МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

# ЭФФЕКТИВНЫЙ ОТВЕТ НА СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДЫ, ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНОЛОГИЙ

МАТЕРИАЛЫ XVII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Екатеринбург
УГЛТУ
2026

УДК 001.31:504.03(063)
ББК 72.5:20.1я43
Э94

Члены оргкомитета

Е. П. Платонов, ректор, канд. с.-х. наук, доцент (председатель оргкомитета); В. В. Фомин, проректор по НРиИД, доктор биол. наук, доцент (зам. председателя); А. Г. Магасумова, начальник УНИД, канд. с.-х. наук, доцент (зам. председателя); Л. В. Малютина (ответственный секретарь); Н. П. Бунькова, канд. с.-х. наук, доцент; З. Я. Нагимов, доктор с.-х. наук, профессор; А. В. Мехренцев, канд техн. наук, доцент; О. С. Гасилова, канд. техн. наук, доцент; Е. В. Анянова, канд. с.-х. наук, доцент; И. Г. Первова, д-р хим. наук, доцент; Ю. А. Капустина, канд. экон. наук, доцент.

Э94 **Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий** [Электронный ресурс] : материалы XVII Международной научно-технической конференции ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. – 17,6 Мб. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Текст : электронный.

ISBN 978-5-94984-976-7

В сборник включены материалы по широкому спектру вопросов взаимодействия человека и технологий в сферах рационального природопользования и озеленения, инженерных и технологических систем, экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий. Также рассмотрены вопросы развития цифровых производственных технологий, освещены пути решения социально-экономических, естественно-научных и гуманитарных проблем развития предприятий в современных условиях.

Сборник рассчитан на широкий круг специалистов.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 001.31:504.03(063)
ББК 72.5:20.1я43

Мин. системные требования: IBM Intel Celeron 1,3 ГГц; Microsoft Windows XP SP3; Видеосистема Intel HD Graphics; дисковод, мышь.

Ответственный за выпуск – Л. В. Малютина.

ISBN 978-5-94984-976-7 © ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2026

# СОДЕРЖАНИЕ

***Фомин В. В., Магасумова А. Г.*** Научные исследования и разработки Уральского государственного лесотехнического университета: настоящее и будущее ..... 14
***Fomin V. V., Magasumova A. G.*** Scientific research and development at the Ural state university of forestry: present and future ..... 14

## ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОЗЕЛЕНЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

***Андреева Е. М., Стеценко С. К., Терехов Г. Г.*** Использование биопрепаратов, полученных из древесной зелени хвойных пород, в искусственном лесовосстановлении..... 20
***Andreeva E. M., Stetsenko S. K., Terekhov G. G.*** Use of biopreparations obtained from coniferous wood greenery in artificial reforestation ..... 20
***Ахаржанова Т. В., Дыркач В. Н.*** Особенности озеленения города Улан-Удэ ..... 27
***Akharzhanova T. V., Dyrkach V. N.*** Features of landscaping in the city of Ulan-Ude ..... 27
***Беспалов Ю. В., Игнатовский О. А., Залесов С. В.*** Эффективность лесовосстановления не покрытых лесной растительностью земель в ленточных борах Алтая ..... 34
***Bespalov Yu. V., Ignatovsky O. A., Zalesov S. V.*** Reforestation efficiency of non-forested lands in Altai ribbons ..... 34
***Бокебаева Г. А., Сарычева Н. Ф.*** Концепция озеленения и благоустройства жилого комплекса «Сосны» в городе Уфе .... 39
***Bokebaeva G. A., Sarycheva N. F.*** The concept of landscaping and improvement of the ”Pines” residential complex in Ufa city..... 39
***Буланова О. С., Золотухина Е. Р., Митракова А. А.*** Состояние сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в экопарке «Гремячая грива» города Красноярска..... 47
***Bulanova O. S., Zolotuhina E. R., Mitrakova A. A.*** Condition of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Krasnoyarsk ecopark “Gremyachaya griva” ..... 47
***Воскобойник М. Ю., Дручинин Д. Ю., Петков А. Ф.*** Рост приживаемости крупномерных растений в процессе развития технологий их пересадки..... 54
***Voskoboynik M. Y., Druchinin D. Yu., Petkov A. F.*** The growth of the survival rate of large-sized plants in the process of developing technologies for their transplantation..... 54

***Годовалов Г. А., Ерицов А. М., Куксин Г. В., Секерин И. М., Щеплягин П. В.*** Динамика лесных пожаров в течение пожароопасного сезона ..... 60
***Godovalov G. A., Yeritsov A. M., Kuksin G. V., Sekerin I. M., Shcheplyagin P. V.*** Forest fire dynamics during the fire season ..... 60
***Грибачева О. В., Сотников Д. В., Сотникова Н. С., Сотников Я. Д.*** Особенности снегонакопления в агроландшафтах степи ..... 66
***Gribacheva O. V., Sotnikov D. V., Sotnikova N. S., Sotnikov Ya. D.*** Features of snow accumulation in steppe agrolandscapes ..... 66
***Демидова Д. С, Жукова М. В., Фролова Т. И.*** Результаты ретроспективного анализа развития бульваров в городе Первоуральске ..... 71
***Demidova D. S., Zhukova M. V., Frolova T. I.*** Results of a retrospective analysis of boulevards development in the town of Pervouralsk ..... 71
***Егорова В. И., Кулагин А. А.*** Анализ состояния *Pinus Sylvestris* L. в Нижневартовском районе ХМАО – Югре……. 79
***Egorova V. I., Kulagin A. A.*** Analysis of the state of *Pinus* Sylvestris L. in the Nizhnevartovsk regionof the KHMAO – Yugra.. 79
***Игнатовский О. А.*** Горимость лесов Баевского лесничества….. 86
***Ignatovsky O. A.*** Forests fire frequency of the Bayevsky Forestry... 86
***Кайзер Н. В., Новицкая О. А.*** Анализ озеленения придомовой территории жилого комплекса «Александровский сад» в городе Екатеринбурге ..... 92
***Kaiser N. V., Novitskaya O. A.*** Analysis of landscaping of adjacent territory of the residential complex ”Aleksandrovsky Garden” in Ekaterinburg ..... 92
***Кузнецов Л. Е., Залесов С. В.*** Сравнительный анализ химического и биологического препарата в борьбе с сибирским шелкопрядом ..... 98
***Kuznetsov L. E., Zalesov S. V.*** Comparative analysis of a chemical and biological drug in the fight against the siberian silkworm ..... 98
***Кулагина Л. С., Кулагин А. А.*** Об оценке состояния представителей рода *Populus* L. в пределах Уфимского промышленного центра Республики Башкортостан..... 104
***Kulagina L. S., Kulagin A. A.*** Assessing the state of the representatives of the genus *Populus* L. within Ufa industrial center of the republic of Bashkortostan ..... 104

***Луганская С. Н., Хайруллина М. Д.*** Размножение кизильника блестящего ..... 113
***Luganskaya S. N., Khairullina M. D.*** Reproduction of Cotoneaster licidus ..... 113
***Макаров С. С., Савин А. В., Сахаров А. О.*** Сравнительная характеристика морфологических признаков сортов клюквы болотной российской селекции ..... 119
***Makarov S. S., Savin A. V., Sakharov A. O.*** Comparative characterization of morphological characters of Russian-selected moorberry verieties ..... 119
***Моисеев П. А., Громова О. А., Громов А. М.*** Использование степенных (аллометрических) функций при изучении структурных частей фитомассы сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) на верхнем пределе произрастания горного хребта Кутурчинского Белогорья (Красноярский край). ..... 124
***Moiseev P. A., Gromova O. A., Gromov A. M.*** Using power (allometric) functions in the investigation of the structural parts of phytomass (*Pinus sibirica* Du Tour) at the upper limit of growth in the Kuturchinsky Belogorye mountain ridge (Krasnoyarsk region). . 124
***Николаева И. О.*** Возрастная динамика структуры сосновых молодняков Среднего Урала..... 129
***Nikolaeva I. O.*** Age dynamics of the structure of young pine forests in the Middle Urals ..... 129
***Осипенко А. Е., Осипенко Р. А., Чермных А. И., Медведев С. А.*** Применение беспилотного летательного аппарата для определения диаметров крон сосны обыкновенной ..... 135
***Osipenko A. E., Osipenko R. A., Chermnykh A. I., Medvedev S. A.*** Application of an unmanned aerial vehicle for determining crown diameters of scots pine..... 135
***Сродных Т. Б., Волосов И. А.*** Динамика роста дуба черешчатого разного возраста на городских объектах Екатеринбурга ..... 142
***Srodnykh T. B., Volosov I. A.*** Growth dynamics of pedunculate oak of different ages at the urban sites of Ekaterinburg..... 142
***Сродных Т. Б., Никитина Е. С.*** Плотность посадки кустарников при создании новых элементов ландшафтной архитектуры ..... 149
***Srodnykh T. B., Nikitina E. S.*** Shrubs planting density when creating new landscape architecture elements..... 149

***Стеценко С. К., Андреева Е. М., Терехов Г. Г.*** Применение биопрепаратов в выращивании сосны обыкновенной вблизи города Екатеринбурга ..... 155
***Stetsenko S. K., Andreeva E. M., Terekhov G. G.*** Application biopreparations in the cultivating of scotc pine near Ekaterinburg.... 155
***Томилов А. С., Сторчак Т. В., Кулагин А. А.*** Оценка относительного жизненного состояния тополя дрожащего (*Populus tremula* L.) в пределах урбанизированной территории города Нижневартовска ХМАО – Югры ..... 160
***Tomilov A. S., Storchak T. V., Kulagin A. A.*** Assessment of the relative vitality state of the aspen (*Populus tremula* L.) within the urbanized territory of Nizhnevartovsk, KHMAO – Yugra ..... 160
***Фролова Т. И., Жирякова Е. Д.*** Скверы города Нижнего Тагила, созданные в начале XX века ..... 168
***Frolova T. I., Zhiryakova E. D.*** Nizhnyy Tagil graden squares, created at the beginning of the 20th century ..... 168
***Фролова Т. И., Протазанова П. С., Жернакова А. А.*** Система озеленения города Шадринска Курганской области ..... 175
***Frolova T. I., Protazanova P. S. Zhernakova A. A.*** The landscaping systems of Shadrinsk, Kurgan region ..... 175
***Чекашев В. В., Пракина В. О.*** Сахалинский эксперимент на территории Свердловской области. Как обеспечить углеродную нейтральность в отдельно взятой области ..... 180
***Chekashev V. V., Prakina V. O.*** Sakhalin experiment on the territory of the Sverdlovsk region. How to ensure carbon neutrality in one region ..... 180
***Чермных А. И., Клинов А. С., Новоселова К. П.*** Опыт по укоренению черенков смородины черной с различными стимуляторами корнеобразования ..... 187
***Chermnykh A. I., Klinov A. S., Novoselova K. P.*** Experience on the rooting black currant cuttings with various root formation stimulants ..... 187
***Чудецкий А. И., Сахаров А. О., Савин А. В.*** Фенологические особенности сортов княженики шведской селекции в условиях Дендрологического сада имени Р. И. Шредера ..... 192
***Chudetsky A. I., Sakharov A. O., Savin A. V.*** Phenological characteristics of Swedish-selected arctic bramble varieties in the conditions of the dendrological garden named by R. I. Shroeder ..... 192
***Чынгожоев Н. М., Кубатбеков Н. Б., Залесов С. В.*** Выращивание посадочного материала в лесных питомниках Иссык-Кульского лесхоза Республики Кыргызстан ..... 198
***Chingozhoev N. M., Kubatbekov N. B., Zalesov S. V.*** Cultivation of planting material in the forest nurseries of the Issyk-Kul forestry enterprise of the Republic of Kyrgyzstan..... 198

***Щеплягин П. В., Щеплягина А. В., Луганский В. Н.*** Оценка санитарного состояния насаждений, пройденных лесными пожарами различной интенсивности ..... 207
***Shchepliagin P. V., Shchepliagina A. V., Lugansky V. N.*** Assessment of the sanitary condition of the plantations affected by forest fires of different intensity ..... 207
***Щеплягина А. В., Луганский В. Н.*** К вопросу о правовом статусе лесных парков ..... 214
***Shcheplyagina A. V., Lugansky V. N.*** On the issue of the legal status of forest parks ..... 214
***Микеладзе Ш. Э., Бунькова Н. П.*** Видовое разнообразие и фитомасса живого напочвенного покрова под влиянием рекреационного воздействия в условиях Карасье-Озерского лесного парка ..... 221
***Mikeladze Sh. E., Bun'kova N. P.*** Species diversity and phytomass of the living ground cover under the influence of recreational impact in the conditions of the Karasye-Ozersky forest park ..... 221

## ИНЖЕНЕРНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ И ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКА

***Васильев В. В., Исаков С. Н., Куцубина Н. В.*** Оценка технического состояния конструкций продольно-резательного станка методом вибродиагностики ..... 230
***Vasiliev V. V., Isakov S. N., Kutsubina N. V.*** Assessment of the technical condition of slitting machine constructions by vibration diagnostics method ..... 230
***Васильева Е. С., Рублева О. А., Ведерников Я. Д.*** Оценка влияния точности пуансона на точность формообразования элемента шиповых соединений ..... 237
***Vasilyeva E. S., Rubleva O. A., Vedernikov Ya. D.*** Impact assessment of punch accuracy on the forming accuracy of tenon joint element ..... 237
***Вихарев С. Н., Колчин М. В.*** Методы нормирования параметров технологических машин ..... 241
***Vikharev S. N., Kolchin M. V.*** Methods of standardizing the parameters of technological machines ..... 241
***Волков А. А., Кочешев К. Г., Моргунова В. М., Бабин А. С., Пасичник С. Д.*** Метод определения скорости транспортного средства по видеозаписям при проведении экспертизы ДТП..... 246
***Volkov A. A., Kocheshev K. G., Morgunova V. M., Babin A. S., Pasichnik S. D.*** A method for determining the vehicle speed based on video recordings during an accident expert evaluation. ..... 246

***Гасилова О. С., Маковеева О. В.*** Анализ ключевых проблем при реализации профориентационного проекта «Автотранспортный класс» в Талицком муниципальном округе ..... 252
***Gasilova O. S., Makoveeva O. V.*** Analysis of key issues in the implementation of the professional orientation project “Motor transport class” in the Talitsky municipal district ..... 252
***Гасилова О. С., Иконникова М. Д., Богомолов С. В.*** Разработка мероприятий по снижению аварийности при эксплуатации автомобилей ООО ТК «КИТ» ..... 259
***Gasilova O. S., Ikonnikova M. D., Bogomolov S. V.*** Development of measures to reduce accidents during the operation of vehicles of TC KIT LLC ..... 259
***Гасилова О. С., Цинявский Е. А., Бородулин И. В.*** Цифровизация процедуры расследования дорожно-транспортных происшествий ..... 266
***Gasilova O. S., Tsiniavskii E. A., Borodulin I. V.*** Digitalization of the road traffic accidents investigation procedures ..... 266
***Звягин С. В., Пушкарева О. Б.*** Исследование теплообмена между цилиндрической трубой и псевдоожиженным слоем..... 273
***Zvyagin S. V., Pushkareva O. B.*** Research on heat exchange between a cylinder pipe and a fluidized bed..... 273
***Иванова О. А., Пыталева О. А., Безсолицин Н. П., Пыталев И. А.*** Анализ современного состояния проведения предрейсового инструктажа и возможные пути их совершенствования..... 278
***Ivanova O. A., Pytaleva O. A., Bezsolitsin N. P., Pytalev I. A.*** Analysis of the current state of pretrip briefing and possible ways for its improvement..... 278
***Крюкова М. А., Чернышев Д. О., Косенков И. Е., Корелин Д. А., Книпенберг В. Ф.*** Способы восстановления поршней ДВС ..... 285
***Kryukova M. A., Chernyshev D. O., Kosenkov I. E., Korelin D. A., Knipenberg V. F.*** Restoring methods of internal combustion engine pistons ..... 285
***Крюкова М. А., Чернышев Д. О., Корелин Д. А., Косенков И. Е., Книпенберг В. Ф.*** Эволюция размеров автомобилей в Европе ..... 291
***Kryukov M. A., Chernyshev D. O., Korelin D. A., Kosenkov I. E., Knipenberg V. F.*** The evolution of car sizes in Europe ..... 291

***Пупышев А. П., Косенков И. Е., Корелин Д. А., Книпенберг В. Ф.*** Гибридные системы лесных машин: эффективность и перспективы ..... 297
***Pupyshev A. P., Kosenkov I. E., Korelin D. A., Knipenberg V. F.*** Hybrid forest machine systems: efficiency and prospects ..... 297
***Пупышев А. П., Чернышев Д. О., Абражевич А. Е., Кабанов А. Н., Лысенков К. А.*** Методы стандартизации и сертификации лесной техники ..... 306
***Pupyshev A. P., Chernyshev D. O., Abrazhevich A. E., Kabanov A. N., Lysenkov K. A.*** Methods of standardization and certification of forest equipment..... 306
***Пыталева О. А., Кривопляс В.В.*** Технические и цифровые решения для эффективной городской пассажирской транспортной системы ..... 315
***Pytaleva O. A., Krivoplyas V. V.*** Technical and digital solutions for an efficient urban passenger transport system..... 315
***Рублева О. А., Ведерников Я. Д., Васильева Е. С.*** Определение усилия обжима заготовки для операции торцового прессования древесины ..... 323
***Rubleva O. A., Vedernikov Y. D., Vasil'eva E. S.*** Determination of the workpiece clamping force for wood end face pressing operation ..... 323
***Санников С. П.*** Инженерные проблемы применения технологии RFID ..... 329
***Sannikov S. P.*** Engineering problems of RFID technology application ..... 329
***Силецкий В. В., Белов С. В.*** Анализ применения беспилотных летательных аппаратов с элементами искусственного интеллекта в лесном дорожном строительстве ..... 338
***Siletskiy V. V., Belov S. V.*** Analysis of the use of unmanned aerial vehicles with artificial intelligence elements in forest road construction..... 338
***Тарбеева Н. А., Рублева О. А.*** Применение кондуктивного обугливания для защитно-декоративной обработки древесины ..... 344
***Tarbeeva N. A., Rubleva O. A.*** Applification of conductive carbonizing for protective and decorative treatment of wood..... 344
***Чернышев О. Н., Палкина Ю. В.*** Снижение потерь древесины при производстве клееного бруса для строительства ..... 350
***Chernyshev O. N., Palkina Yu. V.*** Reducting wood loss in the production of glued laminated timber for construction..... 350

***Чудинов С. А., Антонова А. П.*** Мероприятия
по организации охраны животного мира при строительстве
автомобильной дороги Екатеринбург –
Тюмень км 35 – км 104 + 244 ..... 355
***Chudinov S. A., Antonova A. P.*** Wildlife protection measures
during the construction of the Ekaterinburg –
Tyumen road km 35 – km 104 + 244 ..... 355
***Шипилов В. В., Санников С. П.*** Проблемы измерения
расстояния и координат по технологии RFID. ..... 361
***Shipilov V. V., Sannikov S. P.*** Problems of measuring distance and
coordinates using RFID technology ..... 361
***Якимович С. Б.*** Цифровые двойники при заготовке
и переработке древесины – факторы состояния и требования ... 370
***Yakimovich S. B.*** Digital twins in wood production and
processing – status factors and requirements ..... 370
***Яцун И. В., Чекасин М. С.*** Древесина как ключевой материал
в производстве музыкальных инструментов ..... 376
***Yatsun I. V., Chekasin M. S.*** Wood as a key material in the
production of musical instruments ..... 376
***Яцун И. В., Чекасин М. С.*** Звуковые панели и древесина:
анализ акустических свойств и конструктивных решений ..... 381
***Yatsun I. V., Chekasin M. S.*** Sound panels and wood: analysis
of acoustic properties and structural solutions ..... 381

## СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

***Анянова Е. В., Жабборов Ф. А.*** Современные
автоматизированные информационные технологии для
управления документооборотом в корпоративной среде ..... 389
***Anyanova E. V., Zhabborov F. A.*** Modern automated information
technologies for document management in a corporate environment….. 389
***Анянова Е. В., Ходжиев Х. Х.*** Цифровые технологии
в управлении качеством сушки пиломатериалов ..... 396
***Anyanova E. V., Hojiev Kh. H.*** Digital technologies in the quality
management of lumber drying..... 396
***Безрукова Т. Л., Кувшинова О. В., Гаврилов Е. И.,
Миколюк В. В.*** Интеграция цифровых технологий в процесс
оценки социо-эколого-экономической эффективности
регионального развития: методические подходы ..... 401
***Bezrukova T. L., Kuvshinova O. V., Gavrilov E. I., Mikolyuk V. V.***
Integration of digital technologies into the process of assessing the
socio-ecological-economic efficiency of regional development:
methodological approaches ..... 401

***Нирян Ю. Л., Нирян П. Л.*** Искусственный интеллект в ландшафтном проектировании и строительстве ..... 409
***Niryan Y. L., Niryan P. L***. Artificial Intelligence in Landscape Design and Construction..... 409
***Побединский В. В., Иовлев Г. А., Лазуков А. А., Андрианов А. В.*** Разработка имитационной модели гидропривода управления навесным оборудованием трактора МТЗ (BELARUS) 82 ..... 415
***Pobedinskiy V. V., Iovlev G. A., Lazukov A. A., Andrianov A. V.*** Development of a simulation model of a mounted hydraulic control drive MTZ tractor equipment (BELARUS) 82 ..... 415

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

***Артемов А. В., Сычугов С. Н., Гомзиков А. И., Артемова К. А.*** Ключевые критерии выполнения шумозащитных мероприятий для перспективной трамвайной линии ..... 422
***Gomzikov A. I., Artyomova K. A., Artyomov A. V., Sychugov S. N.*** Key criteria for implementing noise protection measures for a prospective tram line ..... 422
***Баев А. А., Шкуро А. Е., Якубова Т. В., Шишлов О. Ф.*** Исследование огнестойкости ДПК с добавками бромированной карданольной новолачной смолы и полифосфата аммония ..... 430
***Baev A. A., Shkuro A. E., Yakubova T. V., Shishlov O. F.*** Investigation of fire resistance of WPC with additives of brominated cardanol novolactic resin and ammonium polyphosphate..... 430
***Бурындин В. Г., Шкуро А. Е., Вазиров Р. А., Штабнов Н. С., Котельников М. Е.*** Исследование радиолиза ацетилцеллюлозных пленок методом ИК-спектроскопии ..... 435
***Buryndin V. G., Shkuro A. E., Vazirov R. A., Shtabnov N. S., Kotelnikov M. E.*** Research of radiolysis of acetyl cellulose films by IR spectroscopy ..... 435
***Воронова Н. А., Артемов А. В.*** Типовой расчет загрязняющих веществ от рудно-термической дуговой печи постоянного тока. ..... 441
***Voronova N. A., Artyomov A. V***. Typical calculation of pollutants from a direct current mineral-arc furnace..... 441
***Ершова А. С., Захарова Т. А., Артемов А. В., Шкуро А. Е., Бурындин В. Г.*** Изучение механизма модификации гидроперитом методом ИК-спектроскопии при получении композиционного материала без применения связующих веществ ..... 450

***Ershova A. S., Zakharova T. A., Artyomov A. V., Shkuro A. E., Buryndin V. G.*** Study of modification mechanism by hydroperite using ir spectroscopy during production of composite material without resins ..... 450
***Карякин М. А.*** Исследование влияния флотации без реагентов на работу метанреактора..... 458
***Kariakin M. A.*** Research of the influence of flotation without reagents on the methane reactor operation ..... 458
***Маслакова Т. И., Подкорытова П. В., Первова И. Г.*** ИК-спектроскопия как инструмент для оценки эффективности модификаций древесных опилок ..... 465
***Maslakova T. I., Podkorytova P. V., Pervova I. G.*** IR spectroscopy as a tool for assessing the effeciency of sawdust modification…….. 465
***Первова И. Г., Дворянкин Д. Ю.*** Исследование характеристик сорбентов на основе опилок ясеня ..... 471
***Pervova I. G., Dvoryankin D. Yu***. Research of the characteristics of sorbents based on ash wood sawdust. ..... 471
***Савиновских А. В., Бурындин В. Г., Чеховская Д. А., Келеш К. В.*** Разработка оптимальной рецептуры пресс-сырья для получения биоразлагаемой посуды ..... 478
***Savinovskikh A. V., Buryndin V. G., Chekhovskaya D. A., Kelesh K. V.*** Development of an optimal formulation of press raw materials for the production of biodegradable tableware..... 478
***Шкуро А. Е., Усова К. А., Карпенко С. С., Митракова В. А.*** Исследование кислотного гидролиза ацетата целлюлозы вискозиметрическим методом ..... 483
***Shkuro A. E., Usova K. A., Karpenko S. S., Mitrakova V. A.*** Research of acid hydrolysis of cellulose acetate by the viscosimetric method…….. 483
***Свиридов А. В., Шкуро А. Е., Ян Е. А.*** Подбор высокоэффективного флокулянта для очистки сточных вод на металлургических предприятиях ..... 489
***Sviridov A. V., Shkuro A. E., Yan E. A.*** Selection of a highly effective flocculant for wastewater treatment for metallurgical enterprises ..... 489
***Шкуро А. Е., Якубова Т. В., Тухбатулин М. Н.*** Применение кокамидопропил бетаина для повышения эффективности огнезащитного действия пропиточных растворов для древесины……... 493
***Shkuro A. E., Yakubova T. V., Tukhbatulin M. N.*** Application of cocamidopropyl betaine to improve the fire retardant efficiency of wood impregnation solutions ..... 493

