которых приведены в работе Агафонова (2024). Выбор камер обусловлен следующими соображениями:

– данные типы камер достаточно широко распространены в Урало-Сибирском регионе;

– камеры представляют различные сегменты типов лесосушильных камер. Если MGR-50 современная, полностью автоматизированная камера, обеспечивающая высококачественную сушку, то УРАЛ-30 – это уже достаточно устаревшая камера со средним качеством сушки.

Характеристика условий проведения эксперимента приведена в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Условия проведения промышленных экспериментов
Conditions for conducting industrial experiments

№	Параметр Parameter		Значения параметра для камер Parameter values for cameras	
			MGR-50	УРАЛ-30 URAL-30
1	Порода древесины Wood		Береза Birch	Береза Birch
2	Размеры пиломатериалов Type Dimensions of sawn timber	Толщина, мм Thickness, mm	50	50
		Ширина, мм Width, mm	110–130	150
		Длина, м Length, m	5,0	5,0
3	Вид пиломатериалов Type of sawn timber		Обрезные Edged	Обрезные Edged
4	Начальная влажность древесины, % Initial humidity of wood, %		30–40	>50
5	Конечная влажность древесины, % Final humidity of wood, %		8,0; 10,0	10

Окончание табл. 1
The end of table 1

№	Параметр Parameter	Значения параметра для камер Parameter values for cameras	
		MGR-50	УРАЛ-30 URAL-30
6	Структура режима: предприятия экспериментальный Mode structure: businessespe experimental	По НТД бесступенчатый To NTD stepless	По НТД бесступенчатый To NTD stepless
7	Контроль влажности (ГОСТ 16588–91) Humidity control (GOST 16588–91)	Электронный влагомер Electronic moisture meter	Электронный влагомер Electronic moisture meter
8	Контроль остаточных напряжений Residual stress control	PTM 1985 RTM 1985	PTM 1985 RTM 1985
9	Температура теплоносителя на входе в штабель, °C Temperature of the coolant at the inlet to the stack, °C	95	95
10	ВТО в нормативном режиме WTO in the normative regime	Есть There is	Есть There is

Результаты исследований
и их обсуждение

Результаты опытных сушек в лесосушильных камерах MGR-50 и УРАЛ-30 соответственно приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2
Table 2

Характеристика опытных сушек в камере MGR-5
Characteristics of experimental dryers in камере the MGR-5 chamber

№ п/п № p/p	Режим сушки Drying mode	Требуемая влажность и допуск, % Required humidity and tolerance, %	Результаты сушки Drying results			Соблюдение допуска Compliance with the security clearance	ВТО OBE tolerance	Внутренние напряжения Internal stresses
			Конечная влажность, % Final humidity, %	Среднее квадратиче- ское отклонение Meane square deviation	Фактиче- ский допуск на влаж- ность Actual humidity tolerance			
1	Согласно нормативно- технической документации на сушильную камеру According to BAT per drying chamber	8±2	8,3	1,28	±2,56	Not observed	+	II
2	Бесступенчатый УГЛТУ Stepless USFEU	8±2	8,1	0,95	±1,9	Соблюдается Observed	–	I–II

Окончание табл. 2

The end of table 2

№ п/п № p/p	Режим сушки Drying mode	Требуемая влажность и допуск, % Required humidity and tolerance, %	Результаты сушки Drying results			Соблюдение допуска Compliance with the security clearance	ВТО OBE tolerance	Внутренние напряжения Internal stresses
			Конечная влажность, % Final humidity, %	Среднее квадратиче- ское отклонение Meane square deviation	Фактиче- ский допуск на влаж- ность Actual humidity tolerance			
3	Бесступенчатый УГЛТУ Stepless USFEU	8±2	8,2	0,66	±1,32	Соблюдается Observed	–	I
4	Бесступенчатый УГЛТУ Stepless USFEU	8±2	8,2	0,76	±1,52	Соблюдается Observed	–	I
5	Согласно нормативно- технической документации на сушильную камеру According to BAT for drying chamber	10±2	10,1	0,63	±1,26	Соблюдается Observed	+	II
6	Бесступенчатый УГЛТУ Stepless USFEU	10±2	9,7	0,5	±1,0	Соблюдается Observed	–	I
7	Бесступенчатый УГЛТУ Stepless USFEU	10±2	9,6	0,42	±0,85	Соблюдается Observed	–	I

Таблица 3

Table 3

Характеристика опытных сушек в камере УРАЛ-30
Characteristics of experimental dryers in the URAL-30 chamber

Режим 6-B Mode 6-B			Бесступен- чатый режим УГЛТУ Stepless mode USFEU		№ сушки Drying number	Продолжи- тельность сушки, ч Drying time, hour	Требуемая конечная влажность, % Required final humidity, %	Средняя конечная влажность (по сушкам) Average final humidity (by drying)	Средние условные внутренние напряжения Average conditional internal stresses
Параметры Parameters	t_c	W_p	t_c	W_p					
Начальные Initial data	57	14	63	16	1	177	10±3	9,8±2,7	II
Конечные Endpoints	77	4,5	6	6	2	152			
Нормативная продолжительность сушки 187 ч Standard drying time 187 h			–		3	159			
					4	148			
					5	151			
					τ_{cp} , ч	154			

Анализ полученных результатов показывает, что задачи, поставленные перед проведением исследования, выполнены.

1. Подтверждено реальное снижение продолжительности сушки бесступенчатым режимом по сравнению с таковой при режиме 6-В на 18,5 %.

2. Проведенные выборки высушенных досок показали снижение брака на 6–6,5 % для бесступенчатых режимов.

3. Качество сушки в случае применения бесступенчатых режимов выше (меньше внутренние напряжения и допуск на конечную влажность древесины при сушке).

4. Анализ технико-экономических показателей камер в случае применения бесступенчатых

режимов (Агафонов, 2024) показал существенное повышение эффективности процесса сушки.

Выводы

1. Производственные испытания разработанной технологии сушки березовых пиломатериалов бесступенчатыми режимами подтвердили ее высокую эффективность.

2. Расчет показывает, что при годовом объеме сушки березовых пиломатериалов порядка 2200 м³ (годовая производительность камеры MGR-50 на пиломатериале толщиной более 50 мм) условная экономия от снижения себестоимости составляет около 4 млн руб.

Список источников

- Агафонов А. С. Совершенствование технологии сушки древесины лиственных пород : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.05 / Агафонов Артем Сергеевич. Екатеринбург : УГЛТУ, 2024. 120 с.
- Гороховский А. Г., Шишкина Е. Е., Агафонов А. С. Оптимизация процесса сушки древесины березы // Деревообрабатывающая промышленность. 2024. № 1. С. 10–14.
- Красухина Л. П. О рациональных режимах сушки березовых пиломатериалов в камерах периодического действия // Деревообрабатывающая промышленность. 1988. № 6. С. 5–7.
- Петри Л. Ф. Высокотемпературная сушка березовой, осиновой и липовой древесины среди перегретого пара при атмосферном давлении // ИВУЗ. Лесной журнал. 1963. № 2. С. 108–112.
- Савина В. В. Повышение эффективности и качества сушки пиломатериалов твердолиственных пород : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.05 / Савина Виктория Викторовна. Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. 140 с.
- Старова Е. В. Технология сушки пиломатериалов режимами оптимизированной структуры : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.05 / Старова Елена Владимировна. Екатеринбург : УГЛТУ, 2018. 163 с.
- Шишкина Е. Е. Энергосберегающая технология конвективной сушки пиломатериалов на основе управляемого влагопереноса в древесине : дис. ... д-ра техн. наук : 05.21.05 / Шишкина Елена Евгеньевна. Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. 336 с.
- Сушка пиломатериалов из древесины березы, пораженной ложным ядром / К. Г. Юсупов, Г. Р. Урванов, Н. П. Князева, Ф. В. Леушина // Сборник трудов СверНИИПДрев. 1968. Вып. 3. С. 100–105.
- Mass Diffusivity of Different Species of Wood in Convective Drying / S. Azzouz, K. Ben Dhib, R. Bahar [et al.] // European Journal of Wood and Wood Products. 2018. Vol. 76. Iss. 2. P. 573–582. DOI: 10.1007/s00107-017-1212-9
- Moises S. A., Pereira S. L. Dealing with Empty and Overabundant Answers to Flexible Queries // Journal of Data Analysis and Information Processing. 2014. Vol. 2. № 1. P. 12–18. DOI: 10.4236/jdaip.2014.21003
- Nakagawa K., Tamura A., Adachi S. Optimization of Food Dye (Betanin) Retention during Hot Air Drying: Design Space Calculation with Consideration of Reaction and Substrate Transfer Kinetics // Drying Technology. 2018. Vol. 36. Iss. 15. P. 1920–1929. DOI: 10.1080/07373937.2018.1463538
- Obataya E., Higashihara T. Reversible and Irreversible Dimensional Changes of Heat-Treated Wood during Alternate Wetting and Drying // Wood Science and Technology. 2017. Vol. 51. Iss. 4. P. 739–749. DOI: 10.1007/s00226-017-0918-5

- One-Dimensional Numerical Solution of the Diffusion Equation to Describe Wood Drying: Comparison with Two- and Three-Dimensional Solutions / *W. P. da Silva, C. M. D. P. S. e Silva, A. F. Rodrigues, R. M. F. de Figueiredo* // Journal of Wood Science. 2015. Vol. 61. Iss. 4. P. 364–371. DOI: 10.1007/s10086-015-1479-6
- Optimization and Simulation of Drying Processes Using Diffusion Models : Application to Wood Drying Using Forced Air at Low Temperature / *W. P. da Silva, L. D. da Silva, C. M. D. P. S. e Silva, P. L. Nascimento* // Wood Science and Technology. 2011. Vol. 45. Iss. 4. P. 787–800. DOI: 10.1007/s00226-010-0391-x

References

- Agafonov A. S.* Improving the technology of drying hardwood: dis. ... candidate of technical sciences : 05.21.05 / Agafonov Artem Sergeevich. Yekaterinburg : USFTU, 2024. 120 p.
- Drying of sawn timber from birch wood affected by false core / *K. G. Yusupov, G. R. Urvanov, N. P. Knyazeva, F. V. Leushina* // Collection of works of SverNIIPDrev. 1968. Issue 3. P. 100–105. (In Russ.)
- Gorokhovskiy A. G., Shishkina E. E., Agafonov A. S.* Optimization of the drying process of birch wood // Woodworking industry. 2024. № 1. P. 10–14. (In Russ.)
- Krasukhina L. P.* On rational drying modes of birch sawn timber in periodic chambers // Woodworking industry. 1988. № 6. P. 5–7. (In Russ.)
- Mass Diffusivity of Different Species of Wood in Convective Drying / *S. Azzouz, K. Ben Dhib, R. Bahar [et al.]* // European Journal of Wood and Wood Products. 2018. Vol. 76. Iss. 2. P. 573–582. DOI: 10.1007/s00107-017-1212-9
- Moises S. A., Pereira S. L.* Dealing with Empty and Overabundant Answers to Flexible Queries // Journal of Data Analysis and Information Processing. 2014. Vol. 2. № 1. P. 12–18. DOI: 10.4236/jdaip.2014.21003
- Nakagawa K., Tamura A., Adachi S.* Optimization of Food Dye (Betanin) Retention during Hot Air Drying: Design Space Calculation with Consideration of Reaction and Substrate Transfer Kinetics // Drying Technology. 2018. Vol. 36. Iss. 15. P. 1920–1929. DOI: 10.1080/07373937.2018.1463538
- Obataya E., Higashihara T.* Reversible and Irreversible Dimensional Changes of Heat-Treated Wood during Alternate Wetting and Drying // Wood Science and Technology. 2017. Vol. 51. Iss. 4. P. 739–749. DOI: 10.1007/s00226-017-0918-5
- One-Dimensional Numerical Solution of the Diffusion Equation to Describe Wood Drying: Comparison with Two- and Three-Dimensional Solutions / *W. P. da Silva, C. M. D. P. S. e Silva, A. F. Rodrigues, R. M. F. de Figueiredo* // Journal of Wood Science. 2015. Vol. 61. Iss. 4. P. 364–371. DOI: 10.1007/s10086-015-1479-6
- Optimization and Simulation of Drying Processes Using Diffusion Models : Application to Wood Drying Using Forced Air at Low Temperature / *W. P. da Silva, L. D. da Silva, C. M. D. P. S. e Silva, P. L. Nascimento* // Wood Science and Technology. 2011. Vol. 45. Iss. 4. P. 787–800. DOI: 10.1007/s00226-010-0391-x
- Petri L. F.* High-temperature drying of birch, aspen and linden wood among superheated steam at atmospheric pressure // IVUZ. Forest Journal. 1963. № 2. P. 108–112. (In Russ.)
- Savina V. V.* Improving the efficiency and quality of drying hardwood sawn timber : dis. ... Cand. Sci. (Engineering) Sciences : 05.21.05 / Savina Victoria Viktorovna. Yekaterinburg : USFTU, 2020. 140 p.
- Shishkina E. E.* Energy-saving technology of convective drying of sawn timber based on controlled moisture transfer in wood : dis. ... Doctor of Engineering Sciences : 05.21.05 / Shishkina Elena Evgenievna. Yekaterinburg : USLTU, 2016. 336 p.
- Starova E. V.* Technology of drying lumber using optimized structure modes: dis. ... candidate of technical sciences : 05.21.05 / Starova Elena Vladimirovna. Yekaterinburg : USFTU, 2018. 163 p.

Информация об авторах

*А. Г. Гороховский – доктор технических наук, профессор,
<https://orcid.org/0000-0001-8847-8217>;*

*Е. Е. Шишкина – доктор технических наук; профессор,
<https://orcid.org/0000-0002-2584-4897>;*

*А. С. Агафонов – кандидат технических наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0002-0955-9068>;*

Т. С. Овчинникова – аспирант;

И. В. Соколов – аспирант.

Information about the authors

*A. G. Gorokhovsky – Doctor of Technical Sciences, Professor,
<https://orcid.org/0000-0001-8847-8217>;*

*E. E. Shishkina – Doctor of Technical Sciences, Professor,
<https://orcid.org/0000-0002-2584-4897>;*

*A. S. Agafonov – Candidate of Technical Sciences; Associate Professor,
<https://orcid.org/0000-0002-0955-9068>;*

T. S. Ovchinnikova – postgraduate student;

I. V. Sokolov – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 15.01.2025; принята к публикации 24.02.2025.

The article was submitted 15.01.2025; accepted for publication 24.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 133–140.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 133–140.

Научная статья

УДК 691.175.2

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.016

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Кристина Алексеевна Усова¹, Рустам Ринатович Авалев²,
Любим Николаевич Прытков³, Алексей Евгеньевич Шкуро⁴

^{1, 2, 4} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

³ Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России,
Екатеринбург, Россия

¹ usovaka@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/000-0002-6237-955X>

² rustam3673@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-3366-958X>

³ prytkov.l.n@mail.ru, <https://orcid.org/000-0000-2804-75174>

⁴ shkuroae@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4016-2269>

Аннотация. Интерес к созданию биопластиков на основе химически модифицированной целлюлозы увеличивается. Одним из перспективных направлений является использование сложных эфиров целлюлозы в качестве возобновляемого сырья для производства биоразлагаемых композиционных материалов. Один из наиболее распространенных в промышленности сложных эфиров целлюлозы – ацетат целлюлозы (АЦ). В данной статье рассматривается процесс реакции кислотного гидролиза ацетата целлюлозы. В рамках исследования был проведен кислотный гидролиз триацетата целлюлозы с целью изучения изменения химического строения продуктов реакции и их физико-химических свойств. Строение продуктов гидролиза определяли с помощью метода ИК-фурье-спектроскопии, также были определены вязкость и показатель преломления 1 %-ного раствора продуктов реакции в ацетоне. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о возможности регулирования длины цепи ацетата целлюлозы методом его кислотного гидролиза. Для оптимизации процесса необходимо определить молекулярную массу продуктов реакции. Кроме того, вследствие протекания побочных процессов, связанных с этерификацией незамещенных гидроксильных групп с уксусной кислотой в присутствии серной кислоты, наблюдалось увеличение степени ацетилирования гидролизатов по сравнению с таковым в исходном АЦ. Так как высокое содержание (степень замещения более 2,5) ацетатных групп является препятствием для действия ферментов, способных разрушать целлюлозу и ее эфиры, то повышение степени ацетилирования в процессе гидролиза представляется нежелательным. Вследствие этого в дальнейшем рекомендуется проводить реакцию гидролиза АЦ в среде ацетона.

Ключевые слова: ацетат целлюлозы, кислотный гидролиз, ИК-спектроскопия, деструкция, вязкость, показатель преломления

Для цитирования: Исследование процесса кислотного гидролиза ацетата целлюлозы / К. А. Усова, Р. Р. Авалев, Л. Н. Прытков, А. Е. Шкуро // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2(93). С. 133–140.

Original article

RESEARCH OF THE PROCESS OF ACID HYDROLYSIS OF CELLULOSE ACETATE

Kristina A. Usova¹, Rustam R. Avalev², Lubim N. Prytkov³, Alexey E. Shkuro⁴

^{1,2,4} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

³ Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg, Russia

¹ usovaka@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/000-0002-6237-955X>

² rustam3673@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-3366-958X>

³ prytkov.l.n@mail.ru, <https://orcid.org/000-0000-2804-75174>

⁴ shkuroae@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4016-2269>

Abstract. Interest in the creation of bioplastics based on chemically modified cellulose is increasing. One of the promising directions is the use of cellulose esters as a renewable raw material for the production of biodegradable composite materials. One of the most common cellulose esters in industry is cellulose acetate. This article discusses the process of acid hydrolysis reaction of cellulose acetate. As part of the research, acid hydrolysis of cellulose triacetate was carried out in order to study changes in the chemical structure of the reaction products and their physicochemical properties. The structure of the hydrolysis products was determined using IR Fourier spectroscopy; the viscosity and refractive index of a 1 % solution of the reaction products in acetone were also determined. The results of the conducted research indicate the possibility of regulating the chain length of cellulose acetate by its acid hydrolysis. To optimize the process, it is necessary to determine the molecular weight of the reaction products. In addition, due to the occurrence of side processes associated with the esterification of unsubstituted hydroxyl groups with acetic acid in the presence of sulfuric acid, an increase in the degree of acetylation of the hydrolysates was observed compared to the original CA. Since the high content (degree of substitution over 2,5) of acetate groups is an obstacle to the action of enzymes capable of destroying cellulose and its esters, an increase in the degree of acetylation in the hydrolysis process seems undesirable. As a result, it is recommended to carry out the CA hydrolysis reaction in an acetone medium in the future.

Keywords: cellulose acetate, acid hydrolysis, IR spectroscopy, destruction, viscosity, refractive index

For citation: Research of the process of acid hydrolysis of cellulose acetate / K. A. Usova, R. R. Avalev, L. N. Prytkov, A. E. Shkuro // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 133–140.

Введение

В настоящее время активно изучаются способы получения целлюлозы из быстрорастущих растений, таких как бамбук, борщевик и тростник, а также из других видов лигноцеллюлозного сырья (Материалы..., 2020; Материалы..., 2024). Интерес к созданию биопластиков на основе химически модифицированной целлюлозы растет (Levi, Gurkovskaya, 1967). Перспективным направлением является использование сложных эфиров

целлюлозы в качестве возобновляемого сырья для производства биоразлагаемых композиционных материалов. Одним из наиболее распространенных в промышленности сложных эфиров целлюлозы является ацетат целлюлозы (рис. 1).