***Шкуро А. Е., Вазиров Р. А., Корж С. М., Валеева Д. С.*** Химическая стойкость эпоксидных смол, отвержденных карданолсодержащим отвердителем, после облучения электронным пучком ..... 498
***Shkuro A. E., Vazirov R. A., Korzh S. M., Valeeva D. S.*** Chemical resistance of epoxy resins cured with cardanol-containing hardener after electron beam irradiation..... 498

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ГУМАНИТАРНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

***Иванова М. В., Хотяновская Е. В., Супрун А. А.*** Цифровизация в лесной отрасли: внедрение цифровых двойников леса на ООО «ПЦБК» ..... 504
***Ivanova M. V., Khotyanovskaya E. V., Suprun A. A.*** Digitalization in the forest industry: implementation of digital forest twins at "PPPC"..... 504
***Кискина А. Н.*** Социально-экономические аспекты внедрения цифрового рубля ..... 512
***Kiskina A. N***. The social and economic dimensions of implementing the digital ruble ..... 512
***Помыткина Л. Ю., Мачихин В. Н.*** Сравнительный анализ методов защиты информации, обеспечение устойчивости информационных систем на режимных объектах ..... 520
***Pomytkina L. Yu., Machikhin V. N.*** Comparative analysis of Information protection methods to ensure the stability of information systems at high-security facilities..... 520
***Семеновых А. Г., Семеновых Г. А.*** Интерактивные формы контроля знаний как мотиватор к обучению ..... 526
***Semenovykh A. G., Semenovykh G. A.*** Interactive forms of knowledge control as a motivator for learning..... 526
***Семеновых А. Г., Семеновых Г. А., Лисицына Л. В.*** Искусственный интеллект в образовании: возможности и ограничения 533
***Semenovykh A. G., Semenovykh G. A., Lisitsyna L. V.*** Artificial intelligence in education: possibilities and limitations..... 533
***Чевардин А. В.*** Крестьянство как фактор польской истории ..... 541
***Chevardin A. V***. The peasantry as a factor in Polish history ..... 541

Научная статья
УДК 378.1

# НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

**Валерий Владимирович Фомин[1], Альфия Гаптрауфовна Магасумова[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] fominvv@m.usfeu.ru
[2] magasumovaag@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В статье представлены основные результаты научной деятельности сотрудников и обучающихся университета. Отметим, что научная деятельность получила значительный импульс в последние годы. Это можно увидеть по количеству опубликованных статей, количеству РИДов и финансовых поступлений от НИР и НИОКТР.

***Ключевые слова****:* научная деятельность, научные публикации, денежные средства, грант

***Для цитирования***: Фомин В. В., Магасумова А. Г. Научные исследования Уральского государственного лесотехнического университета: настоящее и будущее // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 14–18.

Original article

# SCIENTIFIC RESEARCH AND DEVELOPMENT AT THE URAL STATE UNIVERSITY OF FORESTRY: PRESENT AND FUTURE

**Valery V. Fomin[1], Alfiya G. Magasumova[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] fominvv@m.usfeu.ru
[2] magasumovaag@m.usfeu.ru

© Фомин В. В., Магасумова А. Г., 2026

***Abstract.*** The article presents the main results of the scientific activities of the university's employees and students. It should be noted that scientific activities have received a significant boost in recent years. This can be seen from the number of published articles, the number of intellectual property rights, and the financial revenue from research projects.

***Keywords:*** scientific activity, scientific publications, funds, grant

***For citation****:* Fomin V. V., Magasumova A.G. (2026) Nauchnye issledovaniya Ural'skogo gosudarstvennogo lesotexnicheskogo universiteta: nastoyashhee i budushhee [Scientific research and development at the Ural state university of forestry: present and future]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 14–18. (In Russ).

В текущий период инновационная модель развития выступает в качестве центральной стратегической задачи, стоящей перед научным сообществом Российской Федерации. В контексте данного положения, для страны в целом обретает исключительную актуальность проведение междисциплинарных научных исследований, результаты которых способны решить задачи, стоящие перед обществом. Этот тезис приобретает особую актуальность в свете неоднократных заявлений руководства страны о стратегической необходимости достижения значительно более высоких темпов инновационного развития, нежели те, что демонстрируются в настоящее время.

Создание наукоемких и инновационных производственных технологий, призванных обеспечить и повысить технологический суверенитет России, во многом зависит от вузовской науки. Мы считаем, что именно университетская научная деятельность способна успешно решать задачи, которые ставят перед страной современные тенденции. Уральский государственный лесотехнический университет (УГЛГУ) также вносит свой вклад в это направление на протяжении многих лет.

В последние годы УГЛТУ активно внедряет инновации в образовательный процесс, научные исследования и управление университетом.

Ведутся научные разработки в области лесного хозяйства, регулирования климата, лесозаготовок и глубокой переработки древесины, ландшафтной архитектуры, экологии, охраны окружающей среды, биотехнологий, утилизации отходов, химической обработки древесины, технологий целлюлозно-бумажных производств, дорожного строительства, внедрения искусственного интеллекта. Итогами исследований становятся создание региональных нормативных документов, оптимизация технологических процессов на предприятиях, а также разработка и реализация проектов, направленных на охрану окружающей среды, развитие системы повышения

квалификации и переподготовки кадров, внедрение цифровых и автоматизированных технологий.

Успешность научной деятельности университета измеряется наукометрическими показателями, а именно количеством научных статей, опубликованных в журналах, индексируемых в ведущих международных и российских базах данных и реферативных списках. Так, за 2024 г. сотрудниками и студентами университета было опубликовано 830 статей (в 2023 г. было опубликовано 785 статей) в научных журналах и сборниках материалов конференций. Из них 53 статьи – в ведущих международных базах данных Web of Science и Scopus (несмотря на значительные ограничения со стороны иностранных журналов для российских авторов), и 257 статей – в журналах, входящих в перечень ВАК. Стоит отметить, что количество публикаций в журналах, входящих в перечень ВАК, выросло на 50,3 % по сравнению с 2023 г. Одним из существенных факторов, который позволил повысить количество таких публикаций, является то, что журналу «Леса России и хозяйство в них» была присвоена категория К3 и значительно увеличен объем каждого номера журнала, а также наличие выплат по эффективному контракту.

При этом анализ публикаций показывает, что в 2024 г. число статей в РИНЦ сократилось с 579 до 520 по сравнению с предыдущим годом. Это произошло по причине того, что сотрудники университета стали отдавать предпочтения журналам, входящих в перечень ВАК, и журналам, входящих в международные базы данных. Анализ результатов показывает значительную публикационную активность коллектива университета.

Одним из важнейших показателей вовлеченности университета в реальный сектор экономики является выполнение сотрудниками университета научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИР и НИКОТР) на возмездной основе. Поступления денежных средств за прошедший год составили 55,2 млн рублей.

В 2024 г. общее количество документов, подтверждающих право интеллектуальной собственности, созданной сотрудниками УГЛТУ, по сравнению с 2023 г. не изменилось и составило 16 единиц. При этом в 2023 г. получено 11 патентов, а в 2024 г. – пять, в 2023 г. выдано шесть свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и баз данных, в 2024 г. – 11. Сотрудниками патентного отдела проведена работа на предмет реализации результатов интеллектуальной деятельности или проведения НИОКР со следующими предприятиями: АО «Тепличное», «Новолялинский целлюлозно-бумажный комбинат», «Туринский целлюлозно-бумажный завод», ОАО «РЖД», «Промет-Урал», Московский институт права и инноваций, ПК «Свеза», «Роскадастр «Уралгеоинформ».

На базе УГЛТУ работают научно-образовательные центры «Лестехпроект» (занимается научно-исследовательскими работами в сфере лесного комплекса РФ, лесотехническими н транспортными экспертизами) и «Аква-

биоресурс» (исследует рыбное хозяйство и проектирует водные объекты). Также функционирует НИИ Экологической токсикологии, который выполняет проектирование санитарно-защитных и промышленных объектов, оценивает риски для здоровья населения, разрабатывает природоохранную документацию и проекты по рациональному использованию природных ресурсов.

В Уральском учебно-опытном лесхозе университета проводятся исследования влияния различных рубок на лесовосстановление, а также действует карбоновый полигон «Урал-Карбон» (Северка) для мониторинга лесных экосистем в условиях изменения климата.

Кроме того, на территории университета расположена ООПТ местного значения «Уральский сад лечебных культур им. профессора Л. И. Вигорова», где ведутся научные исследования по расширению коллекции плодово-ягодных культур, заложенной Л. И. Вигоровым в 1950–1970-х гг.

Следует подчеркнуть значимость партнерских отношений УГЛТУ с субъектами реального сектора экономики, что объективно отражается в объеме финансовых средств, привлеченных в результате проведения научно-исследовательских работ.

Уровень развития университета в среднесрочной и долгосрочной перспективе напрямую зависит от его кадрового состава. Аспирантура же закладывает фундамент для подготовки высококвалифицированных научных и педагогических кадров в рамках высшего образования.

В 2024 г. количество аспирантов очной и заочной форм обучения составило 110 человек, что на 11 больше, чем в 2023 г. В 2024 г. количество защит кандидатских диссертаций существенно выросло по сравнению с 2023 г. – 11, а также готовятся к защите три докторанта из числа доцентов университета. Данные показатели могут говорить о высоком уровне подготовке будущих ученых и преподавателей высшего образования, формирующих сильную научную структуру университета.

УГЛТУ уделяет также большое внимание развитию студенческой науки через Студенческое научное объединение (СНО). За время своего существования СНО значительно расширилось: если изначально оно насчитывало 33 члена, то к 2024 г. число участников достигло 88 человек. И за этот же год участники СНО УГЛТУ опубликовали 48 статей, в т. ч. ВАК – 4, РИНЦ – 44: получили один патент и положительное решение о выдаче патента на полезную модель; приняли участие в конференциях 26 человек, девять из них – с докладами.

По итогам 2024 г. восемь обучающихся УГЛТУ стали стипендиатами Президента РФ по приоритетным направлениям модернизации и технологического развития РФ, десять человек получили стипендию Губернатора Свердловской области. Кроме того, двое сотрудников университета победили в конкурсе на премию Губернатора Свердловской области

в номинациях «За особые заслуги в развитии высшего образования» и «Преподаватель года».

В 2024 г. от УГЛТУ было подано три заявки для участия в конкурсе грантов от Российского научного фонда на проведение фундаментальных научных исследований, из которых была поддержана заявка А. Е. Осипенко с темой «Научное обоснование воспроизводства сосновых насаждений, произрастающих в южной части их естественного ареала в связи с меняющимся климатом» (проект № 24-76-00009), по которой успешно ведутся работы в течение года.

А также было продолжено финансирование:

– поддержанного проекта РНФ № 24-24-00235 «Пространственно-временная динамика популяции лиственницы сибирской в экотоне верхней границы древесной растительности на Полярном Урале в условиях изменения климата» (руководитель – А. П. Михайлович);

– государственного задания (шифр темы FEUG-2023-0002) «Естественно-научные и технологические аспекты рационального использования, прогнозирования и управления лесными ресурсами на основе генетического подхода к классификации типов леса в условиях современного изменения климата и антропогенных воздействий» (финансирование продлено на 2025 г.).