АЦ – это экологически чистый, биосовместимый и биоразлагаемый материал. Он применяется в производстве пластмасс (этролов), сигаретных фильтров, полупроницаемых мембран (рис. 2) и кинофотопленки. Пластмассы производят на основе

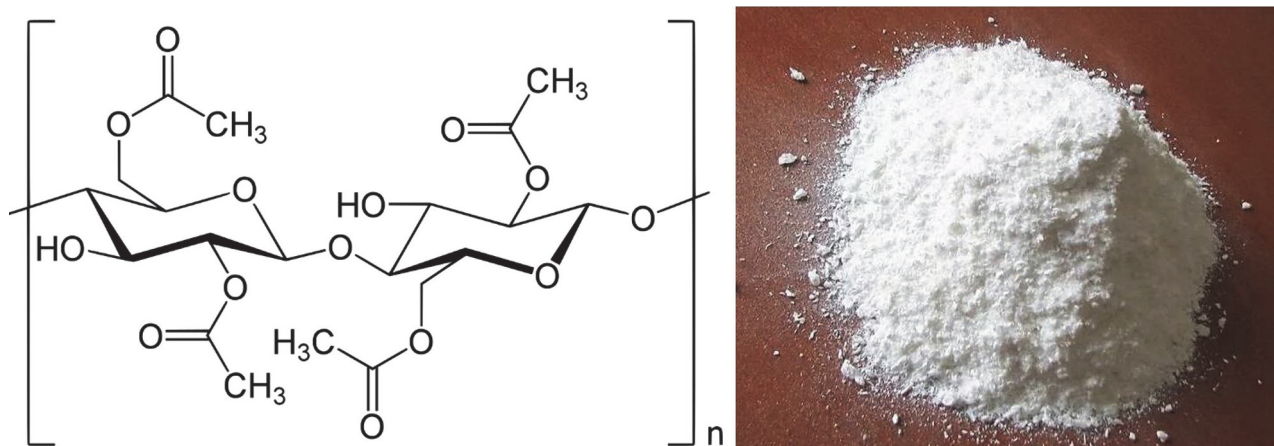


Рис. 1. Структурная формула и внешний вид ацетата целлюлозы
Fig. 1. Structural formula and appearance of cellulose acetate

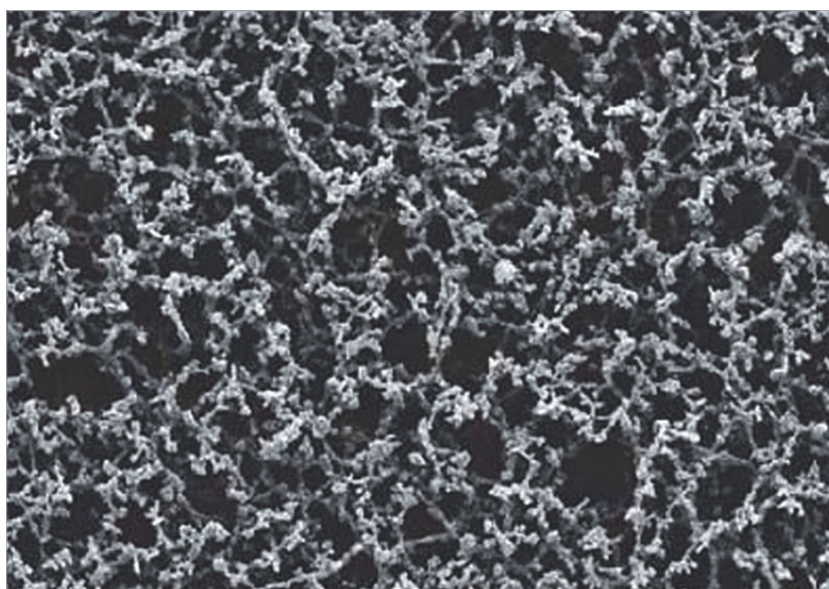


Рис. 2. Фотография СЭМ-мембраны, полученной из ацетата целлюлозы
Fig. 2. SEM-photograph of a membrane prepared from cellulose acetate

АЦ со степенью ацетилирования порядка 2,1–2,5 (Шкуро и др., 2023). Композиты из пластифицированного АЦ обычно термопластичны. В их состав входят пластификаторы, стабилизаторы, красители, наполнители и другие специальные добавки. В качестве наполнителей могут использоваться различные отходы сельского хозяйства и лесопромышленного комплекса (Шкуро и др., 2023). Например, древесная мука, используемая в качестве наполнителя, улучшает механические свойства, а измельченное сено луговых трав способствует быстрому биоразложению материала. Композиты на основе АЦ применяются в строительстве, авто-

мобильной промышленности, производстве мебели и конструкционных материалов.

Помимо того, что композиты на основе АЦ демонстрируют высокий уровень физико-механических свойств, они также обладают значительным потенциалом к разложению в естественных условиях под действием биологических факторов (Cong, 2015; Erceg et al., 2023). Скорость их разложения можно в широких пределах регулировать, изменяя компонентный состав материала и степень замещения гидроксильных групп на ацетатные в цепях целлюлозы (Ach, 1993; Glukhikh et al., 2020).

Тем не менее образцы ацетата целлюлозы и композитов на его основе демонстрируют более низкую скорость биоразложения по сравнению с аналогами, такими как полилактид. Для ускорения процесса биodeградации АЦ предлагается уменьшить его молекулярную массу путем кислотного гидролиза, который разрушает гликозидные связи в цепях целлюлозы. Регулирование длины цепи АЦ является дополнительным способом контроля скорости биоразложения материала.

В рамках исследования был проведен кислотный гидролиз АЦ с целью изучения изменения химического строения продуктов реакции и их физико-химических свойств.

Цель, объекты и методика исследований

В качестве исходного сырья для гидролиза использовали ацетат целлюлозы (АЦ) производства ОАО «Ацетат Химволокно» (ТУ 6-05-943–75). Непосредственно кислотный гидролиз АЦ проводили по следующей методике. В трехгорлую круглодонную колбу, оборудованную мешалкой, термометром и обратным холодильником, поместили 75 г ацетилцеллюлозы со степенью ацетилирования 2,41. Затем добавили 650 г ледяной уксусной кислоты и поставили колбу на водяную баню. После полного растворения ацетилцеллюлозы была взята первая проба (АЦ-1). В колбу добавили 1 мл концентрированной серной кислоты. Через 60 мин (АЦ-2), 120 мин (АЦ-3) и 180 мин (АЦ-4) после добавления кислоты были взяты еще три пробы. Гидролизат из этих проб был высажен в дистиллированной воде и оставлен на 48 ч. Затем его отфильтровывали через воронку Бюхнера до тех пор, пока универсальный индикатор не показал нейтральную реакцию. После этого продукты гидролиза были высушены до постоянной массы при температуре $105 \pm 2^\circ\text{C}$, измельчены и отправлены на анализ.

Изучение изменений химического состава продуктов гидролиза АЦ в ходе реакции проводилось с использованием метода инфракрасной спектроскопии на лабораторном инфракрасном фурье-спектрометре марки ФСМ-2203. Этот спектрометр предназначен для проведения качествен-

ных и количественных исследований, требующих высокой разрешающей способности. Изменение физико-химических характеристик гидролизатов контролировалось путем измерения вязкости и показателя преломления их 1 %-ных растворов в ацетоне. Вязкость растворов определялась с помощью ротационного вискозиметра Гепплера, а показатель преломления – с применением лабораторного рефрактометра марки BIOBASE BK-AII.

Результаты и их обсуждение

ИК-фурье-спектры продуктов кислотного гидролиза АЦ приведены на рис. 3. Площадь пика в области 1239 см^{-1} в процессе гидролиза АЦ снижается, что свидетельствует об уменьшении количества простых эфирных связей (гликозидных) в составе гидролизатов в процессе реакции. Деструкцию цепей целлюлозы также подтверждают резкое снижение вязкости раствора АЦ в уксусной кислоте и рост растворимости конечного продукта в воде. Последнее положение обусловлено выделением большого числа низкомолекулярных водорастворимых олигосахаридов в процессе реакции. Из-за большого количества растворимых продуктов реакции кислотного гидролиза АЦ выход продукта после 3 ч гидролиза составил 64,8 мас. %.

В целом спектры образцов исходного АЦ и продуктов его кислотного гидролиза характеризуются практически одинаковыми частотами поглощения. Поэтому для анализа химических процессов, протекающих в процессе гидролиза, необходимо учитывать интенсивность (площадь) характеристических пиков (таблица).

В процессе гидролиза АЦ наблюдается снижение площади пика в области 1239 см^{-1} , что указывает на уменьшение количества простых эфирных связей (гликозидных) в составе гидролизатов. Деструкция цепей целлюлозы также подтверждается резким снижением вязкости раствора АЦ в уксусной кислоте (констатируемым по резкому увеличению частоты работы мешалки) и увеличением растворимости конечного продукта в воде. Это связано с выделением большого количества низкомолекулярных водорастворимых олигосахаридов в процессе реакции.

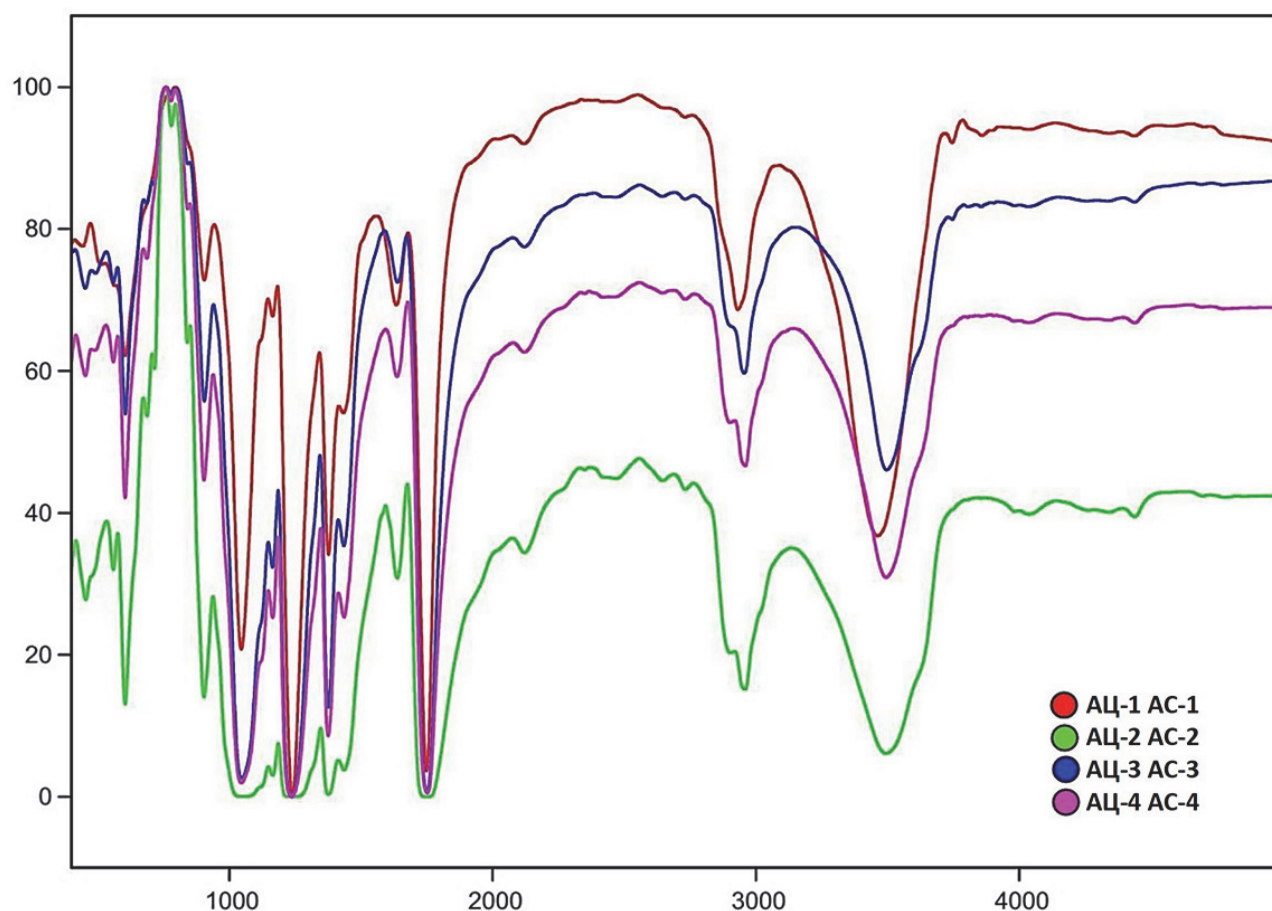


Рис. 3. ИК-спектры АЦ и продуктов его гидролиза:

АЦ-1 – проба взята после растворения ацетата; АЦ-2 – после 60 мин гидролиза;

АЦ-3 – после 120 мин, АЦ-4 – после 180 мин

Fig. 3. IR spectra of AC and its hydrolysis products:

AC-1 – sample taken after dissolution of acetate; AC-2 – after 60 minutes of hydrolysis;

AC-3 – after 120 minutes, AC-4 – after 180 minutes

Характеристические частоты поглощения и площадьсоответствующих пиков

Characteristic absorption frequencies and the area of the corresponding peaks

№	Частота максимума пика, см ⁻¹ Frequency peak height, cm ⁻¹	Интерпретация (группа/класс) Interpretation (group/class)	Относительная площадь пика для образца Relative peak area for a sample			
			АЦ-1 AC-1	АЦ-2 AC-2	АЦ-3 AC-3	АЦ-4 AC-4
1	1239	C–O–C вал. асим. (прост. эфиры) val. asym. (simple ethers)	13,6	–	12,3	11,6
2	1749	C=O вал. (сложн. эфиры) val. (complex ether)	15,1	32,6	25,9	27,8
3	2930	C–H комб. (альдегиды) comb. (aldehydes)	7,9	2,3	9,1	1,8
4	3460	O–H вал. (спирты) val. (alcohols)	41,6	41,9	24,3	28,5

В то же время, хотя количество гликозидных связей уменьшается, площадь пиков, указывающих на наличие гидроксильных групп в гидролизатах (3460 см^{-1}), также снижается. При этом площадь пиков, характерных для соединений, содержащих карбоксильные и сложноэфирные группы (1749 см^{-1}), увеличивается. Такие изменения в интенсивности поглощения в рассматриваемой области спектра могут быть вызваны реакциями этерификации незамещенных и новообразованных гидроксильных групп в процессе распада гликозидной связи с уксусной кислотой, которая

является средой для реакции гидролиза. Серная кислота в этом случае выступает в качестве катализатора реакции этерификации. Увеличение степени ацетилирования продуктов гидролиза нежелательно, поскольку при высоких степенях замещения кислотные остатки уксусной кислоты создают препятствия для ферментов, способствующих разложению АЦ. Поэтому представляется целесообразным проводить реакцию кислотного гидролиза АЦ в среде ацетона.

Вязкость 1 %-ного раствора АЦ, осажденного из реакционной смеси, в ацетоне снижается

в процессе реакции (рис. 4), что служит подтверждением уменьшения молекулярной массы АЦ в процессе гидролиза. Так, известно, что, например, при снижении степени полимеризации вторичного АЦ в 2 раза вязкость его растворов снижается в 6–10 раз (Шиповская, 2010).

Показатель преломления 1 %-ного раствора АЦ увеличивается в процессе гидролиза (рис. 5). Наиболее резкое снижение вязкости характерно для начального периода (первых 60 мин реакции). Известно, что введение ацетатных групп в состав полисахаридов приводит к увеличению их показателя преломления. Следовательно, полученные результаты также свидетельствуют о росте степени ацетилирования продуктов гидролиза по сравнению с таковой в исходном АЦ. Для дальнейшей оптимизации процесса кислотного гидролиза АЦ необходимо определить молекулярную массу продуктов реакции.

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о возможности регулирования длины цепи АЦ методом его кислотного гидролиза в гомогенной среде. Однако вследствие протекания побочных процессов, связанных с этерификацией незамещенных гидроксильных

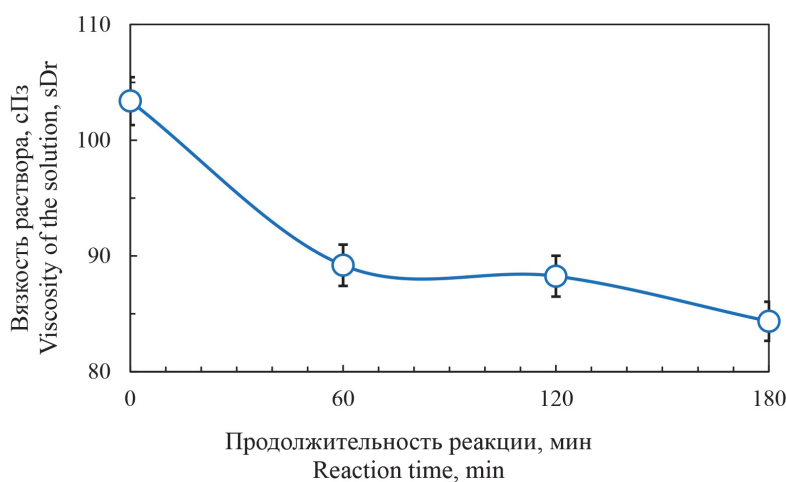


Рис. 4. Зависимость вязкости 1 %-ного раствора АЦ в ацетоне от продолжительности реакции гидролиза

Fig. 4. Dependence of viscosity of 1 % solution of AC in acetone on duration of hydrolysis reaction

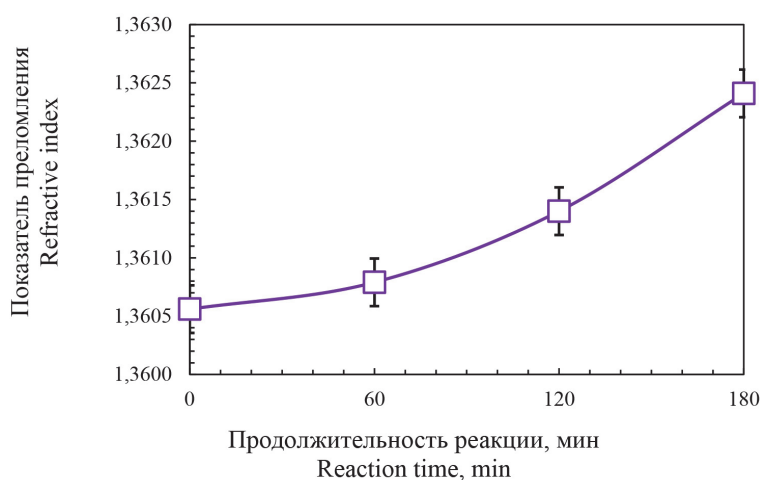


Рис. 5. Зависимость показателя преломления 1 %-ного раствора АЦ в ацетоне от продолжительности реакции гидролиза

Fig. 5. Dependence of the refractive index of 1 % solution of AC in acetone on the duration of the hydrolysis reaction

групп с уксусной кислотой в присутствии серной кислоты, наблюдалось увеличение степени ацетилирования гидролизатов по сравнению с таковой в исходном АЦ. Так как высокое содержание (СЗ более 2,5) ацетатных групп является препят-

ствием для действия ферментов (целлюлаз и эстераз), то повышение степени ацетилирования в процессе гидролиза представляется нежелательным. Вследствие этого в дальнейшем рекомендуется проводить реакцию гидролиза АЦ в среде ацетона.

Список источников

- Материалы из нетрадиционных видов волокон и сопутствующие продукты: технологии получения, свойства, перспективы применения : монография / А. В. Вураско, А. В. Артемов, М. А. Агеев [и др.]. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2024. 195 с.
- Материалы из нетрадиционных видов волокон: технологии получения, свойства, перспективы применения : монография / Е. Г. Смирнова, Е. М. Лоцманова, Н. М. Журавлева [и др.]. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 252 с.
- Шиповская А. Б. Реологические свойства растворов и расплавов волокнообразующих полимеров : учеб. пособие. Саратов : КУБиК, 2010. 37 с.
- Шкуро А. Е., Глухих В. В., Усова К. А. Получение биокomпозитов с полимерной фазой пластифицированных ацетатов целлюлозы с различной степенью ацетилирования // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 4 (394). С. 155–168. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-155-168
- Ach A. Biodegradable Plastics Based on Cellulose Acetate // Journal of Macromolecular Science Part A: Pure and Applied Chemistry. 1993. Vol. 9, № 10. P. 733–740.
- Cong Y. B. Cellulose acetate plasticizer systems : structure, morphology, and dynamics. Lyon : Universite Claude Bernard, 2015. 199 p.
- Erceg T., Vukić N., Šovljanski D. Preparation and characterization of biodegradable cellulose acetate-based films with novel plasticizer obtained by polyethylene terephthalate glycolysis intended for active packaging // Cellulose. 2023. Vol. 30, № 9. P. 5825–5844. DOI: 10.1007/s10570-023-05240-6
- Glukhikh V. V., Shkuro A. E., Krivonogov P. S. The effect of chemical composition on the biodegradation rate and physical and mechanical properties of polymer composites with lignocellulose fillers // Bulletin of the Karaganda University. Chemistry Series. 2020. Vol. 3, № 103. P. 83–92. DOI: 10.31489/2021Ch3/83-92
- Levi I. V., Gurkovskaya L. V. Cellulose ethers // Plastic masses. 1967. Vol. 12. P. 37–39.

References

- Ach A. Biodegradable Plastics Based on Cellulose Acetate // Journal of Macromolecular Science Part A: Pure and Applied Chemistry. 1993. Vol. 9, № 10. P. 733–740.
- Cong Y. B. Cellulose acetate plasticizer systems : structure, morphology, and dynamics. Lyon : Universite Claude Bernard, 2015. 199 p.
- Erceg T., Vukić N., Šovljanski D. Preparation and characterization of biodegradable cellulose acetate-based films with novel plasticizer obtained by polyethylene terephthalate glycolysis intended for active packaging // Cellulose. 2023. Vol. 30, № 9. P. 5825–5844. DOI: 10.1007/s10570-023-05240-6
- Glukhikh V. V., Shkuro A. E., Krivonogov P. S. The effect of chemical composition on the biodegradation rate and physical and mechanical properties of polymer composites with lignocellulose fillers // Bulletin of the Karaganda University. Chemistry Series. 2020. Vol. 3, № 103. P. 83–92. DOI: 10.31489/2021Ch3/83-92
- Levi I. V., Gurkovskaya L. V. Cellulose ethers // Plastic masses. 1967. Vol. 12. P. 37–39.
- Materials from non-traditional types of fibers and related products: production technologies, properties, application prospects: monograph / A. V. Vurasko, A. V. Artemov, M. A. Ageev [et al.]. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2024. 195 p.

Materials from non-traditional types of fibers: production technologies, properties, application prospects: monograph / E. G. Smirnova, E. M. Lotsmanova, N. M. Zhuravleva [et al.]. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2020. 252 p.

Shipovskaya A. B. Rheological properties of solutions and melts of fiber-forming polymers : a textbook. Saratov : KUBiK Publishing House, 2010. 37 p.

Shkuro A. E., Glukhikh V. V., Usova K. A. Obtaining biocomposites with a polymer phase of plasticized cellulose acetates with different degrees of acetylation // News of the Higher educational institutions. Forestry magazine. 2023. № 4 (394). P. 155–168. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-155-168 (In Russ.)

Информация об авторах

К. А. Усова – аспирант;

Р. Р. Авалев – бакалавр;

А. Е. Шкуро – доктор технических наук, доцент;

Л. Н. Прытков – научный сотрудник.

Information about the authors

K. A. Usova – graduate student;

R. R. Avalev – student;

A. E. Shkuro – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;

L. N. Prytkov – research fellow.

Статья поступила в редакцию 27.12.2024; принята к публикации 20.01.2025.

The article was submitted 27.12.2024; accepted for publication 20.01.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 141–159.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 141–159.

Научная статья

УДК 674.419.32 + 665.939.57 + 66.095.92

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.017

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАРДАНОЛСОДЕРЖАЩЕЙ ЭПОКСИДНОЙ МАТРИЦЫ

Антон Юрьевич Тесленко¹, Олег Федорович Шишлов²,
Виктор Владимирович Глухих³, Олег Stanisлавович Ельцов⁴

^{1,2} Уралхимпласт, Нижний Тагил, Россия

^{2,3} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

⁴ Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

¹ a.teslenko@ucp.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2729-6393>

² o.shishlov@ucp.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4656-5969>

³ gvictor@el.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6120-1867>

⁴ o.s.eltssov@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4681-2616>

Аннотация. Настоящая статья посвящена изучению физико-механических свойств карданолсодержащей эпоксидной матрицы, формируемой посредством реакции отверждения между эпоксидной смолой и карданолсодержащим основанием Манниха – фенолкамином. Актуальность исследования обусловлена потребностью в создании экологически чистых материалов с высокими эксплуатационными характеристиками. Уникальные свойства карданолсодержащей эпоксидной матрицы, такие как низкая токсичность, отличная адгезия к разнообразным поверхностям, повышенная химическая устойчивость и способность к отверждению при пониженных температурах, делают этот материал перспективным для использования в различных промышленных секторах, требующих подобных качеств. Экологическая значимость карданолсодержащей эпоксидной матрицы усиливается благодаря использованию карданола, извлекаемого из скорлупы орехов кешью, что согласуется с современными трендами устойчивого развития и минимизации негативного влияния на природу. В ходе обзора литературы рассмотрены преимущества карданолсодержащих оснований Манниха относительно традиционных отвердителей эпоксидных смол; продемонстрировано многообразие аминов и альдегидов, применяемых для синтеза фенолкаминов. На основе результатов анализа литературного обзора для синтеза фенолкамина были выбраны сырьевые компоненты исходя из их доступности, экономичности и технологических преимуществ. Предложенная методика синтеза фенолкамина базируется на ранее накопленном авторами опыте и позволяет получать фенолкамины в соответствии с установленными проектными нормами. Полученные результаты анализов, спектрометрии синтезированного фенолкамина свидетельствуют о соответствии параметров полученного продукта проектным нормам и подтверждают образование фенолкаминовых структур. Дополнительно опробована методика определения амин-протон эквивалентного веса методом дифференциальной сканирующей калориметрии. Показана возможность успешного изготовления карданолсодержащей эпоксидной матрицы, а также изучены физико-механические свойства карданолсодержащей эпоксидной матрицы и установлено, что она пригодна для производства древесно-композитных материалов с улучшенными свойствами.

Ключевые слова: карданол, фенолкамин, основания Манниха, карданолсодержащая эпоксидная матрица

Для цитирования: Изучение физико-механических свойств карданолсодержащей эпоксидной матрицы / А. Ю. Тесленко, О. Ф. Шишлов, В. В. Глухих, О. С. Ельцов // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2(93). С. 141–159.

Original article

RESEARCH OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF A CARDANOL-CONTAINING EPOXY MATRIX

Anton Yu. Teslenko¹, Oleg F. Shishlov², Viktor V. Glukhikh³, Oleg S. Eltsov⁴

^{1,2} Uralchimplast, Nizhny Tagil, Russia

³ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

⁴ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

¹ a.teslenko@ucp.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2729-6393>

² o.shishlov@ucp.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4656-5969>

³ gvictor@el.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6120-1867>

⁴ o.s.eltsov@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4681-2616>

Abstract. This article is devoted to the research of the physical and mechanical properties of a cardanol-containing epoxy matrix formed by a curing reaction between an epoxy resin and a cardanol containing Mannich base – phenalkamine. The relevance of this research is driven by the need for environmentally friendly materials with high performance characteristics. The unique properties of the cardanol-containing epoxy matrix, such as low toxicity, excellent adhesion to various surfaces, increased chemical resistance, and the ability to cure at lower temperatures, make it promising for use in industrial sectors that requiring such qualities. The environmental significance of the cardanol-containing epoxy matrix is enhanced by the use of cardanol extracted from cashew nut shells, which aligns with modern trends in sustainable development and minimizing negative impacts on nature. In reviewing the literature, we have examined the advantages of Mannich bases containing cardanol over traditional epoxy hardeners, the variety of amines and aldehydes used in phenalkamine synthesis is demonstrated. Based on the results of the literature review analysis, raw materials were selected for phenalkamine synthesis based on their availability, cost-effectiveness, and technological advantages. The proposed method for synthesizing phenalkamine is based on the experience previously gained by the authors and allows obtaining phenalkamines according to established design standards. The obtained analytical and spectroscopic data of the synthesized phenalkamine indicate that the resulting product parameters meet design standards and confirm the formation of phenalkamine structures. Additionally, a method for determining amine-proton equivalent weight using differential scanning calorimetry has been tested. The possibility of successful manufacture of a cardanol-containing epoxy matrix has been demonstrated, as well as its physical and mechanical properties have been studied and it has been determined that the cardanol-containing epoxy matrix is suitable for producing wood-composite materials with improved properties.

Keywords: cardanol, phenalkamine, Mannich bases, cardanol-containing epoxy matrix

For citation: Research of physical and mechanical properties of a cardanol-containing epoxy matrix / A. Y. Teslenko, O. F. Shishlov, V. V. Glukhikh, O. S. Eltsov // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2(93). P. 141–159.

Введение

Карданолсодержащая эпоксидная матрица (КЭМ) является результатом реакции отверждения, протекающей между эпоксидной смолой (ЭС) и карданолсодержащим основанием Манниха – феналкамином (Ф) (рис. 1). Благодаря феналкамину, входящему в состав эпоксидной матрицы, последняя обладает рядом свойств, выделяющих ее на фоне других эпоксидных матриц, полученных с использованием традиционных аминных отвердителей (полиэтиленполиаминов, аминофенолов и др.).

Феналкамины как отвердители эпоксидных смол впервые были разработаны компанией «3М» в 1970-х годах. Интерес к такого рода отверди-

телям обусловлен тем, что одним из сырьевых компонентов для синтеза феналкаминов является сырье растительного происхождения – карданол, который получают дистиляцией декарбоксилированной жидкости скорлупы орехов кешью. Также карданолсодержащие основания Манниха обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционно используемыми отвердителями эпоксидных смол, например, такими как возможность использования композиций, не содержащих растворителей; низкая токсичность; высокая адгезия к различным поверхностям; высокая химическая стойкость; способность отверждать эпоксидные композиции при низких температурах ($\sim 0 \dots -5^\circ\text{C}$) и др. (Parambath, 2017; Пакен, 1962).

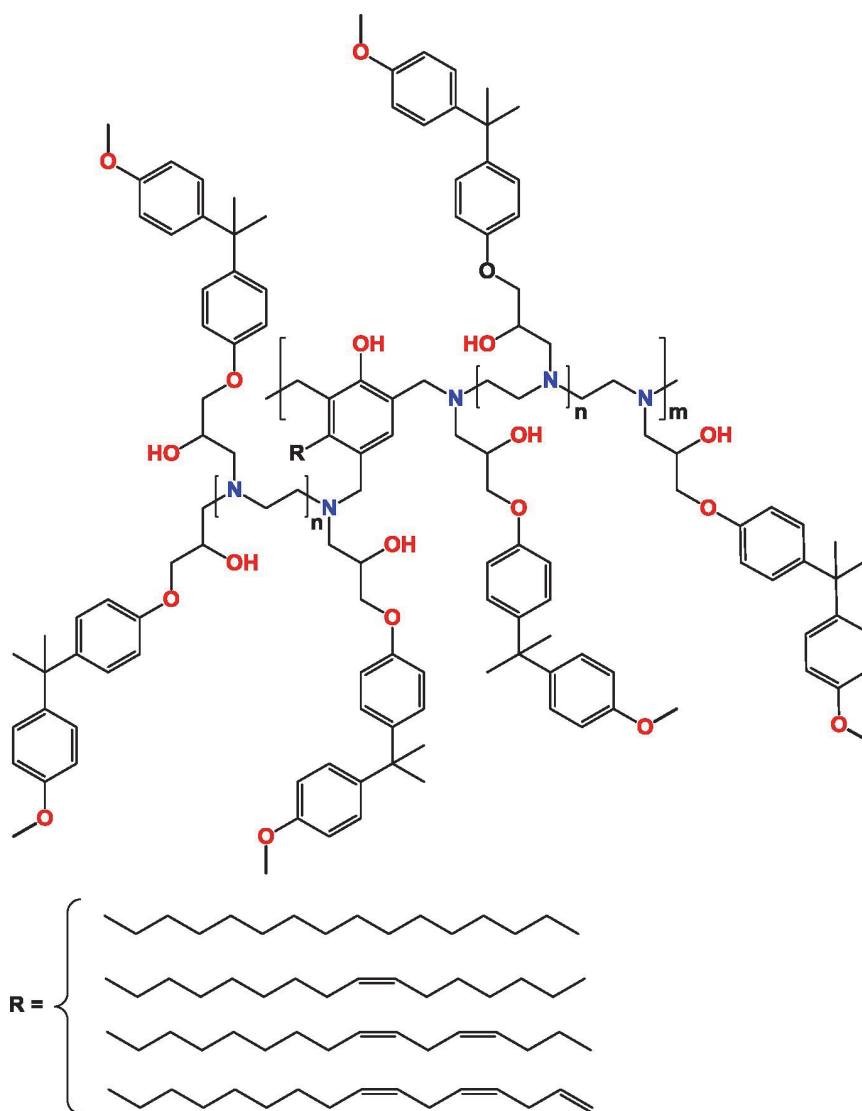


Рис. 1. Фрагмент структурной формулы карданолсодержащей эпоксидной матрицы

Fig. 1. Fragment of the structural formula of a cardanol-containing epoxy matrix

Отдельно стоит отметить, что карданол представляет собой смесь четырех C_{15} алк(-ен)илпроизводных фенола, содержащих алк(-ен)ильный заместитель в метаположении относительно гидроксильной группы, рис. 2 (Шишлов, 2022).

Карданолсодержащие основания Манниха получают путем конденсации аминов различной

структуры, формальдегида и карданола. Выбор компонентов для синтеза фенолкаминов определяется направлением их дальнейшего использования и сферой применения (Перспективные связующие..., 2020; Тесленко и др., 2024).

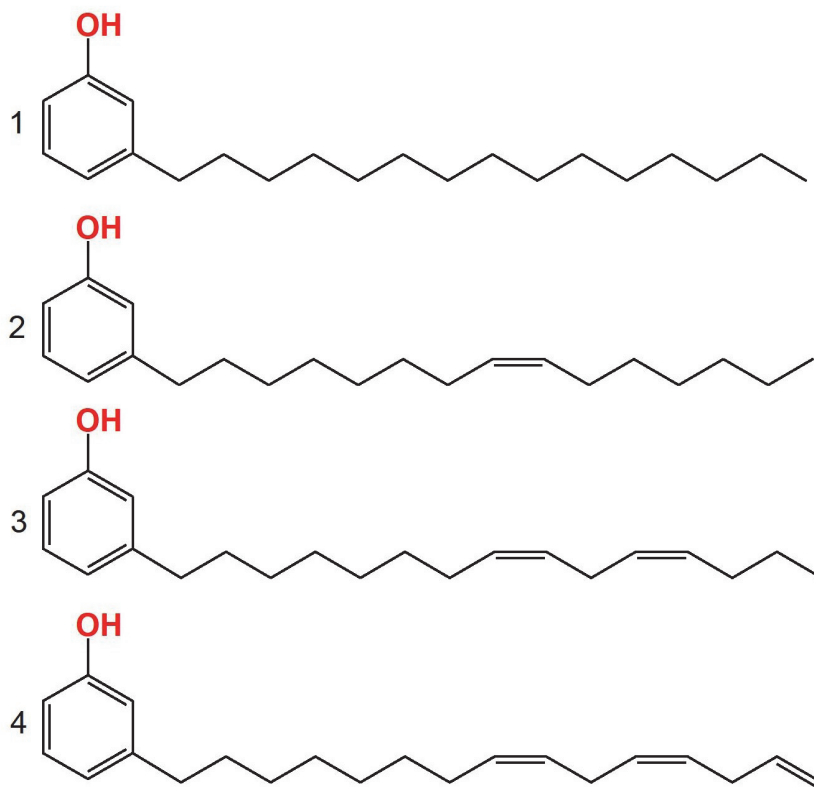


Рис. 2. Структурные формулы входящих в состав карданола соединений:
 1 – 3-пентадецилфенол; 2 – 3-(8'(Z)-пентадеценил)фенол; 3 – 3-(8'(Z),11'(Z)-пентадекадиенил)фенол;
 4 – 3-(8'(Z),11'(Z),14'-пентадекатриенил)фенол
 Fig. 2. Structural formulas of compounds contained in cardanol:
 1 – 3-pentadecylphenol; 2 – 3-(8'(Z)-pentadecenyl)phenol; 3 – 3-(8'(Z),11'(Z)-pentadeca-dienyl)phenol;
 4 – 3-(8'(Z),11'(Z),14'-pentadecatrienyl)phenol

Цель, задачи, методика и объект исследования

Целью данной работы является исследование физико-механических свойств карданолсодержащей эпоксидной матрицы.

Задачи, поставленные для достижения цели:

- синтез фенолкамина, изучение его показателей;
- исследование структуры фенолкамина спектральными методами ИК и ЯМР, подтверждение образования фенолкаминовых структур;

- определение амин-протон эквивалентного веса синтезированного фенолкамина;
- изучение физико-технологических свойств рабочей смеси ЭС:Ф;
- изготовление листов карданолсодержащей эпоксидной матрицы;
- исследование физико-механических свойств карданолсодержащей эпоксидной матрицы.

Объектом исследования являются физико-механические свойства карданолсодержащей эпоксидной матрицы.

В работе для описания полученного фенолкамина и его смесей с эпоксидной смолой были использованы следующие стандарты:

ТУ 20.59.59-1686-55778270–2018 с изм. 1 «Отвердители эпоксидных смол марок «Кардамин»;

ГОСТ Р 57779 «Смолы фенольные. Определение времени гелеобразования на полимеризационной плитке»;

ГОСТ Р 55135 «Пластмассы. Дифференциально сканирующая калориметрия (ДСК). Ч. 2: Определение температуры стеклования».

Физические свойства карданолсодержащей эпоксидной матрицы определяли по следующим стандартам:

ГОСТ 9621, п. 3.2 «Древесина слоистая клееная»; ГОСТ 3916.1, ISO 8302:1991 «Теплоизоляция. Определение термического сопротивления и соответствующих характеристик при стационарном тепловом режиме»;

ГОСТ 4650 «Пластмассы. Методы определения водопоглощения» (за 24 ч, при $23 \pm 2^\circ\text{C}$);

ГОСТ 24621 «Пластмассы и эбонит. Определение твердости при вдавливании с помощью дюрометра (твердость по Шору)».

Механические свойства определяли по следующим стандартам:

ГОСТ 4651 «Пластмассы. Метод испытания на сжатие»;

ГОСТ Р 56785 «Композиты полимерные. Метод испытания на растяжение плоских образцов»;

ГОСТ Р 56805 «Композиты полимерные. Методы определения механических характеристик при изгибе»;

ГОСТ 56799 «Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при сдвиге на образцах с V-образными надрезами»;

ГОСТ 4647 «Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи».