Это достигается грамотным управлением научной и инновационной деятельности, а также созданием благоприятных условий для реализации научного потенциала сотрудников и студентов УГЛТУ.

В заключение отметим, что научно-исследовательская деятельность в университете находится в процессе непрерывного совершенствования и продолжает выходить на новые уровни развития. Этот позитивный тренд обеспечивается комплексом взаимосвязанных факторов. Таким образом, системная работа по всем этим направлениям позволяет УГЛТУ не только сохранять достигнутые позиции в научной сфере, но и наращивать исследовательский потенциал, развивать инновационную деятельность, укреплять репутацию надежного партнера в решении актуальных задач лесного комплекса и смежных отраслей.

Научная статья
УДК 378.1

# НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

**Валерий Владимирович Фомин[1], Альфия Гаптрауфовна Магасумова[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] fominvv@m.usfeu.ru
[2] magasumovaag@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В статье представлены основные результаты научной деятельности сотрудников и обучающихся университета. Отметим, что научная деятельность получила значительный импульс в последние годы. Это можно увидеть по количеству опубликованных статей, количеству РИДов и финансовых поступлений от НИР и НИОКТР.

***Ключевые слова****:* научная деятельность, научные публикации, денежные средства, грант

***Для цитирования***: Фомин В. В., Магасумова А. Г. Научные исследования Уральского государственного лесотехнического университета: настоящее и будущее // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 14–18.

Original article

# SCIENTIFIC RESEARCH AND DEVELOPMENT AT THE URAL STATE UNIVERSITY OF FORESTRY: PRESENT AND FUTURE

**Valery V. Fomin[1], Alfiya G. Magasumova[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] fominvv@m.usfeu.ru
[2] magasumovaag@m.usfeu.ru

© Фомин В. В., Магасумова А. Г., 2026

***Abstract.*** The article presents the main results of the scientific activities of the university's employees and students. It should be noted that scientific activities have received a significant boost in recent years. This can be seen from the number of published articles, the number of intellectual property rights, and the financial revenue from research projects.

***Keywords:*** scientific activity, scientific publications, funds, grant

***For citation****:* Fomin V. V., Magasumova A.G. (2026) Nauchnye issledovaniya Ural'skogo gosudarstvennogo lesotexnicheskogo universiteta: nastoyashhee i budushhee [Scientific research and development at the Ural state university of forestry: present and future]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 14–18. (In Russ).

В текущий период инновационная модель развития выступает в качестве центральной стратегической задачи, стоящей перед научным сообществом Российской Федерации. В контексте данного положения, для страны в целом обретает исключительную актуальность проведение междисциплинарных научных исследований, результаты которых способны решить задачи, стоящие перед обществом. Этот тезис приобретает особую актуальность в свете неоднократных заявлений руководства страны о стратегической необходимости достижения значительно более высоких темпов инновационного развития, нежели те, что демонстрируются в настоящее время.

Создание наукоемких и инновационных производственных технологий, призванных обеспечить и повысить технологический суверенитет России, во многом зависит от вузовской науки. Мы считаем, что именно университетская научная деятельность способна успешно решать задачи, которые ставят перед страной современные тенденции. Уральский государственный лесотехнический университет (УГЛГУ) также вносит свой вклад в это направление на протяжении многих лет.

В последние годы УГЛТУ активно внедряет инновации в образовательный процесс, научные исследования и управление университетом.

Ведутся научные разработки в области лесного хозяйства, регулирования климата, лесозаготовок и глубокой переработки древесины, ландшафтной архитектуры, экологии, охраны окружающей среды, биотехнологий, утилизации отходов, химической обработки древесины, технологий целлюлозно-бумажных производств, дорожного строительства, внедрения искусственного интеллекта. Итогами исследований становятся создание региональных нормативных документов, оптимизация технологических процессов на предприятиях, а также разработка и реализация проектов, направленных на охрану окружающей среды, развитие системы повышения

квалификации и переподготовки кадров, внедрение цифровых и автоматизированных технологий.

Успешность научной деятельности университета измеряется наукометрическими показателями, а именно количеством научных статей, опубликованных в журналах, индексируемых в ведущих международных и российских базах данных и реферативных списках. Так, за 2024 г. сотрудниками и студентами университета было опубликовано 830 статей (в 2023 г. было опубликовано 785 статей) в научных журналах и сборниках материалов конференций. Из них 53 статьи – в ведущих международных базах данных Web of Science и Scopus (несмотря на значительные ограничения со стороны иностранных журналов для российских авторов), и 257 статей – в журналах, входящих в перечень ВАК. Стоит отметить, что количество публикаций в журналах, входящих в перечень ВАК, выросло на 50,3 % по сравнению с 2023 г. Одним из существенных факторов, который позволил повысить количество таких публикаций, является то, что журналу «Леса России и хозяйство в них» была присвоена категория К3 и значительно увеличен объем каждого номера журнала, а также наличие выплат по эффективному контракту.

При этом анализ публикаций показывает, что в 2024 г. число статей в РИНЦ сократилось с 579 до 520 по сравнению с предыдущим годом. Это произошло по причине того, что сотрудники университета стали отдавать предпочтения журналам, входящих в перечень ВАК, и журналам, входящих в международные базы данных. Анализ результатов показывает значительную публикационную активность коллектива университета.

Одним из важнейших показателей вовлеченности университета в реальный сектор экономики является выполнение сотрудниками университета научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИР и НИКОТР) на возмездной основе. Поступления денежных средств за прошедший год составили 55,2 млн рублей.

В 2024 г. общее количество документов, подтверждающих право интеллектуальной собственности, созданной сотрудниками УГЛТУ, по сравнению с 2023 г. не изменилось и составило 16 единиц. При этом в 2023 г. получено 11 патентов, а в 2024 г. – пять, в 2023 г. выдано шесть свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и баз данных, в 2024 г. – 11. Сотрудниками патентного отдела проведена работа на предмет реализации результатов интеллектуальной деятельности или проведения НИОКР со следующими предприятиями: АО «Тепличное», «Новолялинский целлюлозно-бумажный комбинат», «Туринский целлюлозно-бумажный завод», ОАО «РЖД», «Промет-Урал», Московский институт права и инноваций, ПК «Свеза», «Роскадастр «Уралгеоинформ».

На базе УГЛТУ работают научно-образовательные центры «Лестехпроект» (занимается научно-исследовательскими работами в сфере лесного комплекса РФ, лесотехническими н транспортными экспертизами) и «Аква-

биоресурс» (исследует рыбное хозяйство и проектирует водные объекты). Также функционирует НИИ Экологической токсикологии, который выполняет проектирование санитарно-защитных и промышленных объектов, оценивает риски для здоровья населения, разрабатывает природоохранную документацию и проекты по рациональному использованию природных ресурсов.

В Уральском учебно-опытном лесхозе университета проводятся исследования влияния различных рубок на лесовосстановление, а также действует карбоновый полигон «Урал-Карбон» (Северка) для мониторинга лесных экосистем в условиях изменения климата.

Кроме того, на территории университета расположена ООПТ местного значения «Уральский сад лечебных культур им. профессора Л. И. Вигорова», где ведутся научные исследования по расширению коллекции плодово-ягодных культур, заложенной Л. И. Вигоровым в 1950–1970-х гг.

Следует подчеркнуть значимость партнерских отношений УГЛТУ с субъектами реального сектора экономики, что объективно отражается в объеме финансовых средств, привлеченных в результате проведения научно-исследовательских работ.

Уровень развития университета в среднесрочной и долгосрочной перспективе напрямую зависит от его кадрового состава. Аспирантура же закладывает фундамент для подготовки высококвалифицированных научных и педагогических кадров в рамках высшего образования.

В 2024 г. количество аспирантов очной и заочной форм обучения составило 110 человек, что на 11 больше, чем в 2023 г. В 2024 г. количество защит кандидатских диссертаций существенно выросло по сравнению с 2023 г. – 11, а также готовятся к защите три докторанта из числа доцентов университета. Данные показатели могут говорить о высоком уровне подготовке будущих ученых и преподавателей высшего образования, формирующих сильную научную структуру университета.

УГЛТУ уделяет также большое внимание развитию студенческой науки через Студенческое научное объединение (СНО). За время своего существования СНО значительно расширилось: если изначально оно насчитывало 33 члена, то к 2024 г. число участников достигло 88 человек. И за этот же год участники СНО УГЛТУ опубликовали 48 статей, в т. ч. ВАК – 4, РИНЦ – 44: получили один патент и положительное решение о выдаче патента на полезную модель; приняли участие в конференциях 26 человек, девять из них – с докладами.

По итогам 2024 г. восемь обучающихся УГЛТУ стали стипендиатами Президента РФ по приоритетным направлениям модернизации и технологического развития РФ, десять человек получили стипендию Губернатора Свердловской области. Кроме того, двое сотрудников университета победили в конкурсе на премию Губернатора Свердловской области

в номинациях «За особые заслуги в развитии высшего образования» и «Преподаватель года».

В 2024 г. от УГЛТУ было подано три заявки для участия в конкурсе грантов от Российского научного фонда на проведение фундаментальных научных исследований, из которых была поддержана заявка А. Е. Осипенко с темой «Научное обоснование воспроизводства сосновых насаждений, произрастающих в южной части их естественного ареала в связи с меняющимся климатом» (проект № 24-76-00009), по которой успешно ведутся работы в течение года.

А также было продолжено финансирование:

– поддержанного проекта РНФ № 24-24-00235 «Пространственно-временная динамика популяции лиственницы сибирской в экотоне верхней границы древесной растительности на Полярном Урале в условиях изменения климата» (руководитель – А. П. Михайлович);

– государственного задания (шифр темы FEUG-2023-0002) «Естественно-научные и технологические аспекты рационального использования, прогнозирования и управления лесными ресурсами на основе генетического подхода к классификации типов леса в условиях современного изменения климата и антропогенных воздействий» (финансирование продлено на 2025 г.).

Это достигается грамотным управлением научной и инновационной деятельности, а также созданием благоприятных условий для реализации научного потенциала сотрудников и студентов УГЛТУ.

В заключение отметим, что научно-исследовательская деятельность в университете находится в процессе непрерывного совершенствования и продолжает выходить на новые уровни развития. Этот позитивный тренд обеспечивается комплексом взаимосвязанных факторов. Таким образом, системная работа по всем этим направлениям позволяет УГЛТУ не только сохранять достигнутые позиции в научной сфере, но и наращивать исследовательский потенциал, развивать инновационную деятельность, укреплять репутацию надежного партнера в решении актуальных задач лесного комплекса и смежных отраслей.

# ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОЗЕЛЕНЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Научная статья
УДК 630*232

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ХВОЙНЫХ ПОРОД, В ИСКУССТВЕННОМ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ

**Елена Михайловна Андреева[1], Светлана Карленовна Стеценко[2], Геннадий Григорьевич Терехов[3]**
[1–3] Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
[1] e_m_andreeva@mail.ru
[2] stets_s@mail.ru
[3] terekhov_g_g@mail.ru

***Аннотация.*** Включение биопрепаратов с ростостимулирующим действием в технологию выращивания сеянцев является одним из приемов, позволяющих получать качественный посадочный материал основных лесообразующих хвойных пород. В работе представлены результаты исследования влияния предпосевной обработки семян препаратами на основе экстрактов древесной зелени пихты и ели на рост сеянцев сосны обыкновенной и ели сибирской.

***Ключевые слова:*** экстракты, древесная зелень хвойных, сосна обыкновенная, ель сибирская

***Благодарности:*** работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН (№ 123112700125-1).

***Для цитирования:*** Андреева Е. М., Стеценко С. К., Терехов Г. Г. Использование биопрепаратов, полученных из древесной зелени хвойных пород, в искусственном лесовосстановлении // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 20−26.

© Андреева Е. М., Стеценко С. К., Терехов Г. Г., 2026

Original article

# USE OF BIOPREPARATIONS OBTAINED FROM CONIFEROUS WOOD GREENERY IN ARTIFICIAL REFORESTATION

**Elena M. Andreeva[1], Svetlana K. Stetsenko[2], Gennady G. Terekhov[3]**
[1–3] Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[1] e_m_andreeva@mail.ru
[2] stets_s@mail.ru
[3] terekhov_g_g@mail.ru

***Abstract.*** The inclusion of growth-stimulating biopreparations into seedling cultivation technology is one of the methods for producing high-quality planting material for the main forest-forming coniferous species. This article presents the results of a research examining the effect of pre-sowing seed treatment with preparations based on fir and spruce greenery extracts on the growth of Scots pine and Siberian spruce seedlings.