Полученный массив данных был проанализирован на наличие выбросов и последние были исключены. Для работы использовались усредненные значения изучаемых свойств.

Также в работе нами были использованы следующие приборы:

- инфракрасный спектрофотометр IR Prestige-21 с преобразованием Фурье, SHIMADZU (Япония);

- дифференциально сканирующий калориметр DSC 823e/700, MettlerToledo (Швейцария);

- термогравиметрический анализатор TGA/SDTA851e/SP1100, MettlerToledo (Швейцария);

- спектрометр ядерного магнитного резонанса ЯМР-фурье-спектрометр AVANCE NEO (600 МГц/151 МГц для ^{13}C), Bruker BioSpin AG, Швейцария;

- тепломер Lambda-Meter EP500e, прибор с изолированным нагревательным элементом Lambda-Messtechnik GmbH, Германия;

- универсальная разрывная машина Inspekt BlueTable 20kN, Hegewald & Peschke Mess- und Pruftechnik GmbH (Германия).

Результаты и их обсуждение

Литературный обзор. Для выбора компонентов и условий синтеза фенолкамина нами был проведен краткий обзор литературы (Tollens, 1903; Mannich, Braun, 1920; Блик и др., 1948; Гауптман и др., 1979; Кулиев, Мамедов, 1981; Ramasri Synthesis..., 1990; Bucherle et al., 1967; Beno, 1959; Rao, Pathak, 2006; Sandeep et al., 2006; Bimlesh Lochab et al., 2010; Preparation..., 2012; Polyols..., 2012; New aromatic amin..., 2014; Yuan Liu et al., 2014; Kathalewar, Sabnis, 2015; пат. № 3208859, 1965; а.с. № 338094, 1976; а.с. № 883016, 1981; пат. № 6262148, 1960; пат. № 8293132, 2012; пат. № 2019197359, 2019), из которого следует, что для синтеза фенолкамина на основе карданола используются различные амины (линейные этиленамины, циклические этиленамины, ароматические амины, этаноламины и др.), а в качестве альдегида широко используется формальдегид в виде водных растворов различной концентрации и в виде параформальдегида.

Стоит отметить, что среди исследователей не существует единого подхода к способу синтеза фенолкамина, но большая часть использует подход *in situ*, суть которого заключается в образовании в объеме реакционной массы иминиевого иона, который вступает в реакцию электрофильного замещения в ароматическом цикле карданола с образованием основания Манниха.

Для получения фенолкамина (наименование по проекту – «Кардамин Д») в качестве сырьевых

компонентов – амина и альдегида – нами были выбраны этилендиамин и формальдегид в виде параформальдегида соответственно.

Выбор данных соединений в качестве компонентов синтеза обусловлен их широкой доступностью в нашей стране, низкой ценой и некоторыми другими особенностями процесса синтеза феналкамина. В частности, температура кипения этилендиамина при нормальном атмосферном давлении составляет 117–119 °С, что позволяет удалить не вступивший в реакцию амин в более «мягких» технологических условиях, а использование параформальдегида с концентрацией основного вещества ~ 96,0–98,0 % позволяет направить протекание реакции в сторону образования целевого соединения – феналкамина – за счет уменьшения количества водной фазы в реакционной массе.

Методика синтеза, предложенная нами, была сформирована исходя из опыта, полученного в результате выполнения предыдущих работ (Тесленко и др., 2017; Тесленко и др., 2020а, б) и проектных норм синтезируемого феналкамина (табл. 1). Мольное соотношение карданол : этилендиамин : формальдегид выбирали так, чтобы показатели «Динамическая вязкость» и «Аминное число» готового продукта после удаления воды и не вступившего в реакцию амина были в диапазоне проектных норм (табл. 1).

Синтез феналкамина, изучение его показателей. Для синтеза феналкамина использовали четырехгорлую колбу, снабженную верхнеприводной мешалкой, термометром и теплообменником, способным работать как в «прямом», так и в «обратном» режимах, и водокольцевой вакуумный насос.

В реактор загружали 1,0 моль карданола, затем 2,0 моля этилендиамина. Содержимое реактора перемешивали и нагревали до температуры 80 °С. Затем в реакционную массу порционно вносили 2,0 моля формальдегида в течение 120 мин так, чтобы температура реакционной массы не превышала 100 °С. После добавления всего количества формальдегида реакционную массу разогревали до 110–115 °С и выдерживали при данной температуре в течение 60 мин. Затем из полученной реакционной массы под вакуумом удаляли воду и не вступивший в реакцию амин. После завершения процесса вакуумной сушки полученный феналкамин охлаждали до 25–30 °С и сливали в тару хранения готового продукта. Показатели полученного феналкамина представлены в табл. 1.

Исследование структуры феналкамина спектральными методами ИК и ЯМР, подтверждение образования феналкаминовых структур. Полученный нами феналкамин был также охарактеризован с помощью спектральных методов анализа (ИК, ЯМР ¹H, ЯМР ¹³C).

Таблица 1
Table 1

Показатели качества феналкамина (Кардамин Д)
Quality indicators of phenalkamine Cardamine D

№	Показатель Indicator	Проектируемая норма Design standard	Кардамин Д Cardamine D
1	Внешний вид Apperance	Однородная прозрачная жидкость без механических включений Homogeneous transparent liquid without mechanical inclusions	Соответствует Meets
2	Динамическая вязкость, при 25 °С, мПа·с Dynamic viscosity at 25 °С, mPa·s	2000–3000	2431
3	Аминное число, мгКОН/г Amine value, mgKOH/g	350–400	371
4	Массовая доля воды, %, не более Water content, % by mass, not more than	2,0	0,2

В полученном ИК-спектре феналкамина (рис. 3) были выделены характеристические полосы поглощения (табл. 2). Анализ характеристических полос поглощения позволяет говорить о протекании реакции Манниха и образовании феналкамина.

По результатам зарегистрированных спектров ЯМР ^1H , ^{13}C можно однозначно утверждать о присоединении этилендиаминового фрагмента к молекуле карданола. Так, в спектре ЯМР ^1H по сравнению с исходным спектром карданола в области 3,83–2,42 м. д. зарегистрированы сигналы NCH_2 метиленовых протонов. Причем анализ интегральной интенсивности указывает на присоединение двух фрагментов $-\text{CH}_2-\text{NH}(\text{CH}_2)-\text{NH}-$ к одной молекуле карданола: в области ароматических колебаний наблюдается только два ароматических

протона, тогда как в сильном поле суммарно дополнительно наблюдаются 12 метиленовых протонов (рис. 4).

В спектре ЯМР ^{13}C (сигналы CH и CH_3 направлены вниз, сигналы C и CH_2 – вверх) по сравнению с исходным спектром карданола в области 76–41 м. д. также наблюдаются сигналы углеродов метиленовых групп (рис. 5).

Однозначно определить структуру феналкамина по спектрам ЯМР не представляется возможным по причине образования нескольких продуктов в результате синтеза, в том числе и возможных дополнительных продуктов олигомеризации, но можно предположить, что синтезированный феналкамин имеет следующую структуру (рис. 6).

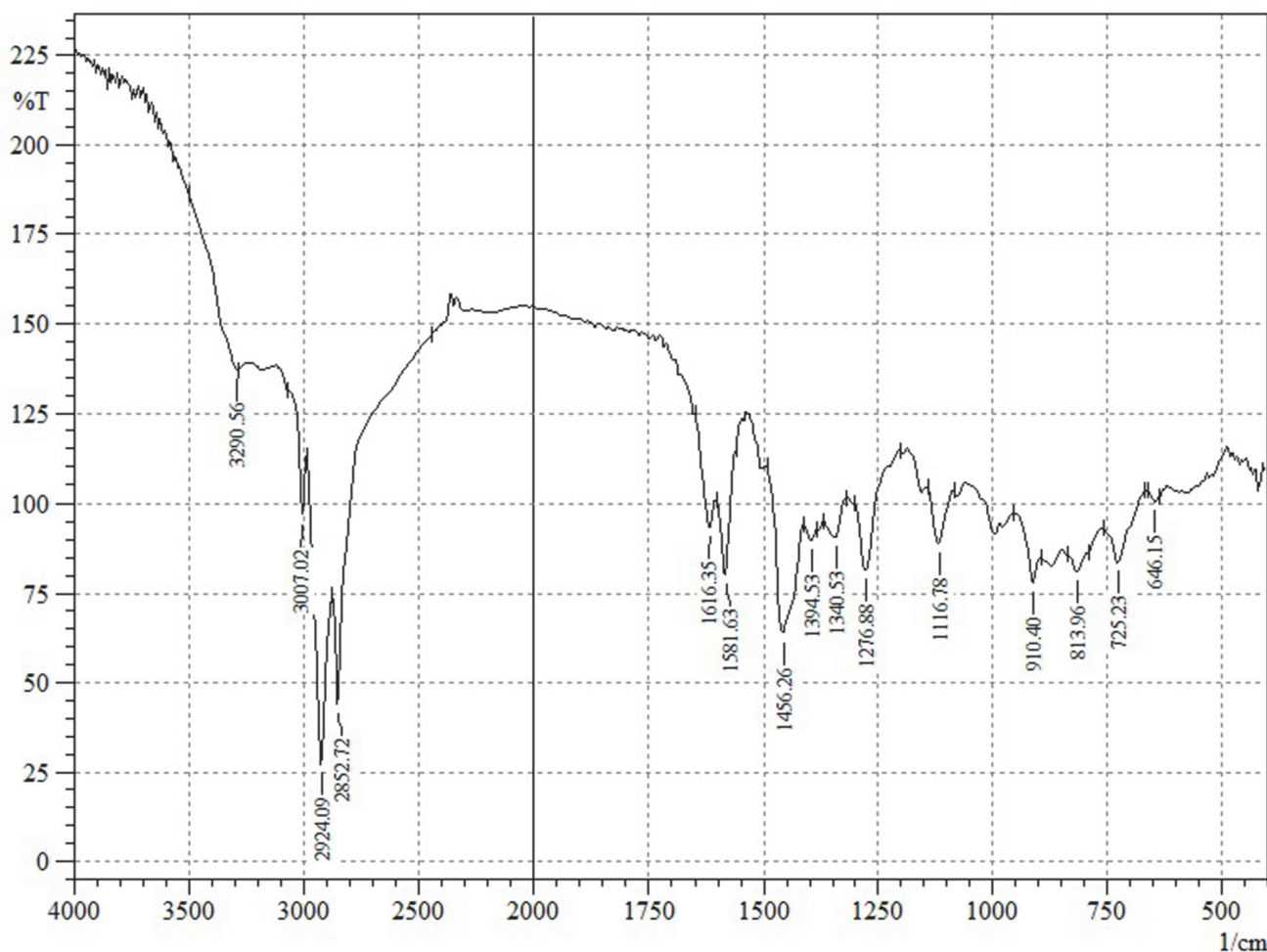


Рис. 3. ИК-спектр феналкамина (Кардамин Д) в диапазоне 400–4000 cm^{-1}
Fig. 3. IR spectrum of phenalkamine (Cardamine D) in the range of 400–4000 cm^{-1}

Таблица 2
Table 2

Данные ИК-спектроскопии фенолкамина (Кардамин Д)
IR spectroscopy data of phenalkamine (Cardamine D)

Положение пика, см ⁻¹ Peak position, cm ⁻¹	Группа Group
3290	вал. колебания –ОН групп val. Oscillations –OH groups
3007	вал. колебания =C–H в алк(-ен)ильном заместителе val. oscillations =C–H in the alk(-en)il substituent
2924	вал. асим. колебания –CH ₂ -групп val. asym. oscillations –CH ₂ -groups
2852	вал. сим. колебания –CH ₂ -групп val. sym. oscillations –CH ₂ -groups
1616	вал. колебания ароматического кольца val. oscillations of the aromatic ring
1581	вал. колебания –NH _x -групп val. oscillations –NH _x -groups
1456	деф. колебания ароматического кольца def. oscillations of the aromatic ring
1394	вал. колебания –N–C-групп val. oscillations –N–C-groups
1340	деф. колебания C–H-групп def. oscillations C–H-groups
1276	деф. колебания –ОН-групп def. oscillations –OH-groups
1116	вал. колебания –N–C-групп val. oscillations –N–C-groups
910	CH неплоское колебание, концевая HRC=CH ₂ CH is a non-planar oscillation, terminal HC=CH ₂
813	деф. колебания –NH _x -групп def. oscillations –NH _x -groups
725	маят. колебания –CH ₂ -групп в алк(-ен)ильном заместителе pend. oscillations of –CH ₂ -groups in alk(-en)strong substitution
646	колебания углеродного скелета в алканах oscillations of the carbon skeleton in alkanes

Определение амин-протон эквивалентного веса синтезированного фенолкамина. Одним из важных параметров аминных отвердителей (АО) эпоксидных смол является амин-протон эквивалентный вес (АНЕВ, г/экв), который позволяет рассчитать стехиометрическое соотношение ЭС : аминый отвердитель:

$$X = \frac{100АНЕВ}{ЕЕВ}, \tag{1}$$

где X – масса аминного отвердителя, требующаяся для отверждения 100 г эпоксидной смолы, г;
 $АНЕВ$ – амин-протон эквивалентный вес аминного отвердителя, г/экв;

$ЕЕВ$ – эпоксидный эквивалентный вес эпоксидной смолы взятой для отверждения, г/экв.

Существуют различные подходы и методы (A study..., 2019; Combined analytical techniques..., 2007; Jeffrey Gotro, 2014) для определения амин-протон-эквивалентного веса отвердителя. Основной подход базируется на знании структурной формулы используемого аминного отвердителя и реализуется по формуле

$$АНЕВ = \frac{M}{n}, \tag{2}$$

где M – молекулярная масса отвердителя, г/моль;
 n – количество протонов, находящихся при первичных, вторичных аминогруппах отвердителя.

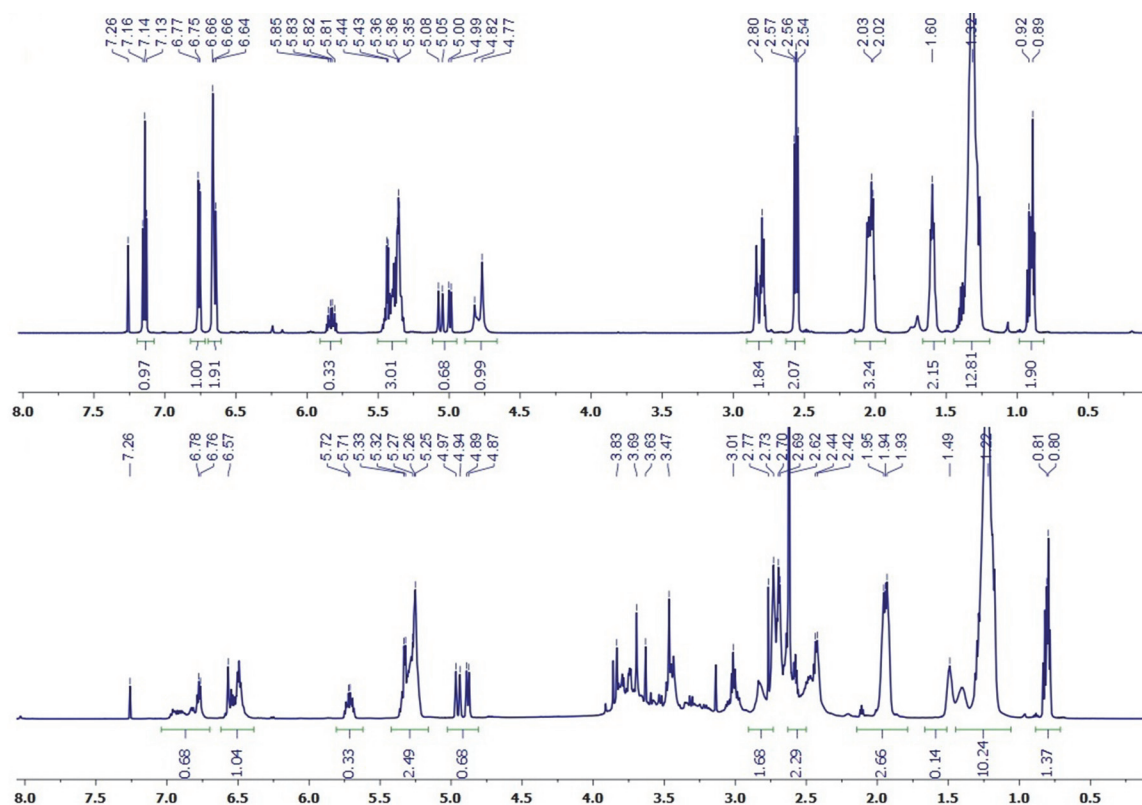


Рис. 4. ЯМР ^1H спектр феналкамина (нижний) и карданола (верхний)

Fig. 4. NMR ^1H spectrum of phenalkamine (bottom) and cardanol (top)

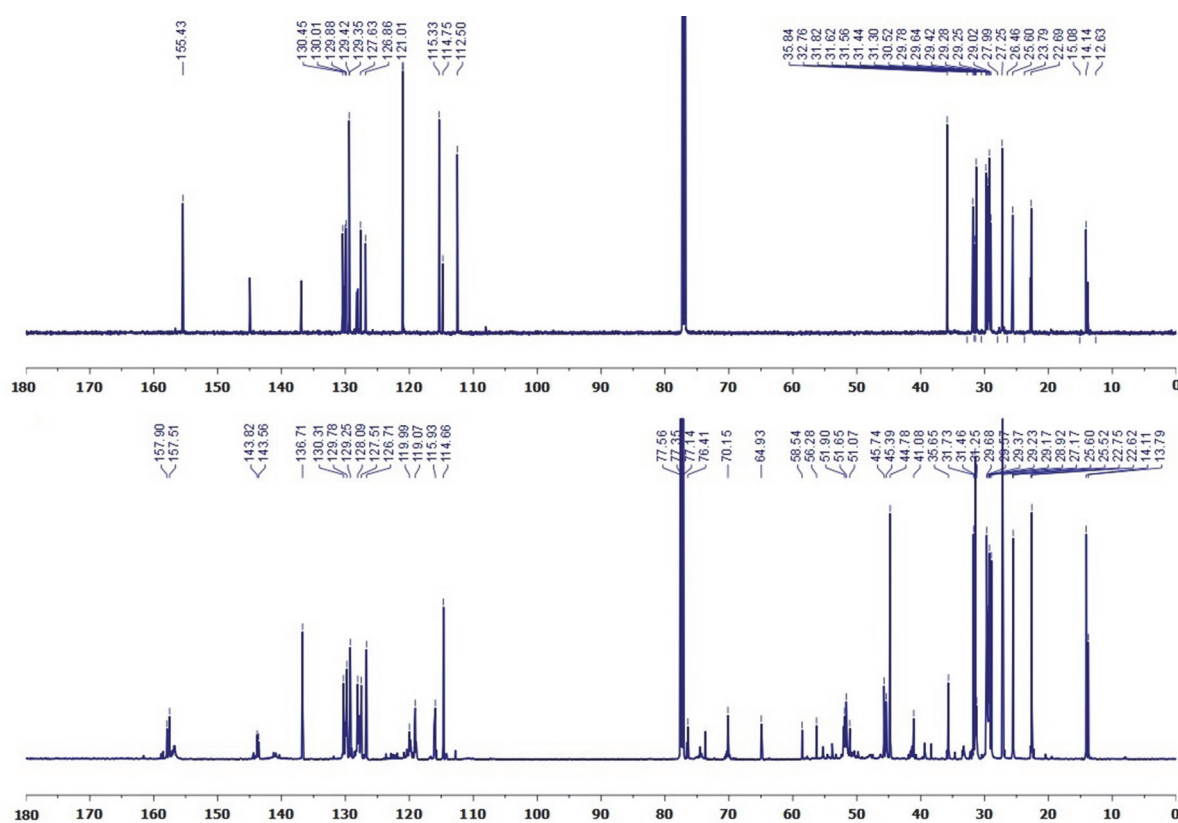


Рис. 5. ЯМР ^{13}C спектр феналкамина (нижний) и карданола (верхний)

Fig. 5. NMR ^{13}C spectrum of phenalkamine (bottom) and cardanol (top)

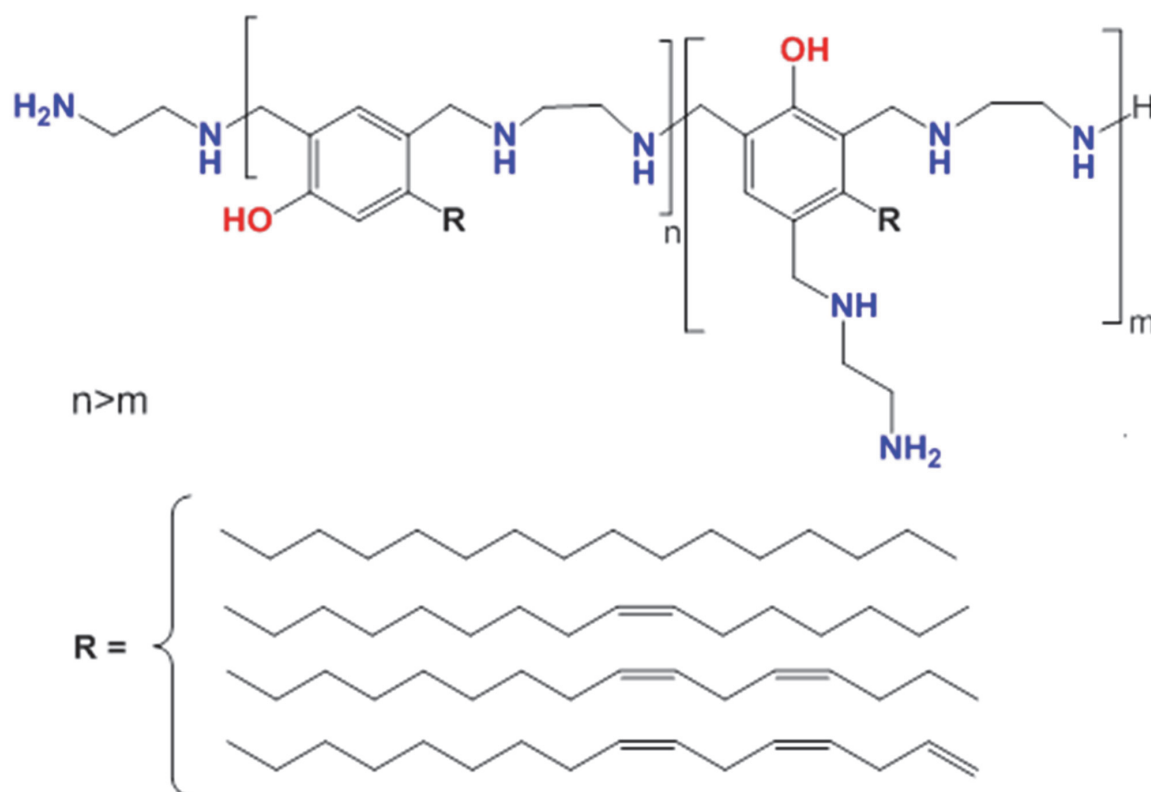


Рис. 6. Предполагаемая структура феналкамина (Кардамин Д)
Fig. 6. Presumed structure of phenalkamine (Cardamine D)

В отсутствии достоверной информации о строении синтезированного нами феналкамина было решено использовать подход, опирающийся на определение температуры стеклования отвержденной композиции методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК).

Суть метода заключается в измерении изменения теплового потока как функции температуры, а характеристические температуры стеклования определяют по полученной кривой, скорость нагрева – 20 °С/мин. За температуру стеклования отвержденной смеси № 1–7 ($T_{cp,mg}$) принималось усредненное значение ($T_{mg,i}$), найденное для трех отвержденных образцов одинакового состава.

Расчет стехиометрического соотношения для смесей № 1–7 определяли по формуле (1) исходя из предполагаемой структуры синтезированного нами феналкамина (см. рис. 6). Согласно предложенной структуре (см. рис. 6 и формулу (2)) амин-протон эквивалентный вес феналкамина (Кардамин Д) составляет ≈ 91 г/экв.

Для нахождения амин-протон эквивалентного веса синтезированного феналкамина были приго-

товлены смеси № 1–7 эпоксидно-диановой смолы (YD-128, EEW=184...190 г/экв) с исследуемым феналкаминам, количество феналкамина для каждой смеси было рассчитано в соответствии с формулой (1) и предполагаемым амин-протон эквивалентным весом феналкамина ≈ 91 г/экв. Для получения объективных результатов приготовленные смеси охватывают диапазон амин-протон эквивалентного веса от 70 до 100 г/экв (табл. 3).

Полученные смеси № 1–7 были залиты в кубические формы объемом 5 см³, которые затем были отверждены при 20 °С в течение 24 ч и относительной влажности воздуха 65 ± 5 %. Затем полученные образцы кондиционировались в течение 7 дней при температуре 20–25 °С и относительной влажности воздуха 65 ± 5 %.

Далее для полученных образцов были найдены температуры стеклования, результаты представлены в табл. 3 и на рис. 7.

Как видно из табл. 3 и рис. 7, температура стеклования отвержденных смесей возрастает до определенного значения ($T_{cp,mg} = 57$ °С, $AHEW = 90...95$ г/экв), а затем начинает снижаться,

Таблица 3

Table 3

Зависимость температуры стеклования отвержденной смеси № 1–7 от ее состава
Dependence of the glass transition temperature of the cured mixture № 1–7 on its composition

№ смеси Mixture number	АНЕВ, г/экв АНЕВ, g/eq	Состав, мас. ч. ЭС:Ф Composition, p. w. ER:Ph	$T_{mg\ 1}, ^\circ\text{C}$	$T_{mg\ 2}, ^\circ\text{C}$	$T_{mg\ 3}, ^\circ\text{C}$	$T_{cp.\ mg}, ^\circ\text{C}$
1	70	100:37,4	52,98	52,69	52,77	52,81
2	75	100:40,1	54,41	54,09	54,24	54,25
3	80	100:42,8	54,77	54,49	54,73	54,66
4	85	100:45,5	55,49	55,25	55,39	55,38
5	90	100:48,1	57,19	56,81	56,79	56,93
6	95	100:50,8	56,72	56,63	56,92	56,76
7	100	100:53,5	55,96	55,77	56,14	55,96

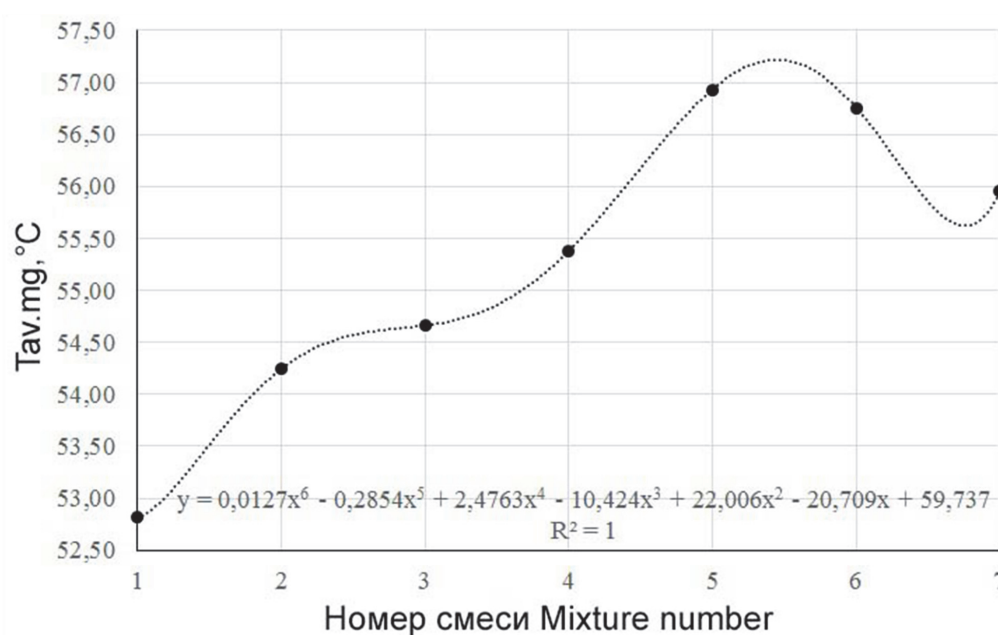


Рис. 7. Зависимость температуры стеклования отвержденной смеси № 1–7 от ее состава
Fig. 7. Dependence of the glass transition temperature of the cured mixture № 1–7 on its composition

данный факт объясняется тем, что при амин-протон эквивалентном весе 90–95 г/экв находится истинное стехиометрическое соотношение для данной пары компонентов (YD-128 : Кардамин Д=100 : 48,1...50,8 мас. ч.).

Для дальнейшей работы было выбрано рабочее соотношение ЭС:Ф, которое составило 100:50 мас. ч., что соответствует амин-протон эквивалентному весу, равному 93,5 г/экв.

Отдельно стоит отметить, что отклонение амин-протон эквивалентного веса (найденного с помощью температуры стеклования) от предполагаемого (исходя из предложенной структуры фенолкамина, см. рис. 6) составило 2,67 %, что подтверждает истинность изначальных предположений, связанных со строением синтезированного фенолкамина.

Изучение физико-технологических свойств рабочей смеси ЭС:Ф. Для выбора режима совместной переработки рабочей смеси ЭС:Ф с древесным материалом, нашедшего отражение в работе (Тесленко и др., 2024), нами были определены такие показатели смеси, как «Плотность при 25 °С», которая составила 1015 кг/м³; «Динамическая вязкость» и «Время гелеобразования» смеси при различных температурах, результаты представлены в табл. 4.

Изготовление листов карданолсодержащей эпоксидной матрицы. Для изучения физико-механических свойств карданолсодержащей эпоксидной матрицы, состоящей из эпоксидно-диановой смолы (YD-128) и фенолкамина (Кардамин Д), взятых в рабочем соотношении, были изготовлены пять листов карданолсодержащей эпоксидной матрицы (рис. 8).

Таблица 4
Table 4

Температурная зависимость технологических свойств рабочей смеси
Temperature dependence of the technological properties of the working mixture

Температура, °С Temperature, °C	Время гелеобразования, мин Gelation time, min	Динамическая вязкость, мПа·с Dynamic viscosity, MPa·s
20	180	8860
25	120	5016
30	91*	2812
35	73*	1963
40	58*	1559
50	40	792
65	19*	726
75	10	643
100	3	265*
125	1,5	169*
150	0,5	116*

* Данные вычислены путем аппроксимации полученных значений, $R^2 = 0,98...0,99$.
* The data were calculated by approximating the obtained values, $R^2 = 0,98...0,99$.

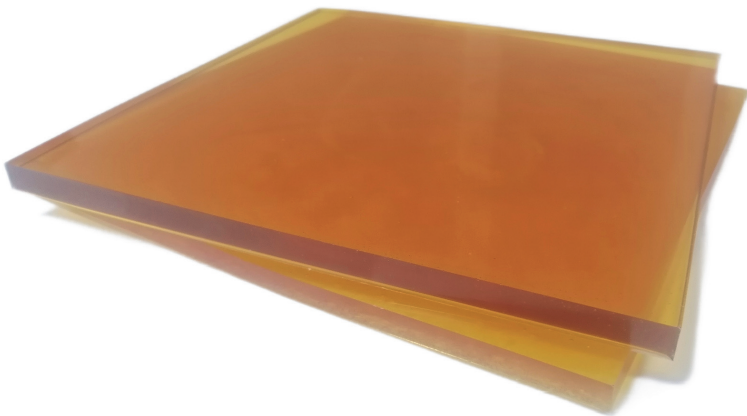


Рис. 8. Листы карданолсодержащей эпоксидной матрицы
Fig. 8. Sheets of cardanol-containing epoxy matrix

Листы были получены следующим образом. Сначала была приготовлена рабочая смесь, температура компонентов перед смешением компонентов и температура рабочей смеси после смешения компонентов составила 20 °С. Затем полученную смесь разлили в силиконовые формы объемом 625 см³, отверждение проводили при 20 °С в течение 24 ч и относительной влажности воздуха 65 ± 5 %. Потом полученные листы кондиционировались в течение 7 дней при температуре 20–25 °С и относительной влажности воздуха 65 ± 5 %.

Изучение физико-механических свойств карданолсодержащей эпоксидной матрицы. Для описания полученной эпоксидной матрицы был снят профиль термогравиметрической кривой отвержденной рабочей смеси (рис. 9).

Анализ кривой термогравиметрического анализа показал наличие одной ступени убыли массы, начинающейся при температуре 250 °С, и пика этого процесса при 380 °С. Данный процесс является

термическим разложением отвержденной композиции и характеризует термостойкость полученной карданолсодержащей эпоксидной матрицы.

Полученные листы карданолсодержащей эпоксидной матрицы были изучены нами в соответствии со стандартами, указанными ранее. В табл. 5 представлены результаты определения физико-механических свойств карданолсодержащей эпоксидной матрицы в сравнении с таковыми эпоксидной матрицы, полученной с использованием в качестве аминного отвердителя полиэтиленполиамин (ПЭПА) (Ковалев и др., 2023).

Анализ полученных физико-механических свойств (см. табл. 5) показал, что карданолсодержащая эпоксидная матрица, полученная из синтезированного нами феналкамина, обладает повышенными прочностными свойствами и меньшим водопоглощением в сравнении с таковыми эпоксидной матрицы, полученной с использованием традиционного связующего ПЭПА.

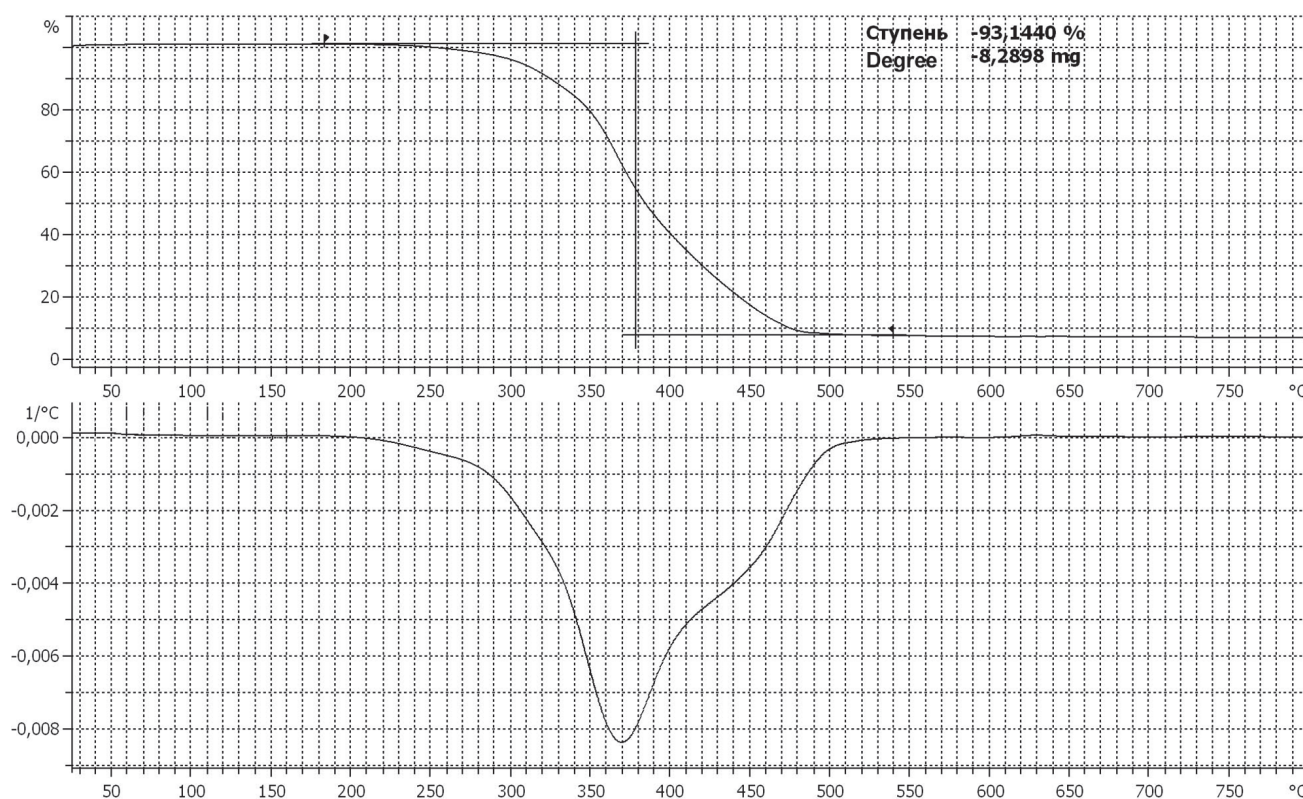


Рис. 9. Профиль кривой термогравиметрического анализа карданолсодержащей эпоксидной матрицы
Fig. 9. Thermogravimetric analysis curve profile of cardanol-containing epoxy matrix

Таблица 5
Table 5

Физико-механические свойства карданолсодержащей эпоксидной матрицы
Physico-mechanical properties of cardanol-containing epoxy matrix

Свойство Property	Значение для эпоксидной матрицы Value for epoxy matrix	
	Отвержденной феналкаминем Cured with phenalkamine	Отвержденной полиэтиленполиамином Cured with polyethylenepolyamine
Плотность, кг/м ³ Density, kg/m ³	1060	1096
Водопоглощение, %, при 23±2 °С за 24 ч Water absorption, %, at 23±2 °C for 24 hours	0,3	1,3
Теплопроводность, Вт·м/К Thermal conductivity, W·m/K	0,217	0,215
Твердость по Шору Shore hardness	90	95
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа Compressive strength, MPa	77,2	39,0
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа Bending strength, MPa	3,1	1,5
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа Tensile strength, MPa	54,0	24,0
Разрушающее напряжение при сдвиге, МПа Shear strength, MPa	30,2	23,0
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ² Charpy impact toughness, kJ/m ²	305	95

Выводы

В результате проделанной работы:

- показана возможность синтеза феналкамина из выбранных сырьевых компонентов по предложенной технологии, показатели которого соответствуют проектным нормам;
- спектральными методами анализа показано, что в продукте реакции присутствуют феналкамин-овые структуры;
- показано, что опробованная методика определения амин-протон эквивалентного веса с ис-

пользованием дифференциально сканирующей калориметрии может быть использована для нахождения стехиометрического соотношения ЭС : аминный отвердитель;

- показана возможность получения карданол-содержащей эпоксидной матрицы, прочностные и эксплуатационные свойства которой превосходят аналогичные свойства эпоксидной матрицы, полученной с использованием ПЭПА.