***Keywords:*** extracts, coniferous wood greenery, Scots pine, Siberian spruce

***Acknowledgments:*** the work was carried out within the framework of the state assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (No. 123112700125-1).

***For citation:*** Andreeva E. M., Stetsenko S. K., Terekhov G. G. (2026) Ispol'zovaniye biopreparatov, poluchennykh iz drevesnoj zeleni khvojnykh porod, v iskusstvennom lesovosstanovlenii [Use of biopreparations obtained from coniferous wood greenery in artificial reforestation]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 20–26. (In Russ).

Успешность искусственного лесовосстановления определяется рядом условий, среди которых – качество посадочного материала [1, 2]. В настоящее время одной из проблем получения посадочного материала основных лесообразующих пород региона является состояние питомников, в которых он выращивается (их длительная многолетняя эксплуатация при выращивании монокультур, практически полное отсутствие агротехнических мероприятий по сохранению почвенного плодородия, постоянный вынос плодородного слоя почвы на корнях сеянцев при регулярной выкопке и др.). В связи с этим возникает необходимость разработки и внедрения современных экологически ориентированных приемов, обеспечивающих повышение выхода стандартного посадочного материала хвойных пород при снижении

затрат на его выращивание. Один из путей решения этой проблемы – применение биологически активных препаратов, которые могут обладать ростостимулирующим действием, а также способны повышать сохранность сеянцев и их устойчивость к неблагоприятным факторам различной природы, что позволит увеличивать выход продукции без вредного влияния на окружающую среду.

Среди списка препаратов, разрешенных для применения на территории Российской Федерации [3], только единицы рекомендованы для обработки семян с целью стимулирования роста хвойных, а остальные препараты разработаны для сельскохозяйственных растений и плодово-ягодных культур. Тем не менее, исследования на хвойных породах с применением последних препаратов проводятся [4].

Для применения больших объемов препаратов в практических целях источник получения биостимуляторов должен быть недорогим, один из вариантов – отходы крупномасштабного производства сельского хозяйства и лесной промышленности, когда из растений можно попутно добывать необходимые компоненты для получения биостимуляторов [5].

Получение различных биологически активных препаратов из хвойных пород является экономически перспективным. Это обусловлено в первую очередь тем, что хвойные деревья имеют большое распространение и активно перерабатываются. Крупнотоннажные отходы, появляющиеся в процессе лесозаготовки (хвоя, кора, ветки, неликвидная древесина), могут быть сырьем для получения БАВ, а в дальнейшем – основой для разработки препаратов с росторегулирующим действием [6]. Особенностью таких экологически безопасных препаратов является многофункциональность действия, низкая токсичность для человека. Препараты, получаемые на основе экстрактов древесной зелени хвойных пород, могут находить широкое применение не только в сельском, но и в лесном хозяйстве.

Одной из последних разработок российских ученых было создание препаратов на основе эмульсионных экстрактов древесной зелени пихты и ели [7, 8]. Препараты были успешно апробированы на сельскохозяйственных культурах. Основными действующие вещества препарата из древесной зелени пихты являются тритерпеновые кислоты, из древесной зелени ели – растительные фенольные соединения и флавоноиды.

Для оценки возможностей применения этих препаратов в лесном хозяйстве были проведены исследования в отделе лесоведения Ботанического сада УрО РАН. В Свердловской области основные лесообразующие породы – сосна обыкновенная и ель сибирская, поэтому на этих породах проводили испытания биостимуляторов. Основным приемом использования препаратов была предпосевная обработка семян. Перед посевом семена хвойных пород замачивали на шесть часов в растворах препаратов, в контрольном варианте – в дистиллированной воде. Для определения рабочих доз, которые в дальнейшем могли быть применены при выращивании

сеянцев хвойных, предварительно проводили лабораторные исследования. По их результатам отобрали дозы препаратов, которые применялись в дальнейшем при выращивании сеянцев с открытой корневой системы в открытом грунте [9].

Выращивание сеянцев (сосна – два года, ель – три года) проводилось на мелкоделяночных опытных участках в лесных базовых питомниках Березовского лесничества Свердловской области.

Морфометрические показатели надземной части сеянцев сосны (диаметр и высота стволика) из опытных вариантов в большинстве случаев превосходили размеры сеянцев из контрольного варианта, а также из производственных посевов питомников [10]. Сеянцы сосны в опытных вариантах (выращенные из семян с предпосевной обработкой препаратами из древесной зелени пихты и ели) уже в конце второго вегетационного периода достигали размеров, соответствующих критериям, прописанным в действующих Правилах лесовосстановления, утвержденных приказом Минприроды России от 04.12.2020 № 1014 для Средне-Уральского таежного района [11].

Ель сибирская – медленно растущая порода. Результаты исследований показали, что сеянцы ели, выращенные из семян, которые прошли предпосевную обработку препаратами из древесной зелени пихты и ели, в конце третьего года роста в питомнике имели более высокие показатели роста по сравнению с контролем, превышая последние по высоте на 20–30 %, а по толщине стволиков – на 19–20 % [12]. Сходные результаты были получены другими авторами после предпосевной обработки семян препаратом из древесной зелени ели [13].

В настоящее время продолжается эксперимент по посадке сеянцев сосны, выращенных с использованием биопрепаратов, на лесокультурные площади. Предварительные итоги позволяют говорить, что сохранность культур во всех опытных вариантах выше, чем в контроле. Высота сосны практически во всех опытных вариантах превышала контрольное значение. В этих культурах преобладающая часть деревьев сосны к концу пятого года роста достигла 1,0 м, что соответствовало «критериям и требованиям к молоднякам, площади которых подлежат отнесению к землям, на которых расположены леса». Таким образом, полученные результаты на таких опытно-производственных культурах сосны позволяют раньше нормативного срока [11] переводить эти участки в земли, покрытые лесом. Аналогичные результаты были получены при выращивании культур ели сибирской из семян, обработанных препаратом из древесной зелени ели [13]. Это наглядно показывает лесоводственную и экономическую составляющую применения биостимуляторов из древесной зелени.

Соответственно, проведены исследования влияния предпосевной обработки семян сосны и ели препаратами из древесной зелени пихты и ели на рост сосны и ели. Установлено положительное влияние препаратов на ростовые параметры – диаметр и высоту стволика сеянцев в питомнике и на

рост культур, созданных из этих сеянцев. Применение биопрепаратов позволяет сократить сроки выращивания сеянцев с открытой корневой системой в питомнике. Площади, занятые культурами хвойных, созданных из таких сеянцев, могут быть переведены в земли, покрытые лесом на 1–2 года раньше, чем это предписано Правилами лесовосстановления [11].

*Список источников*


1. Grossnickle S. C., MacDonald J. E. Seedlings quality: history, application, and plant attributes // Forests. 2018. № 9(5). P. 1–23. DOI: 10.3390/f9050283

2. Sungurova N., Popkova I., Marich S., Alexandrova Y. The correlations between planting material quality and artificial pine plantations parameters // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV scientific-technical conference “Forests of Russia: policy, industry, science and education”. 2019. С. 012071. DOI 10.1088/1755-1315/316/1/012071

3. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2025 // AgroXXI.ru : [сайт]. URL: www.agroxxi.ru/goshandbook / (дата обращения: 10.10.2025).

4. Тюкавина О. Н., Демина Н. А. Биологически активные препараты для стимуляции роста сеянцев хвойных // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2023. № 1 (70). С. 122–133.

5. Горбылева Е. Л., Боровский Г. Б. Биостимуляторы роста и устойчивости растений терпеноидной природы и другие биологически активные соединения, полученные из хвойных пород // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, № 4. С. 32–41. DOI: 10.21285/2227 2925-2018-8-4-32-41

6. Чукичева И. Ю., Хуршкайнен Т. В., Кучин А. В. Природные регуляторы роста растений из хвойного сырья // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2018. № 3 (24). С. 93–99.

7. Хуршкайнен Т. В., Кучин А. В. Лесохимия для инноваций в сельском хозяйстве // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2011. № 5. С. 17–23.

8. Рекомендации по применению препа рата Вэрва-ель для сельскохозяйственных культур. Сыктывкар, 2012. 8 с.

9. Влияние стимуляторов роста природного происхождения на проростки хвойных пород / Е. М. Андреева, С. К. Стеценко, А. В. Кучин [и др.] // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6, № 3 (23). С. 10–19.

10. Влияние биопрепаратов Вэрва и Вэрва-ель на рост сеянцев сосны обыкновенной / Т. В. Хуршкайнен, Е. М. Андреева, С. К. Стеценко [и др.] //

Химия растительного сырья. 2019. № 1. С. 295–300. DOI: 10.14258/jcprm.2019014248

11. Правила лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления (редакция, действующая с 1 марта 2025 года) от 29.12.2021 г. № Пр.-1024 // Гарант : [сайт]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403417664/?ysclid=mguohcy4nx626163139/ (дата обращения: 10.10.2025).

12. The effectiveness of natural growth stimulants in the cultivation of seedlings of *Picea obovata* Ledeb / T. V. Khurshkainen, S. K. Stetsenko, E. M. Andreeva [et al.] // Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 329–333. DOI: https://doi.org/10.14258/jcprm.2021038854

13. Салцевич Ю. В., Буряк Л. В., Агеев А. А. Динамика роста опытных лесных культур ели сибирской // Реализация Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года в новых реалиях : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск, 2023. С. 127–134.

*References*

1. Grossnickle S. C., MacDonald J. E. Seedlings quality: history, application, and plant attributes // Forests. 2018. No. 9(5). P. 1–23. DOI: 10.3390/f9050283.

2. The correlations between planting material quality and artificial pine plantations parameters / Sungurova N., Popkova I., Marich S., Alexandrova Y. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV scientific-technical conference “Forests of Russia: policy, industry, science and education”. 2019. P. 012071. DOI 10.1088/1755-1315/316/1/012071.

3. State catalogue of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation 2025 // AgroXXI.ru : [website]. URL: www.agroxxi.ru/goshandbook (date of accessed: 10.10.2025).

4. Tyukavina O. N., Demina N. A. Biologically active substances for stimulating the growth of coniferous seedlings // Bulletin of Buryat State Academy of Agriculture named after V. R. Philippov. 2023. № 1(70). P. 122–133.

5. Gorbyleva E. L., Borovsky G. B. Growth and stability biostimulators for plants containing terpenoids and other biologically active compounds obtained from conifers // News of Universities. Applied chemistry and biotechnology. 2018. Vol. 8, No. 4. P. 32–41. DOI: 10.21285/2227- 2925-2018-8-4-32-41.

6. Chukicheva I. Yu., Khurshkainen T. V., Kuchin A. V. Natural plant growth regulators from coniferous raw materials // Innovation and expertise: Scientific Works. 2018. № 3 (24). P. 93–99.

7. Khurshkainen T. V., Kuchin A. V Woodchemistry for innovations in agriculture // News of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences. 2011. No. 1(5). P. 17–23.

8. Recommendations for the use of the drug Verva-el for agricultural crops. Syktyvkar. 2012. 8 p.

9. The influence of natural growth stimulants on coniferous seedlings / E. M. Andreeva, S. K. Stetsenko, A. V. Kutchin [et al.] // Forestry Engineering Journal. 2016. No. 3. P. 10–19.

10. Influence of biopreparation Verva and Verva-Spruce on the Scots Pine seedlings growth / T. V. Khurshkaynen, E. M. Andreyeva, S. K. Stetsenko [et al.] // Chemistry of plant raw materials. 2019. No. 1. P. 295–300. DOI: 10.14258/jcprm.2019014248.

11. The rules for reforestation, the form, composition, procedure for approving a reforestation project, grounds for refusing to approve it, as well as requirements for the electronic format of a reforestation project dated 29.12.2021 № Pr-1024 // Garant : [website]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403417664 (date of accessed: 10.10.2025).

12. The effectiveness of natural growth stimulants in the cultivation of seedlings of *Picea obovata* Ledeb / T. V. Khurshkainen, S. K. Stetsenko, E. M. Andreeva [et al.] // Chemistry of plant raw materials. 2021. No 3. P. 329–333. DOI: 10.14258/jcprm.2021038854.

13. Saltsevich Yu. V., Buryak L. V., Ageev A. A. Dynamics of growth of experimental forest crops of Siberian Spruce // Implementation of the Strategy for the Development of the Forestry Complex of the Russian Federation until 2030 in the New Realities. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Irkutsk. 2023. P. 127–134.