Список источников

- А. с. 883016 СССР, МПК C07C 91/28. Способ получения третичных экранированных оксибензиламинов / В. Н. Воронцова, Ф. Б. Гершанов, У. М. Джемилев [и др.]. № 2699035 : заявл. 19.12.1978 : опубл. 23.11.1981.
- А. с. 338094 СССР, МПК C07C 91/34. Способ получения бис-(3,5-ди-трет-бутил-4-оксибензил)алкиламинов / Ф. М. Егидис, Е. К. Гребнюкова, Л. В. Глушкова [и др.]. № 1422076 : заявл. 10.04.1970 : опубл. 15.01.1976.
- Блик Ф. Ф., Смит Л. И., Физер Л. Органические реакции / ред. амер. изд. : Р. Адамс (общ. ред.) [и др.] ; пер. с англ. М. А. Шлосберга ; под ред. и с доп. А. Я. Берлина. Сб. 1. М. : Госиноиздат, 1948. 527 с.
- Гауптман З., Грефе Ю., Румане Х. Органическая химия. М. : Химия, 1979. 832 с.
- Тесленко А. Ю., Шишов О. Ф., Глухих В. В. Исследование влияния технологических факторов на свойства лущено-рубленого древесно-композиционного материала (ЛРДКМ) с карданолсодержащей эпоксидной матрицей // Системы. Методы. Технологии. 2024. № 1 (61). С. 138–146. DOI: 10.18324/2077-5415-2024-1-138-146
- Ковалев И. А., Тесленко А. Ю., Шишов О. Ф. Исследование физико-механических свойств эпоксидной полимерной матрицы на основе карданолсодержащего основания Манниха // Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения : матер. XIX междунар. науч.-практ. конф. Нальчик, 03–08 июля 2023 года. Нальчик : Принт Центр, 2023. С. 201.
- Пакен А. М. Эпоксидные соединения и эпоксидные смолы / пер. с нем. Валецкий П. М. ; ред. : Эфрос Л. С. Л. : Госхимиздат, Ленингр. отд-ние, 1962. 963 с.
- Пат. № 2019197359 Всемирной организации интеллектуальной собственности. Process for producing phenalkamines : № PCT/EP2019/058864 : заявл. 09.04.2019 : опубл. 17.10.2019 / Gauri Sankar Lal, Michael Cook, Emmanouil Roumpelakis, Gamini Ananda Vedage.
- Пат. № 3208859 Соединенные Штаты Америки. Organic compositions stabilized with 3, 5-dialkyl-4-hydroxybenzyl amine : № 10023 : заявл. 23.02.1960 : опубл. 28.09.1965 / Thomas H Coffield.
- Пат. № 6262148 Соединенные Штаты Америки. Phenalkamine curing agents and epoxy resin compositions containing the same : № US09/334,085 : заявл. 23.02.1960 : опубл. 17.07.2001 / Chi-Wen Frank Cheng, David Bender, Hsing Tie Wang.
- Пат. № 8293132 Соединенные Штаты Америки. Phenalkamine and salted amine blends as curing agents for epoxy resins : US12/809,321 : заявл. 10.12.2008 : опубл. 23.10.2012 / Setsuo Sato, Shailesh C Shah, Ramiro Carielo Bueno, Robert M Moon, Arnaldo Ferreira.
- Перспективные связующие для фанеры на основе эпоксидных систем с карданолсодержащими основаниями Манниха / А. Ю. Тесленко, О. Ф. Шишов, В. В. Глухих, О. С. Ельцов // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 1(45). С. 85–90. DOI: 10.18324/2077-5415-2020-1-85-90
- Кулиев А. М., Мамедов Ф. Н. Производные фенолов и тиолов / ред. К. И. Садыков. Баку : Элм, 1981. 223 с.
- Тесленко А. Ю., Шишов О. Ф., Глухих В. В. Синтез и свойства карданолсодержащего основания Манниха на основе изофорондиамин / Актуальные проблемы науки о полимерах : сб. тр. Всерос. науч. конф. (с междунар. участием) преподавателей и студентов вузов, Казань, 21–22 апреля 2020 года. Казань : Казан. нац. исслед. технол. ун-т, 2020а. С. 27.
- Тесленко А. Ю., Шишов О. Ф., Глухих В. В. Синтез карданолсодержащего основания Манниха – перспективного отвердителя эпоксидных связующих для древесных композитов // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы : социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики : матер. XI Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2017. С. 315–317.

- Тесленко А. Ю., Шишилов О. Ф., Глухих В. В. Синтез карданолсодержащего основания Манниха и получение полимерного древесно-композиционного материала на его основе // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : матер. V Всерос. науч.-техн. конф.-вебинара, Санкт-Петербург, 16–18 июня 2020 года. СПб. : Политех-Пресс, 2020б. С. 251–253.
- Шишилов О. Ф. Химия анакардоидов : монография. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2022. 484 с.
- A study on thermal and rheological cure characterization of a sulfur-containing epoxy resin / *Dagdag Omar, El Bouchti Mehdi, Cherkaoui Omar* [et al.] // *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 2019. Vol. 54. P. 1–8.
- Beno R.* Die Mannich Reaktion. Berlin, 1959. P. 195.
- Bimlesh Lochab, Indra K. Varma, Jayashree Bijwe.* Thermal behavior of cardanol-based benzoxazines // *J. Them Anal Calorim*. 2010. Vol. 102. P. 769–774.
- Bucherle A., Ducluzeaux E., Haimovici F.* Aminomethyl derivatives of para-aminophenol // *Chem. Ther.* 1967. Vol. 26. P. 410–414.
- Combined analytical techniques for the determination of the amine hydrogen equivalent weight in aliphatic amine epoxide hardeners / *Gonzalez Filiberto, Silva Patricia, Soares Bluma, Rieumont Briones Jaques* // *Polymer Testing – POLYM TEST*. 2007. Vol. 26. P. 95–101.
- Gotro J.* Thermoset Characterization. Part 1–3: Cure Characterization using DSC // *Polymer Innovation Blog*. 2014. URL: <https://polymerinnovationblog.com/thermoset-characterization-part-1-introduction-dsc/> (accessed 28.05.2023).
- Kathalewar M., Sabnis A.* Effect of molecular weight of phenalkamines on the curing, mechanical, thermal and anticorrosive properties of epoxy based, coatings // *Progress in Organic Coating*. 2015. Vol. 84. P. 79–88.
- Mannich C., Braun R.* Ueber die Synthese von b-ketobasen aus Aminsalzen, Formaldehyd und cyclo-Hexanon. Berlin, 1920. Vol. 50. P. 1874.
- New aromatic amine based on cardanol giving new biobased epoxy networks with cardanol / *Emilie Darroman, Lea Bonnot, Remi Auvergene* [et al.] // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2014. Vol. 117. P. 178–189.
- Parambath Anilkumar.* Cashew Nut Shell Liquid A Goldfield for Functional Materials. Springer International Publishing AG, 2017. 230 p.
- Polyols and Rigid Polyurethane Foams from Cashew Nut Shell Liquid / *Mihail Ionescu, Xianmei Wan, Nikola Bilić, Zoran S. Petrovic* // *J. Polym Environ*. 2012. Vol. 20. P. 647–658.
- Preparation of a light color cardanol-based curing agent and epoxy resin composite : Cure-induced phase separation and its effect on properties / *Kun Huang, Yan Zhang, Mei Li* [et al.] // *Progress in Organic Coatings*. 2012. Vol. 74. P. 240–247.
- Rao B. S., Pathak S. K.* Thermal and Viscoelastic Properties of Sequentially Polymerized Networks Composed of Benzoxazine, Epoxy, and Phenalkamine Curing Agents // *Journal of Applied Polymer Science*. 2006. Vol. 100. P. 3956–3965.
- Sandeep K., Pathak B., Rao S.* Structural Effect of Phenalkamines on Adhesive Viscoelastic and Thermal Properties of Epoxy Networks // *Journal of Applied Science*. 2006. Vol. 102. P. 4741–4748.
- Synthesis and Characterization of Mannich Bases from Cardbisphenol / *M. Ramasri, G. S. Srinivasa Rao, P. S. Sampathkumaran, M. M. Shirsalkar* // *Journal of Applied Polymer Science*. 1990. Vol. 39. P. 1994–2000.
- Tollens B., Marle C. M.* Ueber Formaldehyd Derivate des Acetophenon. Berlin, 1903. Vol. 36. P. 1351.
- Yuan Liu, Juan Wang, Shiai Xu.* Synthesis and Curing Kinetics of Cardanol-Based Curing Agents for Epoxy Resin by In Situ Depolymerization of Paraformaldehyde // *Journal of Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry*. 2014. Vol. 52. P. 472–480.

References

- A study on thermal and rheological cure characterization of a sulfur-containing epoxy resin / *Dagdag Omar, El Bouchti Mehdi, Cherkaoui Omar* [et al.] // *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 2019. Vol. 54. P. 1–8.
- A. s. № 883016 USSR, IPC C07C 91/28. Method for the production of tertiary shielded oxybenzylamines : № 2699035 : application. 19.12.1978 : publ. 23.11.1981 / *V. N. Vorontsova, F. B. Gershanov, U. M. Dzhemilev* [et al.] (In Russ.)
- A. s. № 338094 USSR, IPC C07C 91/34. Method of preparation of bis-(3,5-di-tert-butyl-4-oxybenzyl) alkylaminov : № 1422076 : application 10.04.1970 : publ. 15.01.1976 / *F. M. Egidis, E. K. Grebnyukova, L. V. Glushkova* [et al.] (In Russ.)
- Beno R.* Die Mannich Reaktion. Berlin, 1959. P. 195.
- Bimlesh Lochab, Indra K. Varma, Jayashree Bijwe.* Thermal behavior of cardanol-based benzoxazines // *J. Them Anal Calorim*. 2010. Vol. 102. P. 769–774.
- Blick F. F., Smith L. I., Fizer L.* Organic reactions / ed. amer. ed. : R. Adams (general ed.) [et al.] ; translated from the English by M. A. Schlosberg ; ed. and with the addition of A. Ya. Berlin, Sat. 1 Moscow : Gosinoizdat, 1948. 527 p.
- Bucherle A., Ducluzeaux E., Haimovici F.* Aminomethyl derivatives of para-aminophenol // *Chem. Ther.* 1967. Vol. 26. P. 410–414.
- Combined analytical techniques for the determination of the amine hydrogen equivalent weight in aliphatic amine epoxide hardeners / *Gonzalez Filiberto, Silva Patricia, Soares Bluma, Rieumont Briones Jaques* // *Polymer Testing – POLYM TEST*. 2007. Vol. 26. P. 95–101.
- Gotro J.* Thermoset Characterization. Part 1–3: Cure Characterization using DSC // *Polymer Innovation Blog*. 2014. URL: <https://polymerinnovationblog.com/thermoset-characterization-part-1-introduction-dsc/> (accessed 28.05.2023).
- Hauptman Z., Grefe Y., Rumane H.* Organic chemistry. Moscow : Chemistry, 1979. 832 p.
- Kathalewar M., Sabnis A.* Effect of molecular weight of phenalkamines on the curing, mechanical, thermal and anticorrosive properties of epoxy based, coatings // *Progress in Organic Coating*. 2015. Vol. 84. P. 79–88.
- Kuliyev A. M., Mammadov F. N.* Derivatives of phenols and thiols / ed. by K. I. Sadykov. Baku : Elm, 1981. 223 p.
- Mannich C., Braun R.* Ueber die Synthese von b-ketobasen aus Aminsäuren, Formaldehyd und cyclo-Hexanon. Berlin, 1920. Vol. 50. P. 1874.
- New aromatic amine based on cardanol giving new biobased epoxy networks with cardanol / *Emilie Darroman, Lea Bonnot, Remi Auvergne* [et al.] // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2014. Vol. 117. P. 178–189.
- Paken A. M.* Epoxy compounds and epoxy resins / trans. from it. Valetsky P. M. ; ed. : Efros L. S. Leningrad : Goskhimizdat, Leningrad Publishing House, 1962. 963 p.
- Parambath Anilkumar.* Cashew Nut Shell Liquid A Goldfield for Functional Materials. Springer International Publishing AG, 2017. 230 p.
- Patent № 2019197359 of the World Intellectual Property Organization. Process for producing phenalkamines : PCT/EP2019/058864 application 09.04.2019 : published 17.10.2019 / *Gauri Sankar Lal, Michael Cook, Emmanouil Roumpelakis, Gamini Ananda Vedage*.
- Patent № 3208859 United States of America. Organic compositions stabilized with 3, 5-dialkyl-4-hydroxybenzyl amine : 10023 : declared 23.02.1960 : published 28.09.1965 / *Thomas H Coffield*.

- Patent № 6262148 United States of America. Phenalkamine cur-ing agents and epoxy resin compositions containing the same : US09/334.085 application 23.02.1960 : published 17.07.2001 / *Chi-Wen Frank Cheng, David Bender, Hsing Tie Wang*.
- Patent № 8293132 United States of America. Phenalkamine and salted amine blends as curing agents for epoxy resins : US12/809,321 application 10.12.2008 : published 23.10.2012 / *Setsuo Sato, Shailesh C Shah, Ramiro Carielo Bueno, Robert M Moon, Arnaldo Ferreira*.
- Polyols and Rigid Polyurethane Foams from Cashew Nut Shell Liquid / *Mihail Ionescu, Xianmei Wan, Nikola Bilić, Zoran S. Petrovic* // J. Polym Environ. 2012. Vol. 20. P. 647–658.
- Preparation of a light color cardanol-based curing agent and epoxy resin composite : Cure-induced phase separation and its effect on properties / *Kun Huang, Yan Zhang, Mei Li* [et al.] // Progress in Organic Coatings. 2012. Vol. 74. P. 240–247.
- Promising binders for plywood based on epoxy systems with cardanol-containing Mannich bases / *A. Yu. Teslenko, O. F. Shishlov, V. V. Glukhikh, O. S. Yeltsov* // Systems. Methods. Technologies. 2020. № 1 (45). P. 85–90. DOI: 10.18324/2077-5415-2020-1-85-90 (In Russ.)
- Rao B. S., Pathak S. K.* Thermal and Viscoelastic Properties of Sequentially Polymerized Networks Composed of Benzoxazine, Epoxy, and Phenalkamine Curing Agents // Journal of Applied Polymer Science. 2006. Vol. 100. P. 3956–3965.
- Sandeep K., Pathak B., Rao S.* Structural Effect of Phenalkamines on Adhesive Viscoelastic and Thermal Properties of Epoxy Networks // Journal of Applied Science. 2006. Vol. 102. P. 4741–4748.
- Shishlov O. F.* Chemistry of anacardoids : a monograph. Yekaterinburg : Ural University Press, 2022. 484 p.
- Synthesis and Characterization of Mannich Bases from Cardbisphenol / *M. Ramasri, G.S. Srinivasa Rao, P.S. Sampathkumaran, M.M. Shirsalkar* // Journal of Applied Polymer Science. 1990. Vol. 39. P. 1994–2000.
- Teslenko A. Yu., Shishlov O. F., Glukhikh V. V.* Synthesis and properties of a cardanol-containing Mannich base based on isoforondiamine // Actual problems of polymer science : proceedings of the All-Russian Scientific Conference (with international participation) of teachers and university students, Kazan, April 21–22, 2020 / Kazan National Research Technological University. Kazan : Kazan National Research Technological University, 2020a. P. 27. (In Russ.)
- Teslenko A. Yu., Shishlov O. F., Glukhikh V. V.* Synthesis of a cardanol-containing Mannich base – a promising hardener of epoxy binders for wood composites // Forest science in the implementation of the concept of the Ural engineering school: socio-economic and environmental problems of the forest sector of the economy : mater. XI International Scientific and Technical conf. Yekaterinburg, 2017. P. 315–317. (In Russ.)
- Teslenko A. Yu., Shishlov O. F., Glukhikh V. V.* Synthesis of a cardanol-containing Mannich base and obtaining a polymer wood-composite material based on it // Forests of Russia: politics, industry, science, education : materials of the All-Russian V Scientific and technical conference-webinar, St. Petersburg, June 16–18, 2020 / St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov. St. Petersburg : Polytech Press, 2020b. P. 251–253. (In Russ.)
- Tollens B., Marle C. M.* Ueber Formaldehyd Derivate des Acetophenon. Berlin, 1903. Vol. 36. P. 1351.
- Yuan Liu, Juan Wang, Shiai Xu.* Synthesis and Curing Kinetics of Cardanol-Based Curing Agents for Epoxy Resin by In Situ Depolymerization of Paraformaldehyde // Journal of Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry. 2014. Vol. 52. P. 472–480.

Информация об авторах

А. Ю. Тесленко – ведущий инженер научно-технического центра;

О. Ф. Шишлов – доктор технических наук, профессор; директор по науке и развитию;

В. В. Глухих – доктор технических наук, профессор;

О. С. Ельцов – кандидат химических наук, доцент, заведующий лабораторией.

Information about the authors

A. Yu. Teslenko – Leading Engineer at the Research and Technology Center;

O. F. Shishlov – Doctor of Technical Sciences, Professor; Director of Science and Development;

V. V. Glukhikh – Doctor of Technical Sciences, Professor;

O. S. Eltsov – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory.

Статья поступила в редакцию 22.12.2024; принята к публикации 24.02.2025.

The article was submitted 22.12.2024; accepted for publication 24.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 160–168.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 160–168.

Научная статья

УДК 615.322.012

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.018

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СИНБИОТИКА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ КАРОТИНОИДОВ И БИОФЛАВОНОВ

Юлия Васильевна Приб¹, Анатолий Андреевич Щеголев²

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

¹ juliaprib00@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3934-0689>

² shegolev_46@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлена разработка технологии получения синбиотика на основе природных каротиноидов и биофлавоноидов. Новый синбиотический препарат является активным биогенным стимулятором для организма при различных заболеваниях пищеварительной системы человека, имеет высокую жизнеспособность и антагонистическую активность в отношении патогенной микрофлоры. Целью данной работы является совершенствование состава и технологии получения синбиотического препарата на основе биомассы бактерий *Bacillus Subtilis* и липофильного биоорганического комплекса плодов облепихи. Технологический процесс включает следующие стадии: приготовление засевного материала культуры *Bacillus Subtilis*, культивирование микробной биомассы в биореакторе. Последующее сгущение биомассы путем сепарации позволяет получить концентрат, в который добавляют углекислотный экстракт плодов облепихи. Полученную жидкую рецептурную массу разливают во флаконы и помещают в лиофильную установку для удаления воды в условиях отрицательных температур и инертной газовой среды. Коммерческим препаратом является твердая биомасса бактерий *Bacillus Subtilis*, содержащая в качестве биостимулятора роста углекислотный экстракт облепихи. Разработанная технологическая линия рекомендуется для внедрения на химико-фармацевтических предприятиях России. В данной работе представлено положительное влияние углекислотного экстракта плодов облепихи на рост биомассы бактерий *Bacillus Subtilis* в лабораторном эксперименте. В проведенном исследовании оптимизированы условия процесса получения синбиотического препарата на основе биомассы бактерий *Bacillus Subtilis*. Впервые в производстве синбиотика использован биостимулирующий эффект липофильного биоорганического комплекса плодов облепихи на рост биомассы бактерий *Bacillus Subtilis* в условиях глубинного аэробного культивирования. Разработанная технологическая схема с подбором оборудования для получения синбиотика экологически безопасна.

Ключевые слова: синбиотики, пробиотики, пребиотики, биоспорин, углекислотный экстракт плодов облепихи, экстрагирование

Для цитирования: Приб Ю. В., Щеголев А. А. Разработка технологии получения синбиотика на основе природных каротиноидов и биофлавоноидов // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 160–168.