Научная статья
УДК 712.253

# ОСОБЕННОСТИ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА УЛАН-УДЭ

**Туяна Викторовна Ахаржанова[1], Владислав Николаевич Дыркач[2]**
[1, 2] Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия
[1] touyana@rambler.ru
[2] oladyshkavladyshka@gmail.com

***Аннотация.*** В статье рассматриваются особенности проведения работ по озеленению населенного пункта с целью обеспечения благоприятной окружающей среды. Приведен материал по основным применяемым породам для замены насаждений в состоянии естественного старения.

***Ключевые слова:*** состояние озелененных территорий, проблемы озеленения, показатели, зеленый фонд

***Для цитирования:*** Ахаржанова Т. В., Дыркач В. Н. Особенности озеленения города Улан-Удэ // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 27−33.

Original article

# FEATURES OF LANDSCAPING IN THE CITY OF ULAN-UDE

**Tuyana V. Akharzhanova[1], Vladislav N. Dyrkach[2]**
[1, 2] East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia
[1] touyana@rambler.ru
[2] oladyshkavladyshka@gmail.com

***Abstract.*** The article examines the features of landscaping the settlement in order to ensure a favorable environment. The material on the main tree species used for replacing plantations in a state of natural aging is given.

***Keywords:*** condition of landscaped space, problems of landscaping, indicators, green redources

© Ахаржанова Т. В., Дыркач В. Н., 2026

***For citation:*** Akharzhanova T. V., Dyrkach V. N. (2026) Osobennosti ozeleneniya goroda Ulan-Ude. [Features of landscaping in the city of Ulan-Ude]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 27–33. (In Russ).

Улан-Удэ является столицей республики Бурятия. В Дальневосточном федеральном округе занимает третье место по количеству проживаемых. В настоящее время население более 435 тысяч человек. Он занимает площадь 347 600 км² и состоит из трех районов. Площадь городских лесов определена в 8 668 га. К сожалению, на протяжении многих лет город по состоянию атмосферного воздуха входит в число самых загрязненных по стране. Одна из причин – ТЭЦ-1, построенный в 1936 г. в центре города. Поэтому изучение озеленения с целью улучшения качества воздуха, создания комфортной благоприятной городской среды представляет научный интерес.

Цель работы – проанализировать особенности проведения работ по озеленению городской среды Улан-Удэ.

Озеленение – элемент комплексного благоустройства и ландшафтной организации территории, который обеспечивает формирование городской среды с активным использованием растительных компонентов, а также поддержание ранее созданной или изначально существующей природной среды на территории города [1].

Согласно опубликованным данным в 2007 г. при нормативе 10 м² зелени общего пользования на человека, фактически в Улан-Удэ на одного жителя приходится 3,5 м² насаждений. Соответственно, властями поставлена задача увеличить в три раза требуемый показатель.

Анализ показывает, что город обладает фактическим ресурсом земельных насаждений, которые имеют потенциал для отнесения к общей системе озеленения. Система озеленения является важнейшим составляющим элементом населенного пункта и занимает значительное пространство на занимаемой площади. По оценкам специалистов значительная часть зеленых насаждений в 2019 г. достигла состояния естественного старения, что соответственно потребовало значительного ухода либо замены. Поэтому была принята муниципальная программа «Зеленый город» на период до 2027 г. (табл. 1).

Ставятся задачи по увеличению озеленения дворовых территорий до 20 %, повышению приживаемости саженцев – до 80 % [2].

*Таблица 1*

Показатели эффективности программы по озеленению

| № | Наименование | Результат |
|---|---|---|
| 1 | Увеличение озелененных площадей территорий общего пользования | С 3,9 м$^2$ в 2019 г. до 10 м$^2$ на одного жителя в 2027 г. |
| 2 | Увеличение площади озелененных мест на внутридворовых территориях | С 4,2 м$^2$ в 2019 г. до 6 м$^2$ на одного горожанина в 2027 г. |
| 3 | Посадка лесных насаждений в городских лесах | Не менее 7000 единиц в год |
| 4 | Привлечение населения к участию в озеленении населенного пункта | Проведение четырех и более конкурсов, минимум одной акции |

Для реализации программы по озеленению выделяются финансовые средства как из республиканского бюджета, так и местного. Возможно привлечение внебюджетного финансирования. Вся территория города была поделена на почти сто микрорайонов, в которых провели детальную инвентаризацию. В 2019 г. была организована масштабная акция, в результате высадили 17 709 саженцев, из них – 11 107 деревьев и 6 602 – кустарников. Разработали интерактивную карту озеленения города [3].

На данный момент на территории рассматриваемого объекта насчитывается семь парков, одна аллея, два сада, два бульвара и более 15 скверов (рис. 1).




Рис. 1. Зеленый фонд города

По данным рис. 1 в Советском районе насчитывается меньшее количество парков и скверов по сравнению с двумя другими административными районами города. Ботанического сада в городе Улан-Удэ нет. Согласно плану градостроительства, интенсивно застраивается юго-восток. Запланировано выделение площадей под парки в сотых кварталах, п. Энергетик. В п. Аэропорт обустроен новый сквер Яблоневый. В некоторых скверах содержится дендрологическая коллекция.

Уход за насаждениями включает тщательный учет насаждений. Специалисты МБУ «Городское лесничество» постоянно проводят инвентаризацию с целью выявления пораженных заболеваниями насаждений, определения старовозрастных и аварийных древесных растений, вырубки сухостоя, прореживания и другого. В 2022 г. удалили 638 больных и сухих деревьев, а в 2023 году – более 400.

Администрацией города ежегодно организовываются и проводятся плановые работы по благоустройству. По нашему мнению, успешно применяются элементы ландшафтного дизайна для создания эстетической среды. Уделяется должное внимание дизайну рекреационных объектов – парков, скверов, мест отдыха. Практикуются посадка деревьев и кустарников, создание газонов и цветников. Управляющие компании несут ответственность за цветники и ухоженные газоны на вверенной им территории. Высаживают следующие однолетние и многолетние цветы: акосмея, колокольчик персиколистный, адонисы и др. Население активно привлекается к вопросу определения объектов для благоустройства. С этой целью проводится интернет-голосование. Волонтеры ежегодно привлекаются к посадке саженцев (рис. 2).



Рис. 2. Студенты ВСГУТУ с преподавателями при посадке саженцев на ул. Борсоева

Качественными саженцами обеспечивает городской питомник. Он успешно выращивает до четырех тысяч разных видов, подходящих для климатической зоны республики Бурятия. На 12 гектарах получают саженцы ивы, липы и др. Успешно практикуется использование капельного полива, видеонаблюдения, зонирования для разных этапов роста.

Посадочные работы проводятся во всех районах города. Например, в 2023 г. высажены около 5000 саженцев. Предпочтение отдается следующим видам растений (рис. 3). Среди интересных растений упоминается посадка глициний, гибискусов, миндалей, а также маракуйи.

Осенью 2025 г. высажено более 1500 хвойных, плодовых, декоративных и крупных пород древесной растительности. В сквере «Семейный отдых» высажены рябина, сирень венгерская. По данным специалистов посадка осенью с удобрением позволяет хорошо укорениться и успешно перезимовать. На тропе «Здоровье» появились 60 саженцев абрикоса сибирского. В последние годы используют специальные растяжки-стабилизаторы для саженцев, автоматическую систему полива.




Рис. 3. Виды древесно-кустарниковой растительности, применяемой для озеленения города Улан-Удэ (фото автора)

По нашим наблюдениям, лучше всего подходят для стационарного озеленения серебристый тополь, яблоня, черемуха и др. В 2025 г. были установлены мобильные зеленые зоны. В экокадках высадили клены на проспекте 50-летия Октября и других частях города (рис. 4).




Рис. 4. Зеленые насаждения в экокадках на улице Ключевская

Мобильные зеленые конструкции представляют собой специальные контейнеры с растениями. Их расставляют сразу на асфальт в местах, где затруднено обычное высаживание. Экологичные кадки способствуют улучшению экологической обстановки и повышают эстетику улиц. Это первый успешный опыт подобной работы по мобильному озеленению.

Осенью 2025 г. был открыт туристический маршрут «Тропа здоровья» протяженностью около 21 км. Пять троп соединены между собой. Создан инклюзивный участок маршрута доступный для маломобильных граждан.

На улице Ленина были признаны аварийными тополя. Вместо них теперь рябиновая аллея. Высажено 70 саженцев рябины, которая имеет ряд преимуществ. Среди них – корневая система, не выдавливающая плитку или другие покрытия, а также она не повреждает подземные коммуникации. Также посажен можжевельник в сквере Модогоева.

В октябре 2025 г. республика Бурятия получила инфраструктурный кредит на сумму более двух миллиардов рублей, которые планируется израсходовать до 2027 г. В числе планируемых мероприятий – благоустройство и озеленение центральной улицы Ленина (Арбат). На заемные денежные средства высадят зеленые насаждения [4, 5].

В качестве вывода следует отметить, что продолжается создание эффективной и устойчивой системы озеленения г. Улан-Удэ. Это способствует формированию экологически и эстетически организованной городской среды. Ключевой показатель по увеличению озелененных площадей территорий общего пользования выполнен, город стал эстетичнее. По нашему мнению, администрация города, МБУ «Городское лесничество», промыш-

ленные предприятия, ТСЖ, управляющие компании, население слажено ведут совместную работу по озеленению. Успешно проводятся работы по экологическому просвещению населения.

*Список источников*

1. Правила благоустройства территории городского округа «Город Улан-Удэ» (с изменениями на 2 июля 2025 года) // Кодекс : [сайт]. URL: https://docs.cntd.ru/document/550189727?marker=64U0IK (дата обращения 01.10.2025).

2. Муниципальная программа «Зеленый город» // Кодекс : [сайт]. URL: // https://docs.cntd.ru/document/561518247(дата обращения 29.09.2025).

3. Официальный сайт Ула-Удэ : [сайт]. URL: https://green.ulan-ude-eg.ru/ (дата обращения: 10.10.2025).

4. Константинов А. В Улан-Удэ на Арбате уложат новую плитку и высадят деревья // Номер один : [сайт]. URL: https://gazeta-n1.ru/news/society/153826/ (дата обращения: 10.10.2025).

5. Улан-Удэ : [сайт]. URL: https://ulan-ude-info.ru/zhitelyam/gorodskoe-khozyaystvo/blagoustroystvo-goroda/ (дата обращения: 10.10.2025).

*References*

1. Rules for the improvement of the territory of the urban district of Ulan-Ude (as amended on July 2, 2025) // The Code : [website]. URL: https://docs.cntd.ru/document/550189727?marker=64U0IK (date of accessed: 01.10.2025).

2. Municipal program “Green city” // The Code : [website]. URL: https://docs.cntd.ru/document/561518247 (date of accessed: 29.09.2025).

3. Official website of Ulan-Ude : [website]. URL: https://green.ulan-ude-eg.ru/ (accessed: 10.10.2025).

4. Konstantinov A. New tiles will be laid on the Arbat in Ulan-Ude, and trees will be planted // Number one : [website]. URL: https://gazeta-n1.ru/news/society/153826/ (date of accessed: 29.09.2025).

5. Ulan-Ude Information : [website]. URL: https://ulan-ude-info.ru/zhitelyam/gorodskoe-khozyaystvo/blagoustroystvo-goroda/ (date of accessed: 10.10.2025).

Научная статья
УДК 630.23(571.15)

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕ ПОКРЫТЫХ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ЗЕМЕЛЬ В ЛЕНТОЧНЫХ БОРАХ АЛТАЯ

**Юрий Владимирович Беспалов[1], Олег Александрович Игнатовский[2], Сергей Вениаминович Залесов[3]**
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] yurig.bespalov.79@mail.ru
[2] zamdir@kldk.altailes.com
[3] zalesovsv@m.usfeu.ru

***Аннотация***. На основании литературных и ведомственных материалов, а также результатов собственных исследований авторов установлено количество подроста на не покрытых лесной растительностью землях в ленточных борах Алтая. Отмечается, что максимальным количеством подроста характеризуются вырубки шириной до 25 м, что свидетельствует о целесообразности замены добровольно-выборочных рубок чересполосными постепенными или комбинированными выборочными.

***Ключевые слова****:* ленточные боры, возобновление, подрост, ширина лесосеки

***Для цитирования***: Беспалов Ю. В., Игнатовский О. А., Залесов С. В. Эффективность лесовосстановления не покрытых лесной растительностью земель в ленточных борах Алтая // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 34–38.

Original article

# REFORESTATION EFFICIENCY OF NON-FORESTED LANDS IN ALTAI RIBBONS

**Yuri V. Bespalov[1], Oleg A. Ignatovsky[2], Sergey V. Zalesov[3]**
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] yurig.bespalov.79@mail.ru
[2] zamdir@kldk.altailes.com
[3] zalesovsv@m.usfeu.ru

© Беспалов Ю. В., Игнатовский О. А., Залесов С. В., 2026

***Abstract.*** Based on literary and departmental materials, as well as the results of the authors' own research, the amount of undergrowth on non-forested lands in Altai ribbon pine forests was determined. It is noted that the maximum amount of undergrowth is characterized by cutting up to 25 m wide, which indicates the expediency of replacing voluntary selective cutting with strip-cutting gradual or combined selective cutting.

***Keywords:*** ribbon forests, regeneration, undergrowth, cutting area width

***For citation:*** Bespalov Yu. V., Ignatovsky O. A., Zalesov S. V. (2026) Effektivnost' lesovosstanovleniya ne pokrytyx lesnoj rastitel'nost'yu zemel' v lentochnyx borax Altaya [Reforestation efficiency of non-forested lands in Altai ribbons] = Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 34–38. (In Russ).

Направленность и результативность хода естественного возобновления леса, как на не покрытых лесом землях, так и под пологом насаждений, в ленточных борах изучались на протяжении длительного времени. Первые научные исследования были выполнены при проведении лесоустройства в 1927–1929 гг. Затем в 1930-х гг. комплексные исследования лесовозобновления были проведены сотрудниками Лебяжинской зональной опытной станции [1]. Позднее детальное изучение естественного возобновления проводилось в 1936–1937 гг. Ленинградской экспедицией треста лесной авиации. Обобщенные данные материалов, собранных этой экспедицией, и материалы лесоустройства прошлых лет представлены в монографиях [2, 3]. В дальнейшем исследования в данном направлении были продолжены [4–7].

Целью исследований являлось изучение обеспеченности подростом не покрытых лесной растительностью земель и разработка на этой основе предложений по выбору вида рубок спелых и перестойных насаждений.

В основу исследований положен анализ литературных и ведомственных материалов, а также результаты собственных исследований авторов, выполненных на пробных площадях, заложенных в соответствии с апробированными методиками [8, 9].

В результате выполненных исследований установлено, что в ленточных борах естественное возобновление на не покрытых лесной растительностью землях (вырубках, гарях, прогалинах) протекает весьма сложно и нередко, появившийся во влажные годы, самосев гибнет в последующие засушливые годы. При этом возобновление не покрытых лесом земель определяется их местоположением и размером.

Так, в типе леса сухой бор пологих всхолмлений (СБП) на участках, расположенных вдоль юго-западных стен леса, наблюдается удовлетвори-

тельное возобновление, и противоположная картина встречается вдоль южных стен леса. Наибольшее количество подроста накапливается под защитой отдельно растущих деревьев или куртин. Чаще всего подрост размещается группами в северном или северо-западном конусах деревьев. При этом на открытых пространствах подрост встречается редко.

В насаждениях типа леса СБП возобновление можно охарактеризовать как неудовлетворительное. Количество подроста не превышает 0,3 тыс. шт./га. В то же время на не покрытых лесом землях типа леса СБП количество жизнеспособного подроста сосны обыкновенной варьируется в зависимости от расстояния от 0,5 тыс. шт./га у южных стен леса до 2,3 тыс. шт./га у северных стен леса. При этом процесс накопления подроста в указанных типах леса сильно растянут по времени.

В типе леса свежий бор (СВБ) возобновление идет более успешно и достигает у северных стен леса 7,0 тыс. шт./га, что позволяет перевести данные участки в покрытые лесной растительностью земли.

В насаждениях типа леса травяной бор ТРБ в составе подроста появляются лиственные воды, однако количества подроста меньше, чем в условиях типа леса свежий бор.

Определяющее значение на возобновление вырубок оказывает их ширина. При ширине вырубок до 25 м количество подроста достигает 23 тыс. шт./га. При этом наименьшее количество подроста на узких вырубках наблюдается в типах леса СБП и СВБ. Последнее наглядно свидетельствует о целесообразности назначения в указанных группах типов леса чересполосных постепенных рубок, которые значительно больше, чем добровольно выборочные рубки, соответствуют биологии сосны обыкновенной.

При ширине лесосек до 25 м худшие условия для возобновления создаются в условиях типа леса травяной бор (ТРБ), но даже в данном типе леса количество подроста достигает 100 тыс. шт./га. При этом с увеличением ширины лесосек количество подроста сокращается. При ширинке 50 м и более наблюдается неудовлетворительное возобновление и особенно в типе леса травяной бор (ТРБ), где возобновление практически отсутствует и наблюдается обильное задернение.

Указанное свидетельствует, что при планировании лесовозобновления на не покрытых лесом площадях необходимо повышенное внимание уделять накоплению подроста предварительной генерации, который накапливается под пологом до рубки древостоя.

Поскольку все ленточные боры Алтая относятся к категории защитных, в них запрещены сплошнолесосечные рубки. Омоложение насаждений в такой ситуации может быть выполнено либо равномерно-постепенными рубками, либо чересполосными постепенными. В условиях типа леса травяной бор, если не удается обеспечить накопление подроста равномерным изреживанием древостоя, проектируются комбинированные выборочные рубки с созданием лесных культур в вырубаемых полосах.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Ленточные боры Алтая характеризуются жесткими лесорастительными условиями, что затрудняет лесовосстановление на не покрытых лесной растительностью землях (вырубки, гари, пустыри).

2. Накопление подроста происходит с северной стороны от стены леса, т. е. там, где имеет место тень от крон деревьев в полуденные часы.

3. Лучше всего процесс накопления подроста происходит в типе леса свежий бор, хуже – травяной бор.

4. При ширине вырубаемых полос менее 50 м накапливается количество подроста достаточное для последующего лесовосстановления. При увеличении ширины вырубаемой полосы более 50 м происходит задернение. Последнее особенно четко проявляется в типе леса травяной бор.

5. Омоложение насаждений в типах леса СВБ и СБП лучше всего проводить равномерно-постепенными и чересполосными постепенными рубками, а в типе леса ТРБ – равномерно постепенными или комбинированными выборочными.

6. При проектировании рубок необходимо проведение мер содействия предварительному лесовозобновлению, на базе которого будут формироваться будущие насаждения.

*Список источников*

1. Мясоед И. Ю. К вопросу об установлении наиболее рациональных методов искусственного возобновления сосны в условиях ленточных боров Западно-Сибирского края // Тр. Лебяжинской ЗОН ЛОС. Свердловск М. : Гослестехиздат, 1934. Вып. 1. С. 73–104.

2. Грибанов Л. Н. Ленточные боры Алтайского края и Казахстана. М. : Сельхозгиз, 1954. 88 с.

3. Бугаев В. А., Косарев Н. Г. Лесное хозяйство ленточных боров Алтайского края. Барнаул : Алтайское кн. изд-во. 1988. 312 с.

4. Лесовосстановление на Алтае / Е. Г. Парамонов, М. Н. Ишутин, В. А. Саста [и др.]. Барнаул, 2000. 321 с.

5. Ключников М. В., Парамонов Е. П. Рубки обновления и переформирования в особо ценных сосняках. Барнаул : Изд-во Алтайского ун-та, 2003. 117 с.

6. Воспроизводство и омоложение ленточных боров Алтайского края / С. В. Залесов, А. Е. Осипенко, А. Ю. Толстиков [и др.]. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. 360 с.

7. Осипенко А. Е., Залесов С. В. Обеспеченность подростом сосновых насаждений Алтае-Новосибирского района лесостепей и ленточных боров // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28, № 3. С. 15–25. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-3-15-25.

8. Основы фитомониторинга / С. В. Залесов, Е. А. Зотеева, А. Г. Магасумова [и др.]. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. 76 с.

9. Данчева А. В., Залесов С. В., Попов А. С. Лесной экологический мониторинг. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. 146 с.

*References*

1. Myasoed I. Yu. On the issue of establishing the most rational methods of artificial regeneration of pine in the conditions of ribbon forests of the West Siberian Territory // Proceedings of the Lebyazhinskaya Zone of the Forest Protection System. Sverdlovsk. M. : Goslestekhizdat, 1934. Issue 1. P. 73–104.

2. Gribanov L. N. Ribbon forests of the Altai Territory and Kazakhstan. M. : Selkhozgiz, 1954. 88 p.

3. Bugaev V. A., Kosarev N. G. Forestry of ribbon forests of the Altai Territory. Barnaul : Altai Publishing House. 1988. 312 p.

4. Reforestation in Altai / E. G. Paramonov, M. N. Ishutin, V. A. Sasta [et al.]. Barnaul, 2000. 321 p.

5. Klyuchnikov M. V., Paramonov E. P. Regeneration and reformation cutting in especially valuable pine forests. Barnaul : Publishing House of the Altai University, 2003. 117 p.

6. Reproduction and rejuvenation of ribbon forests of the Altai Territory / S. V. Zalesov, A. E. Osipenko, A. Yu. Tolstikov [et al.]. Ekaterinburg : USFEU, 2023. 360 p.

7. Osipenko A. E., Zalesov S. V. Provision of undergrowth of pine plantations in the Altai-Novosibirsk region of forest-steppes and ribbon forests // Forest Bulletin / Forestry Bulletin, 2024. Vol. 28, No. 3. P. 15–25. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-3-15-25.

8. Fundamentals of phytomonitoring / S. V. Zalesov, E. A. Zoteeva, A. G. Magasumova [et al.]. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2007. 76 p.

9. Dancheva A. V., Zalesov S. V., Popov A. S. Forest ecological monitoring. Ekaterinburg : USFEU, 2023. 146 p.

Научная статья
УДК 712.4:711.581(470.57−25)

# КОНЦЕПЦИЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВА ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «СОСНЫ» В ГОРОДЕ УФЕ

**Гульнара Асгатовна Бокебаева[1], Надежда Федоровна Сарычева[2]**
[1, 2] Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия
[1] izgrb@mail.ru
[2] nadezhda.sarycheva.81@mail.ru

***Аннотация***. В статье рассматриваются современные проблемы озеленения новых жилых комплексов в условиях городской среды на примере ЖК «Сосны» в городе Уфе. Предложена комплексная концепция озеленения, основанная на принципах устойчивого развития и рационального природопользования.

***Ключевые слова:*** рациональное природопользование, озеленение населенных пунктов, жилой комплекс, устойчивое развитие, ландшафт

***Для цитирования:*** Бокебаева Г. А., Сарычева Н. Ф. Концепция озеленения и благоустройства жилого комплекса «Сосны» в городе Уфе // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 39−46.

Original article

# THE CONCEPT OF LANDSCAPING AND IMPROVEMENT OF THE ”PINES” RESIDENTIAL COMPLEX IN UFA

**Gulnara A. Bokebaeva[1], Nadezhda F. Sarycheva[2]**
[1, 2] Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia
[1] izgrb@mail.ru
[2] nadezhda.sarycheva.81@mail.ru

***Abstract.*** The article examines current issues of landscaping new residential complexes in urban environments, using the example of the ”Pines” residential complex in Ufa. A comprehensive landscaping concept based on the principles of sustainable development and rational use of natural resources is proposed.

© Бокебаева Г. А., Сарычева Н. Ф., 2026

***Keywords:*** rational use of natural resources, landscaping of settlements, residential complex, sustainable development, landscape

***For citation:*** Bokebaeva G. A., Sarycheva N. F. (2026) Koncepciya ozeleneniya I blagoustroystva jilogo kompleksa ”Sosny” v gorode Ufe. [The concept of landscaping and improvement of the ”Pines” residential complex in Ufa city]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii. [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 39–46. (In Russ)

Интенсивная жилищная застройка в крупных городах, таких как Уфа, приводит к сокращению озелененных территорий общего пользования и увеличению антропогенной нагрузки на окружающую среду. В этих условиях именно внутриквартальное озеленение новых жилых комплексов (ЖК) приобретает ключевое значение в формировании благоприятной городской среды. Однако часто озеленение в новых ЖК носит декоративный, а не системный характер, не учитывает экологические аспекты и не решает проблему рационального использования ресурсов. В других жилых комплексах при всем удачном комплексном подходе к благоустройству озеленение страдает недостатком биоразнообразия и не учитывает экологические аспекты [1].