Original article

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR OBTAINING SYNBOTICS BASED ON NATURAL CAROTENOIDS AND BIOFLAVONOIDS

Yulia V. Prib¹, Anatoly A. Shchegolev²

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

1 juliaprib00@mail.ru <https://orcid.org/0009-0002-3934-0689>

2 shchegolev_46@mail.ru

Abstract. This article presents the development of a technology for obtaining synbotics based on natural carotenoids and bioflavonoids. The new synbiotic preparation is an active biogenic stimulant for the body in various diseases of the human digestive system, has high viability and antagonistic activity against pathogenic microflora. The purpose of this research is to improve the composition and technology of obtaining a synbiotic preparation based on the biomass of *Bacillus Subtilis* bacteria and the lipophilic bioorganic complex of sea buckthorn fruits. The technological process includes the following stages: preparation of *Bacillus Subtilis* culture seed, cultivation of microbial biomass in a bioreactor. The subsequent thickening of biomass by separation makes it possible to obtain a concentrate to which carbon dioxide extract of sea buckthorn fruits is added. The resulting liquid formulation is poured into vials and placed in a freeze-drying unit to remove water at subzero temperatures and an inert gas environment. A commercial preparation is a solid biomass of *Bacillus Subtilis* bacteria containing carbonic acid extract of sea buckthorn as a biostimulator of growth. The developed technological line is recommended for implementation at chemical and pharmaceutical enterprises in Russia. This research presents the positive effect of carbonic acid extract of sea buckthorn fruits on the growth of the biomass of *Bacillus Subtilis* bacteria in a laboratory experiment. In the conducted research, the conditions of the process of obtaining a synbiotic preparation based on the biomass of *Bacillus Subtilis* bacteria were optimized. For the first time in the production of a synbiotic, the biostimulating effect of the lipophilic bioorganic complex of sea buckthorn fruits on the growth of the biomass of *Bacillus Subtilis* bacteria under conditions of deep aerobic cultivation was used. A technological scheme with the selection of equipment for obtaining an environmentally friendly synbiotic has been developed.

Keywords: synbotics, probiotics, prebiotics, biosporin, carbonic acid extract of sea buckthorn fruits, extraction

For citation: Prib Yu. V., Shchegolev A. A. Development of a technology for obtaining synbotics based on natural carotenoids and bioflavonoids // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 160–168.

Введение

Существует устойчивая тенденция роста интереса врачей и пациентов к использованию лекарственных средств, созданных на основе лекарственного растительного, а не синтетического сырья (Дикорастущие лекарственные растения..., 2014). Одновременно с этим в лесном хозяйстве России большое внимание уделяется вопросу интенсификации использования ресурсов дикорастущих

пищевых и лекарственных растений (Панин, 2022). В стране существуют большие ресурсы, которые пока не вовлечены в хозяйственный оборот (Боярский и др., 2021).

Разработка препаратов на основе не просто натурального растительного сырья, а дикорастущих лесных лекарственных ресурсов одновременно решает задачу развития многоцелевого лесопользования.

Цель данного исследования – разработать технологию получения синбиотического препарата на основе биомассы бактерий *Bacillus Subtilis*, формирующихся на биоорганических плодах облепихи.

В настоящее время интенсивно развивается такое направление биотехнологии, как разработка и использование в медицинской практике синбиотиков (Раскина, 2018). Синбиотики – бактериальные препараты полифункционального состава, включающие в себя комбинацию пробиотиков и пребиотиков. Пробиотики – живые непатогенные микроорганизмы, которые в организме человека восстанавливают микробиоценозы и оказывают оздоровительный эффект. Пребиотики – биологически активные вещества или биоорганические комплексы, которые стимулируют рост и развитие пробиотиков (Кайбышева, Никонов, 2019).

Облепиха является садовой культурой и дикорастущим плодовым растением, имеющим значительное распространение в России (Панин, 2022). Данный вид может являться перспективным пребиотиком.

Объекты и методы исследования

Наиболее известным из существующих синбиотиков на основе облепихи является «Биоспорин», созданный на базе штамма бактерии *Bacillus Subtilis* (Литусов, 1998; 2003). В табл. 1 приведены его показатели качества. *Bacillus Subtilis*, или сенная палочка, – вид грамположительных спорообразующих аэробных бактерий, представителей рода *Bacillus*. Он является антагонистом патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, таких как сальмонелла, стафилококки, стрептококки, а также продуцентом рибофлавина и антибиотиков.

Таблица 1
Table 1

Показатели качества коммерческого препарата «Биоспорин»
на основе штамма *Bacillus Subtilis*
The quality indicators of the commercial medication “Biosporin”
based on the *Bacillus Subtilis*

Показатель Indicator	Требования ФС Requirements FS	Выпускаемая серия препарата The manufactured series of the medication
Внешний вид Appearance	Пористая масса от светло-желтого до бежевого цвета Porous mass from light yellow to beige color	Пористая масса светло-серого цвета The porous mass is light gray in color
Количество жизнеспособных бацилл в дозе, млрд: The number of viable bacilli in a dose, billion: – <i>B. Subtilis</i>	(1–8) 10 ⁹	(5,1±0,7) 10 ⁹
Кислотность, ед. PH Acidity, units PH	6,5±1,0	6,2±0,3
Массовая доля влаги, % Mass fraction of moisture, %	3,5	2,4±0,4
Контаминация посторонними бактериями Contamination by foreign bacteria	Не допускается Not allowed	Отсутствует Absent
Антагонистическая активность (зона угнетения роста тестируемой культуры), мм: Antagonistic activity (growth inhibition zone of the tested culture), mm: – <i>Shigella sonne</i> – <i>Salmonella typhimurium</i> – <i>Staphylococcus</i> – <i>Candida albicans</i>	10, не менее / at least 10, не менее / at least 15, не менее / at least 12, не менее / at least	12±1 12±1 28±3 27±3

Объекты исследования – биоорганический комплекс плодов облепихи, содержащий биофлавоноиды и каротиноиды. Качество сырья контролировали в соответствии с нормативными требованиями фармакопейной статьи ВФС 42-2452–94 (Об утверждении..., 2023).

В данном исследовании была разработана структурная схема получения препарата пребиотика «Бактисубтил плюс», содержащего комплекс каротиноидов и биофлавоноидов и являющегося аналогом коммерческого препарата «Биоспорин». Данный препарат является активным биогенным стимулятором для организма при различных заболеваниях пищеварительной системы человека, имеет высокую жизнеспособность и антагонистическую активность в отношении патогенной микрофлоры.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 приведена структурная схема получения пребиотика, содержащего комплекс каротино-

идов и биофлавоноидов. Влияние углекислотного экстракта плодов облепихи на рост биомассы бактерий *Bacillus Subtilis* показано на рис. 2.

В табл. 2 содержатся сведения о составе синбиотического препарата «Бактисубтил плюс», разработанная нами структурная схема его получения представлена на рис. 3.

Целевым продуктом является синбиотический препарат «Бактисубтил плюс». Процесс получения препарата включает следующие стадии: приготовление засевного материала культуры *Bacillus Subtilis*, культивирование микробной биомассы в биореакторе.

Последующее сгущение биомассы путем сепарации позволяет получить концентрат, в который добавляют углекислотный экстракт плодов облепихи. Полученную жидкую рецептурную массу разливают во флаконы и помещают в лиофильную установку для удаления воды в условиях отрицательных температур и инертной газовой среды.

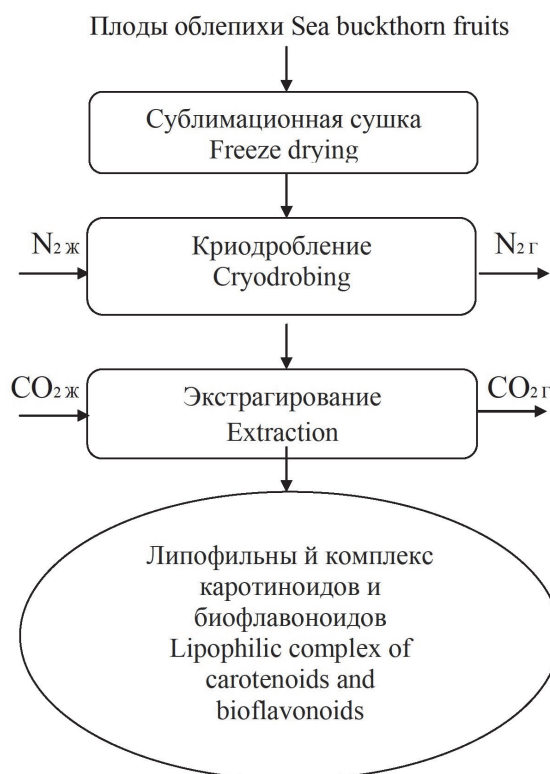


Рис. 1. Структурная схема получения пребиотика, содержащего комплекс каротиноидов и биофлавоноидов

Fig. 1. Shows a block diagram of the production of a probiotic containing a complex of carotenoids and bioflavonoids

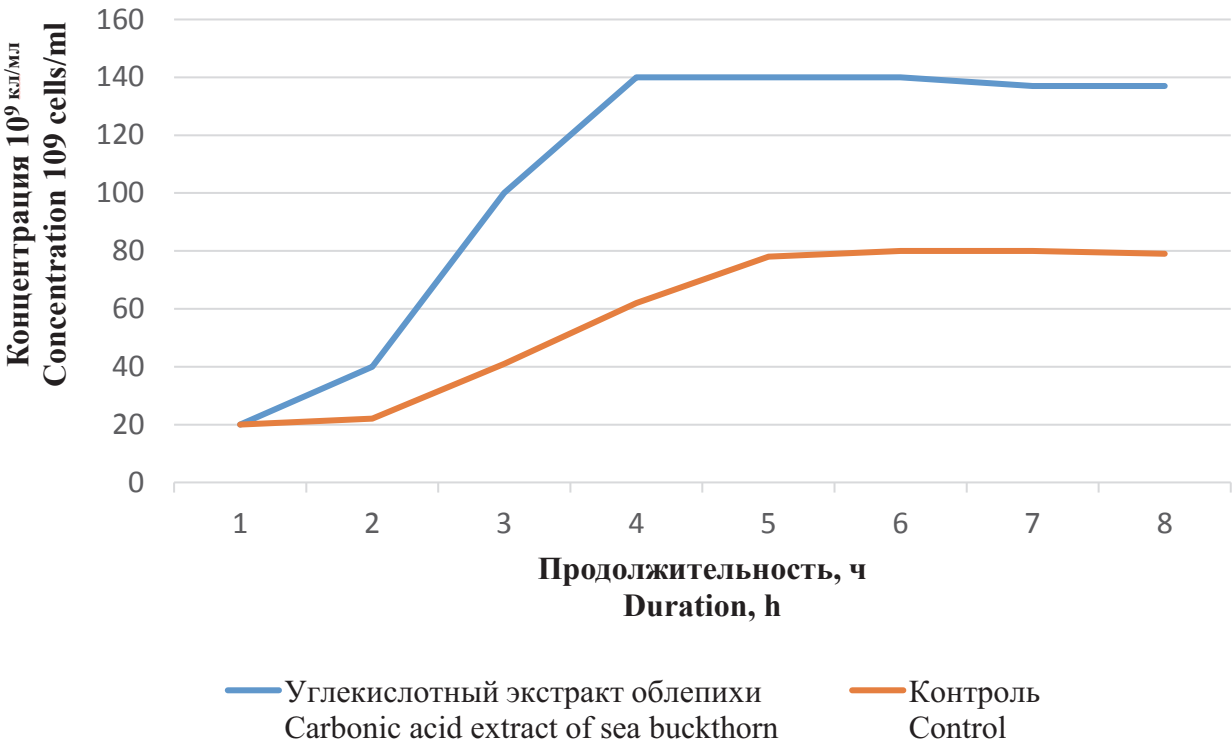


Рис. 2. Влияние углекислотного экстракта плодов облепихи на рост биомассы бактерий
Fig. 2. The effect of carbonic acid extract of sea buckthorn fruits on the biomass growth of bacteria

Таблица 2
Table 2

Состав синбиотика «Бактисубтил плюс»
The composition of the synbiotic «Bactisubtil plus»

Показатель Indicator	Содержание, % Content, %
Внешний вид Appearance	Таблетка светло-желтого цвета в стеклянном флаконе A light yellow tablet in a glass bottle
Содержание воды Water content	Не более 3 No more than 3
Культура бактерий <i>B. Subtilis</i> Bacterial culture <i>B. Subtilis</i>	Не менее 96,5 Minimal 96,5
Липофильный комплекс каротиноидов и биофлавоноидов Lipophilic complex of carotenoids and bioflavonoids	Не менее 0,5 Minimal 0,5

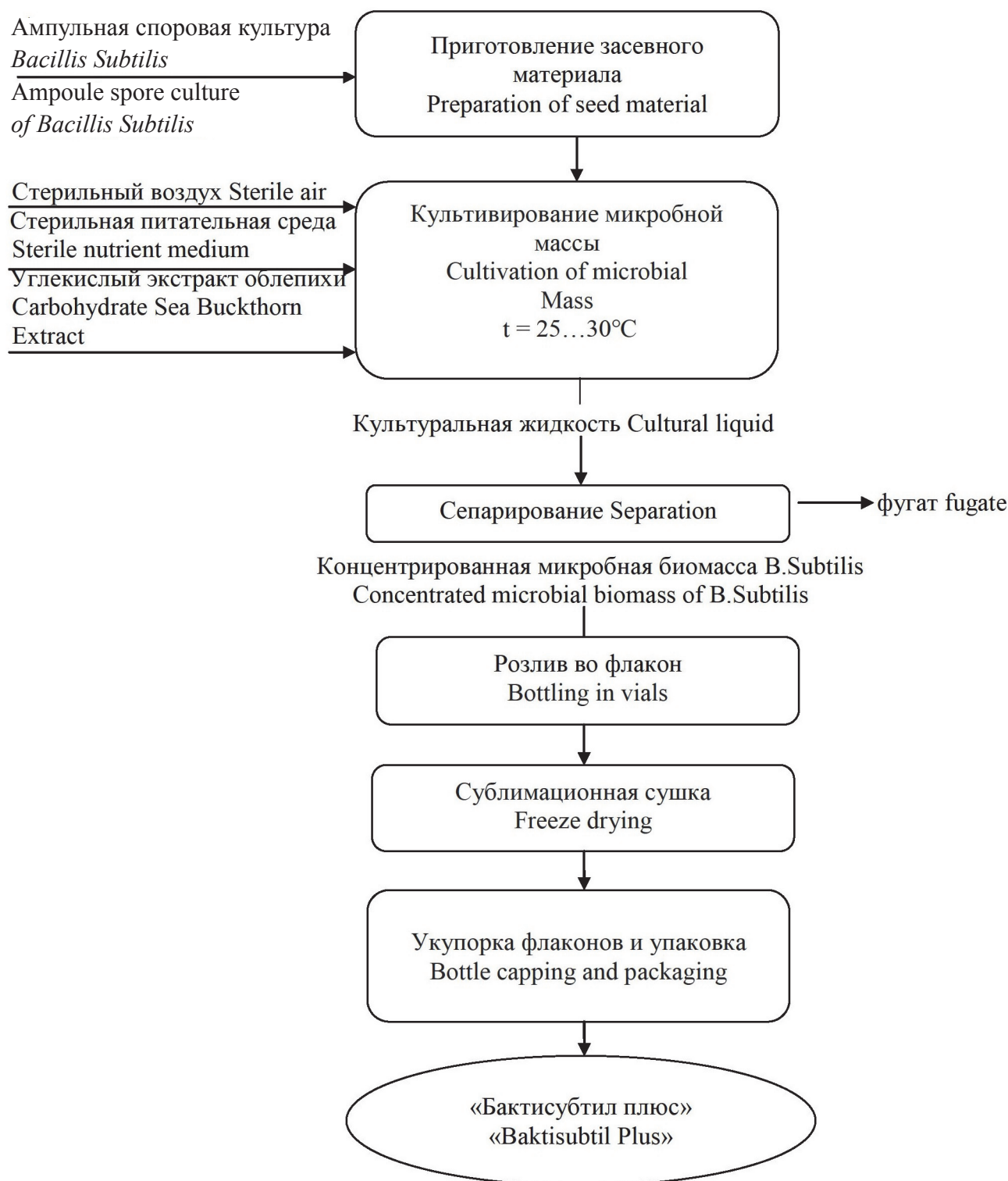


Рис. 3. Структурная схема получения синбиотического препарата «Бактисубтил плюс»
Fig. 3. Block diagram of the preparation of the synbiotic drug "Bactisubtil plus"

Технологическая схема получения синбиотика с подбором оборудования представлена на рис. 4. В засевной ферментатор Ф1 на 20 л вводят стерильный водный раствор питательной среды и липофильный экстракт облепихи. Из засевого биореактора Ф1 при достижении концентрации клеток порядка 10 млрд (10^9) клеток в 1 мл раствора культуральную жидкость перекачивают в промышленный биореактор емкостью 100 л.

Микробную массу из ферментатора Ф2 подают центробежным насосом в сепаратор, где происходит сгущение биомассы.

Под действием центробежных сил она отводится в накопительную емкость. Водный раствор питательной среды отводится в Ф2. Из накопительной емкости концентрированная биомасса подается на установку дозирования во флаконы емкостью 10 мл.

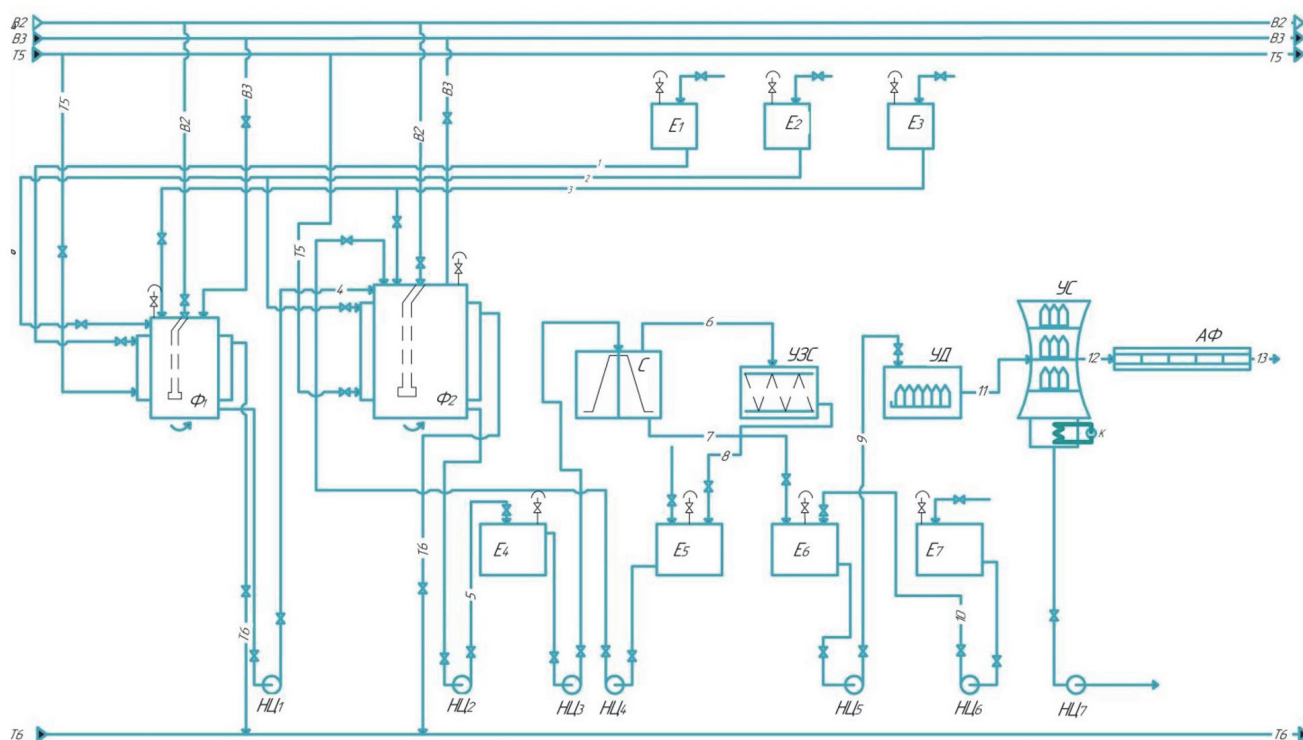


Рис. 4. Технологическая схема получения синбиотика

Оборудование: Ф1 – ферментатор засевной; Ф2 – ферментатор рабочий; С – сепаратор; УД – установка дозирочная; УЗС – ультразвуковой стерилизатор; УС – установка сублимационной сушки; К – компрессор; НЦ₁₋₄ – насос центробежный; АФ – аппарат фасовочный; В₃ – вентиль запорный; Е₁ – емкость засевной культуры; Е₂ – емкость аммиачной воды; Е₃ – емкость питательной среды; Е₄ – емкость микробной биомассы; Е₅ – емкость биостимулятора; Е₆ – емкость с мешалкой для приготовления ЖРМ; Е₇ – емкость концентрированной микробной массы.

Потоки: 1 – засевная культура *Bacillus Subtilis*; 2 – аммиачная вода; 3 – питательная среда; 4, 6 – культуральная жидкость; 5 – микробная биомасса; 7 – концентрированная биомасса; 8 – биостимулятор; 9 – жидкая рецептурная масса; 10 – концентрированная микробная масса; 11 – кассеты с флаконами; 12 – кассеты с флаконами; 13 – готовый продукт; В₂ – воздух стерильный; Т₅ – вода горячая подающая; В₃ – вода подготовленная; Т₆ – вода оборотная

Fig. 4. Technological scheme for obtaining synbiotic

Equipment: Ф1 – seeding fermenter; Ф2 – fermenter worker; С – separator; УД – the dosing unit; УЗС – ultrasonic sterilizer; УС – the freeze drying unit; К – the compressor; НЦ₁₋₄ – the centrifugal pump; АФ – filling machine; В₃ – shut-off valve; Е₁ – seeding crop capacity; Е₂ – capacity of ammonia water; Е₃ – nutrient medium capacity; Е₄ – Microbial biomass capacity; Е₅ – biostimulator capacity; Е₆ – a container with a stirrer for cooking LFM; Е₇ – the capacity of the concentrated microbial mass.

Streams: 1 – sowing culture of *Bacillus Subtilis*; 2 – ammonia water; 3 – nutrient medium; 4, 6 – cultural liquid; 5 – microbial biomass; 7 – concentrated biomass; 8 – biostimulator; 9 – liquid formulation mass; 10 – concentrated microbial mass; 11 – cassettes with vials; 12 – cassettes with vials; 13 – the finished product; В₂ – the air is sterile; Т₅ – hot supply water; В₃ – prepared water; Т₆ – recycled water

Полученные кассеты с флаконами помещают в установку сублимационной сушки. Замораживают при -20°C в условиях глубокого вакуума. Вакуумные насосы данной установки обеспечивают остаточное давление в аппарате $0,01 \text{ кг/см}^2$ (атм). Процесс сублимационной сушки длится 4 ч. Хладагентом является азот. Сублимированная биомасса представляет собой таблетку во флаконе. Кассеты с флаконами подают на фасовочный аппарат, в котором происходит стерильная укупорка флаконов пробками.

Выводы

В проведенном исследовании оптимизированы условия процесса получения синбиотического препарата на основе биомассы бактерий *Bacillus Subtilis*. Разработана экологически безопасная технологическая схема с подбором оборудования для получения синбиотика. Впервые в производстве синбиотика использован биостимулирующий эффект липофильного биоорганического комплекса плодов облепихи на рост биомассы бактерий *Bacillus Subtilis* в условиях глубинного аэробного культивирования.

Список источников

- Боярский А. А., Аржанников Ю. А., Панин И. А. Ресурсы плодовых растений подлеска в сосняках и березняках подзоны южной тайги Свердловской области // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 4 (79). С. 40–48. DOI: 10.51318/FRET.2021.62.47.002
- Дикорастущие лекарственные растения Урала : учеб. пособие / Е. С. Васфилова, А. С. Третьяков, Е. Н. Подгаевская [и др.]. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. 204 с.
- Кайбышева В. О., Никонов Е. Л. Пробиотики с позиции доказательной медицины // Доказательная гастроэнтерология. 2019. Т. 8, № 3. С. 45–54.
- Литусов Н. В. Биоспорин: механизм действия, итоги внедрения в практику здравоохранения РФ и новые перспективы // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2003. № 1. С. 55–63.
- Литусов Н. В. Новый комплексный пробиотик «Биоспорин» для детей и взрослых // Здравоохранение Башкортостана. 1998. № 1. С. 97–99.
- Об утверждении общих фармакопейных статей и фармакопейных статей (с изменениями на 25 августа 2023 года) : приложение № 2 к приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20 июля 2023 года № 377. URL: <https://docs.cntd.ru/document/302604017> (дата обращения: 02.01.2025).
- Панин И. А. Дикорастущие пищевые и лекарственные ресурсы России : учебно-методическое пособие, Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2022. 86 с.
- Раскина К. В. Современные бактериологические препараты: влияние на микробиоту кишечника и роль в лечении заболеваний // РМЖ. 2018. Т. 26, № 5–2. С. 86–91.

References

- Boyarskiy A. A., Arzhannikov Yu. A., Panin I. A. Resources of fruit plants of the understory in pine and birch forests of the southern taiga subzone of the Sverdlovsk region // Forests of Russia and their management. 2021. № 4 (79). P. 40–48. DOI: 10.51318/FRET.2021.62.47.002 (In Russ.)
- Kaibysheva V. O., Nikonov E. L. Probiotics from the perspective of evidence-based medicine // Evidence-based gastroenterology. 2019. Vol. 8, № 3. P. 45–54. (In Russ.)
- Litusov N. V. A new complex probiotic “Biosporin” for children and adults // Healthcare of Bashkortostan. 1998. № 1. P. 97–99. (In Russ.)
- Litusov N. V. Biosporin: mechanism of action, results of implementation in healthcare practice in the Russian Federation and new prospects // Bulletin of the Ural Medical Academic Science. 2003. № 1. P. 55–63. (In Russ.)

On approval of General pharmacopoeial Articles and pharmacopoeial Articles (as amended on August 25, 2023) : Appendix № 2 to Order № 377 of the Ministry of Health of the Russian Federation dated July 20, 2023. URL: <https://docs.cntd.ru/document/302604017> (accessed 02.01.2025).

Panin I. A. Wild-growing food and medicinal resources of Russia : an educational and methodical manual. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2022. 86 p.

Raskina K. V. Modern bacteriological drugs: influence on the intestinal microbiota and role in the treatment of diseases // Breast cancer. 2018. Vol. 26, № 5–2. P. 86–91. (In Russ.)

Wild medicinal plants of the Urals: a textbook / *E. S. Vasfilova, A. S. Tretyakov, E. N. Podgaevskaya* [et al.]. Yekaterinburg : Ural Publishing House University, 2014. 204 p.

Информация об авторах

Ю. В. Приб – магистр;

А. А. Щеголев – кандидат химических наук.

Information about the authors

Yu. V. Prib – Master's degree;

A. A. Shchegolev – Candidate of Chemical Sciences.

Статья поступила в редакцию 19.01.2025; принята к публикации 24.02.2025.

The article was submitted 19.01.2025; accepted for publication 24.02.2025.

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 169–172.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 169–172.

Персоналии

УДК 630.902

ВАСИЛИЙ АНДРЕЕВИЧ АЗАРЕНОК К 80-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ VASILY ANDREEVICH AZARENOK ON THE 80th ANNIVERSARY



Василий Андреевич Азаренок – действительный член РАЕН, председатель Уральского отделения секции наук о лесе РАЕН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесозаготовительного производства УГЛТУ

Василий Андреевич родился 21 апреля 1945 года. Женат, имеет двух взрослых сыновей и трех внуков. Место рождения – д. Залесье Лепельского района Витебской области Белорусской ССР, появился на свет в семье сельских учителей. Отец – Азаренок Андрей Карпович (1914–1962 гг.) – окончил Городокский рабфак (Витебская область) в 1935–1936 гг. по специальности «Педагогика». А дальше продолжил учебу в Оршанском педагогическом институте, где полу-

чил специальность «Учитель истории». В последующем работал учителем в 8-летней школе в деревне Зорница (Лепельский район), где прошел путь от учителя до директора школы. Мать – Тухто Христина Дорофеевна (1922–1991 гг.) – окончила в июне 1941 г. Лепельское педучилище. С июля 1944 по 1977 гг. работала учителем начальных классов в Полсвижской 8-летней школе. В этой школе В.А. Азаренок окончил 7 классов, а затем был определен в Лепельскую школу-интернат.

В 1963 г. закончил Лепельскую среднюю школу-интернат и поступил в Хабаровский политехнический институт по специальности «Лесоинженерное дело». В 1968 г. по его окончании был направлен в целевую аспирантуру в Уральский лесотехнический институт (УЛТИ), где в 1973 г. защитил кандидатскую диссертацию (научный руководитель – профессор С.И. Рахманов). С 1971 по 1975 гг. работал старшим преподавателем кафедры механизации лесоразработок Хабаровского политехнического института и в 1975 г. был приглашен в УЛТИ на должность старшего преподавателя кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства. В 1976 г. ему присвоено ученое звание доцента, а в 2002 г. – ученое звание профессора.

Азаренок В.А. начал заниматься вопросами разработки и внедрения природоподобных технологий и организации труда на лесосечных работах в 1978 г. в качестве старшего научного сотрудника отраслевой лаборатории УЛТИ «Техника и технологии лесозаготовок». На основании полученных результатов при проведении опытно-промышленных несплошных рубок было разработано Положение о лесосечных работах в лесах I группы Урала. Данное Положение было утверждено лесохозяйственными и лесозаготовительными органами управления Свердловской и Пермской областей и было рекомендовано для практического применения.

С 1982 по 1987 гг. Василий Андреевич работал начальником научно-исследовательской части УЛТИ, а с 1988 по 2006 г. – проректором по учебной работе вуза.

В 1998 г. в УГЛТА был образован инкубатор прогрессивных экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий лесного хозяйства, лесозаготовок и переработки древесины, открытие которого поддерживали руководство управлений лесного хозяйства Свердловской, Челябинской и Курганской областей.

В 1999 г. при непосредственном участии В.А. Азаренка совместно с Ассоциацией международных автомобильных перевозчиков России в Уральской государственной лесотехнической академии (УГЛТА) был организован и зарегистри-

рован в государственных структурах Учебно-консультативный центр Ассоциации международных автомобильных перевозчиков (УКЦ АСМАП), который стал ведущим учебно-методическим центром в Уральском федеральном округе по подготовке и повышению квалификации специалистов и водителей для международных автомобильных перевозок.

С июня 2006 по октябрь 2011 гг. В.А. Азаренок был ректором Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ), а позже перешел на должность советника ректора и в 2012 г. защитил докторскую диссертацию. Сегодня он – профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства (ТОЛП) в университете.

Под руководством Азаренка В.А. были созданы филиалы Уральского государственного лесотехнического университета в Советском (Ханты-Мансийский автономный округ Тюменской области), Кудымкаре (Коми-Пермяцкий автономный округ Пермской области).

В 1999 г. за особые заслуги в укреплении мира, дружбы, сотрудничества и взаимопонимания между народами и достигнутые результаты в учебной и научной работе Василий Андреевич был награжден орденом Дружбы. Имеет звания «Отличник народного просвещения РСФСР», «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации», «Почетный работник науки и техники РФ», «Почетный доктор наук Российской Академии Естествознания».

В 2007 г. по инициативе В.А. Азаренка в соответствии с «Программой создания и развития технопарков в Свердловской области» при поддержке руководства Свердловской области, Уральского союза лесопромышленников и научной общественности в университете был создан Уральский лесной технопарк. Технопарк стал инновационной площадкой для лесного комплекса Уральского федерального округа (УрФО). В рамках университета в 2008 г. на базе кафедры ТОЛП был открыт учебный центр по подготовке операторов харвестора и форвардера совместно с финской фирмой Понссе.

В 2025 г. исполняется 50 лет с начала трудовой деятельности Василия Андреевича в высшем учебном заведении УЛТИ-УГЛТА-УГЛТУ. За это время им подготовлено и выпущено более 180 научных трудов – статей, монографий, авторских свидетельств и учебных пособий. Область его научных интересов – экологические проблемы лесопользования. Такое же название имеет академическая лаборатория, организованная в вузе с участием институтов УрО РАН, научным руководителем которой является Василий Андреевич. В рамках этой лаборатории с участием известных ученых Луганского Н. А., Залесова С. В., Усольцева В. А., Лившица Н. В., Герца Э. Ф. и Мехренцева А. В. были разработаны основные лесоводственно-технологические параметры природоохраняющих технологий лесопользования для УРФО. В 2004 г. за серию работ в области экологических проблем лесопользования лаборатория была удостоена золотой медали Всероссийской выставки «Лесной комплекс 2004 год».

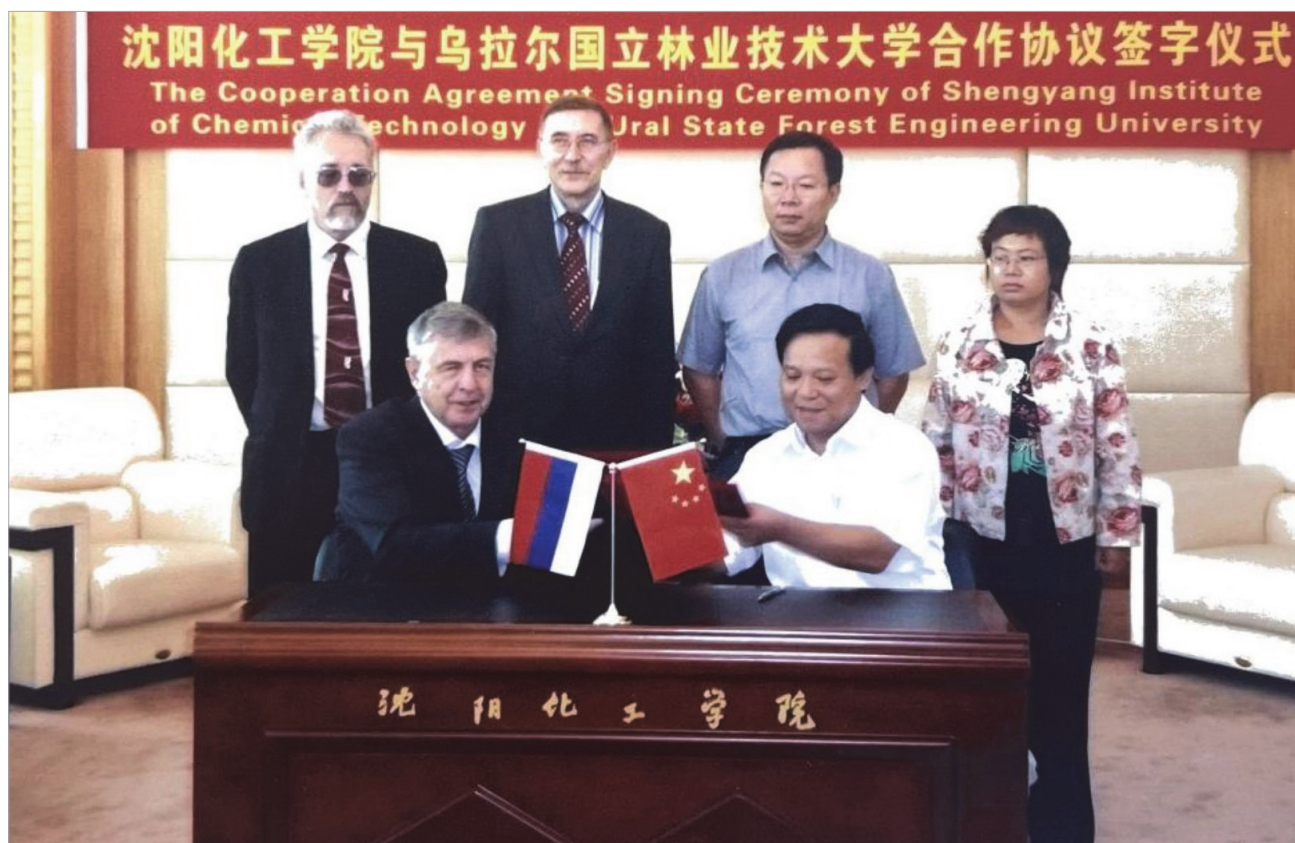
В 2010–2011 гг. университет выступал организатором III–IV Евро-Азиатского лесопромышленного форума, в рамках которого прошли научные

мероприятия с международным участием по формированию регионального лесного кластера и перспективам развития лесного комплекса.

Дальнейшее развитие получили и международные связи университета, особенно с профильными университетами Китая. При этом были заключены договоры о сотрудничестве в учебной и научной работе с Северо-восточным университетом лесного хозяйства (г. Харбин) и Химико-технологическим университетом (г. Шэньян).

Свои фундаментальные научные знания В. А. Азаренок передает студентам, магистрантам и аспирантам в преподаваемых им дисциплинах: инновационные технологии заготовки древесины; экология лесопромышленного производства; оценка воздействия технологий заготовки древесины на окружающую среду; способы снижения техногенного воздействия на лесную среду; лесоэксплуатация.

Это нашло отражение в многочисленных учебно-методических работах, в том числе одном учебнике и трех учебных пособиях с грифом УМО в области лесного дела, четырех учебных пособиях с грифом Минобразования РФ.



В 1999 г. в Российской Федерации была создана Федеральная национально-культурная автономия белорусов России (ФНКА), в которую на сегодняшний момент входят более 80 белорусских организаций из различных регионов страны. С 2000 г. Василий Андреевич является одним из основателей и председателем Белорусской национально-культурной автономии «Белорусы Урала – Белур». НКА «Белур» принимает участие в культурно-просветительской деятельности; организации торжественных событий, посвященных Договору о создании Союзного государства РФ и Республики Беларусь (РБ); проведении мероприятий по активизации культурных и экономических связей между Республикой Беларусь и Свердлов-

ской областью. Членами НКА «Белур» являются белорусы из Екатеринбурга, Ревды, Ирбита, Каменска-Уральского, Первоуральска и других городов Свердловской области.

В 2024 г. проведен ряд мероприятий, посвященных 80-летию освобождения Беларуси от немецко-фашистских захватчиков: НКА «Белур» совместно с Генеральным консульством организовали торжественный прием ко Дню независимости Беларуси 3 июля, вручили медали «80 год вызволення Рэспублікі Беларусь ад нямецка-фашысцкіх захопнікаў» ветеранам, участникам операции «Багратион»; 29 июля – в Совете ветеранов Свердловской области бывшим узникам лагерей и детям войны.



Поздравляем Василия Андреевича Азаренка с юбилеем! Желаем крепкого здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов!

*Герц Эдуард Федорович,
д-р технических наук,
профессор кафедры ТОЛП*