Жилой комплекс комфорт-класса «Сосны» в г.Уфе − это масштабный проект жилищного строительства, воплощающий идею гармоничного сочетания городского комфорта и природной эстетики. Комплекс в 28,4 га включает 33 корпуса высотой 3−6 этажей, расположен в Ленинском районе в непосредственной близости от лесного массива, что изначально определило концепцию озеленения и благоустройства. В основу концепции легли следующие основополагающие принципы:

1) акцент на хвойные породы деревьев, которые создают благотворный микроклимат, положительно влияющий на здоровье горожан;

2) принцип «двор без машин» для сохранения чистоты воздуха и защиты здоровья жителей;

3) создание разноплановых общественных пространств для всех категорий жителей, способствующих их объединению [2].

Хотя исходная концепция ЖК «Сосны» была основана на принципе гармонизации урбанизированной среды с природной, проведенный анализ реализованного проекта показал двойственный характер. С одной стороны, был достигнут высокий уровень инфраструктурного благоустройства, соответствующий потребностям современного городского сообщества (мно-

гофункциональные спортивные и игровые зоны, специализированные площадки, современные МАФы[1]). С другой стороны, ландшафтно-экологический компонент ограничился моновидовыми посадками *Pinus sylvestris* и газонным покрытием. Такой подход привел к формированию обедненной фитоценотической структуры, характеризующейся низким уровнем биоразнообразия, отсутствием ярусности и, как следствие, недостаточной устойчивостью к климатическим стрессам. Таким образом, несмотря на изначально заявленную ориентацию на природу, реализованная модель озеленения не может быть классифицирована как экологически устойчивая [3].

В отношении эстетической составляющей проведенный анализ выявил диссонанс между, с одной стороны, заложенной в проект ЖК «Сосны» концепцией минималистичного ландшафтного дизайна (лаконичные посадки сосны обыкновенной на обширных газонных пространствах) и, с другой стороны, ожиданиями и предпочтениями жителей. Некомфортность визуальной среды, воспринимаемой как «скудная» и «безликая», провоцирует жителей на спонтанную практику ландшафтного видоизменения придомового пространства. Эта практика проявляется в создании самовольных элементов озеленения (клумбы, кустарники), которые, выполняя для их создателей функцию компенсации дефицита визуальной сложности и колористического разнообразия, в макромасштабе деструктивно влияют на восприятие комплекса как целостной композиции.

Таким образом, наблюдается конфликт между авторским замыслом, стремящимся к единству и простоте, и потребностью жителей в персонализации и насыщении среды, что ведет к фрагментации и потере архитектурно-ландшафтной идентичности территории.

Современный подход к озеленению требует научного обоснования с целью создания по-настоящему устойчивой и комфортной среды. Научный подход к озеленению – это не просто тренд, а фундаментальная необходимость для создания жизнестойких и здоровых городов. Старая парадигма, когда «озеленить» означало «посеять газон и посадить любые деревья», себя изжила, т. к. приводила к отсутствию желаемого экологического и эстетического эффекта и высоким затратам на содержание. Назрела необходимость разработки обновленной концепции озеленения ЖК «Сосны», которое бы не только выполняло средообразующие и рекреационные функции, но и повышало эстетическую привлекательность территории в соответствии с ожиданиями жильцов, увеличивало биоразнообразие и экологическую устойчивость.

В современном городском озеленении набирает обороты тенденция создания посадок в природном стиле, объединяющих экологическую и декоративную функции. Городская посадка в природном стиле выполняет функцию искусственного фитоценоза, организованного по принципу природных

[1] (*Прим. ред.*) МАФ – малые архитектурные формы.

сообществ растений совместимых друг с другом видов, которые покрывают землю взаимосвязанными ярусами. Такой подход позволяет достичь двух ключевых целей: круглогодичной декоративности (растения подобраны так, что периоды их наибольшей декоративности – цветение, изменение окраски листвы – сменяют друг друга) и экологической устойчивости к неблагоприятным факторам городской среды [4].

Именно этот подход был положен в основу развития концепции озеленения ЖК «Сосны» на примере пилотного объекта придомовой территории дома 15 по ул. Артезианской. Ландшафтный проект был разработан с учетом принципов экологической устойчивости, биоразнообразия и круглогодичной декоративности.

**1. Исходные условия и задачи**

Участок: прямоугольная форма, общая площадь 0,19 га, включая площадь с торца здания. Территория изначально покрыта сформированным газоном.

Задачи:

1) сохранение существующих элементов – сформированного газона и взрослых сосен;

2) минимизация будущих затрат на обслуживание (полив, уходные работы);

3) создание эстетически выразительного, экологически устойчивого и биоразнообразного пространства.

**2. Планировочное решение**

Предложено создание пяти клумб, равномерно распределенных по территории на фоне сохраненного газона. Клумбы занимают 45 % общей площади, что создает сбалансированную композицию: четыре клумбы в форме «капель» из лиственных культур, одна центральная клумба в форме овала с хвойной композицией, одна торцевая клумба из многолетних цветов.

Концентрация всего ландшафтного дизайна в пределах клумб упрощает стрижку газона и подчеркивает акцентность цветовых пятен (рис. 1).

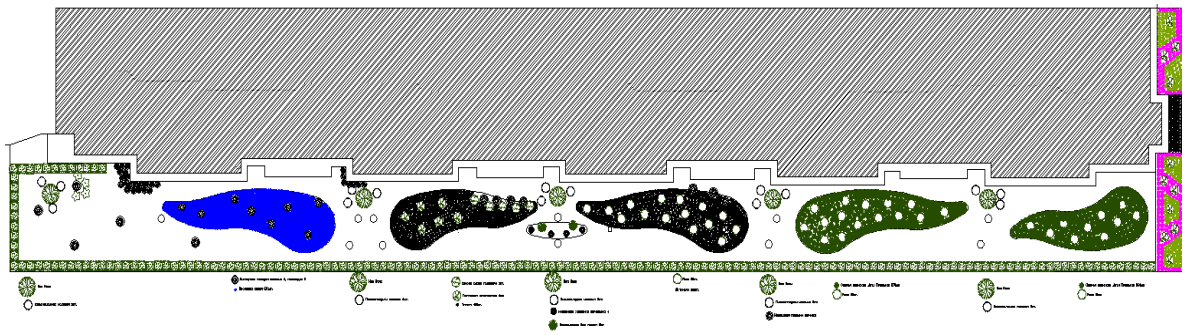


Рис. 1. Генплан

**3. Ассортимент растений и ярусность**

Клумбы-«капли» состоят из трех ярусов (рис. 2).

1) нижний ярус (почвопокровный):

– тимьян ползучий *Thýmus serpýllum* и живучка ползучая *Ajúga réptans* образуют самодостаточный, самовоспроизводящийся ковер, не требующий ухода;

– овсяница сизая *Festuca glauca* плотно покрывает землю, препятствуя развитию сорняков, а также создает эффект легкости и воздушности, добавляя динамики в композицию;

– спирея японская 'Little Princess' *Spiraea japonica* 'Little Princess' образует высокодекоративный подушкообразный покров, характеризующийся обильным весенним цветением и красной окраской листьев.

2) средний ярус (кустарниковый):

– роза 'Тереза Багнет' *Rose* 'Therese Bugnet';

– спирея серая 'Грефшейм' *Spiraea cinerea* 'Grefsheim';

– спирея иволистная *Spiraea salicifolia*;

– пузыреплодник калинолистный 'Lady in Red' *Physocarpus opulifolius* 'Lady in Red'.

Все виды выносливые, нетребовательные, обладают высокой декоративностью и подходят для 3–4 климатических зон USDA.

3) верхний ярус (древесный):

– ива 'Majak' *Salix* 'Majak';

– ель обыкновенная *Picea abies*.




Рис. 2. Проект клумбы-«капли»

Центральная хвойная клумба: можжевельник чешуйчатый 'Blue Carpet', *Juniperus squamata* 'Blue Carpet', ель колючая 'Glauca' *Picea pungens* 'Glauca', сосна горная *Pinus mugo var. Mughus*, барбарис Тунберга 'Atropurpurea' *Berberis thunbergii* 'Atropurpurea'. Вечнозеленая композиция обеспечивает структуру и декоративность всесезонно, даже под снегом, делая ландшафт интересным в любое время года.

Торцевая клумба выполнена сплошной посадкой для создания мощного цветового акцента:

– гейхера гибридная 'Electra' и 'Velvet Night' *Heuchera hybrida* 'Electra', 'Velvet Night' обеспечивает контраст и декоративность в течение всего сезона;

– ирис бородатый *Iris germanica* создает яркий весенний акцент (рис. 3).



Рис. 3. Торцевая клумба. Реализация

В результате реализации проекта на территории создаются полноценные, многоярусные композиции из акклиматизированных, зимостойких и малоуходных культур. Эти экологически успешные, устойчивые сообщества функционируют по принципу фитоценоза, где растения взаимно дополняют и поддерживают друг друга. Такие системы являются самовоспроизводящимися, автономно существующими и мало зависящими от антропогенного фактора [5].

Сохраненный газон выполняет роль нейтрального фона, оттеняющего изящную форму клумб, которая особенно хорошо видна при обзоре с верхних этажей дома N15 (рис. 4).



Рис. 4. Форма клумб-«капель». Вид с верхних этажей. Реализация

Помимо экологической и функциональной составляющих, настоящий ландшафтный проект успешно решает задачу преодоления монотонного и скучного минимализма, характерного для типового благоустройства. Он кардинально преображает пространство, заменив монотонное газонное покрытие на живописную и динамичную картину, наполненную жизнью и красками. Яркие цветовые пятна клумб-«капель», контрастные сочетания хвойных и лиственных растений, игра фактур и сезонные метаморфозы привносят в пространство визуальную сложность и интерес, исключая однообразие. Проект осознанно нацелен на формирование позитивного эмоционального фона, цветовая палитра была подобрана с целью создания жизнеутверждающего и радостного настроя. Клумбы являются не просто функциональными и малоуходными объектами, но и настоящими арт-объектами, дарящими горожанам эстетическое удовольствие. Таким образом, озеленение территории ЖК «Сосны» вышло за рамки чистой утилитарности, удовлетворив глубокую потребность жителей в красивой, разнообразной и гармоничной среде, которая радует глаз и повышает качество жизни в любое время года [6].

Предложенная обновленная концепция озеленения ЖК «Сосны» на примере пилотного проекта придомовой территории дома № 15 по улице Артезианской представляет собой модель перехода от утилитарного и минималистичного к экосистемному подходу в градостроительстве. Реализация данной концепции позволяет:

1. Существенно повысить качество городской среды для жителей комплекса.
2. Создать саморегулирующуюся и устойчивую экосистему, снижающую затраты на содержание территорий.
3. Увеличить биоразнообразие в городской черте.
4. Сформировать позитивный пример рационального природопользования для других проектов жилой застройки в Уфе и за ее пределами.

Разработанные принципы могут быть положены в основу стандартов озеленения для новых жилых комплексов, способствуя решению актуальных проблем современного города.

*Список источников*

1. Экологический атлас г. Уфы / под ред. А. Ф. Хабирова. Уфа : Гилем, 2017.

2. СП 82.13330.2016 «Благоустройство территорий». URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/1595/SP82133302016.pdf (дата обращения: 05.01.2026).

3. Теодоронский В. С., Белый А. И. Садово-парковое строительство и хозяйство. М. : Издательство МГУЛ, 2012. 351 с.

4. Бокебаева Г. А., Сарычева Н. Ф., Ганиева Ю. А. На пути к пониманию роли дикоросов в городском озеленении : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 1−13.

5. Фомина Н. Ю. Дендрология : Екатеринбург : УГЛТУ, 2018.

6. Горохов В. А. Городское зеленое строительство. М. : Стройиздат, 1991. 416 с.

*References*

1. Ecological Atlas of Ufa / edited by A.F. Khabirov. Ufa : Gilem, 2017.

2. SP 82.13330.2016 “Territory Improvement”. URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/1595/SP82133302016.pdf (date of accessed: 05.01.2026).

3. Teodoronsky V. S., Bely, A. I. Garden and Park Construction and Management. M. : MGUL Publishing House, 2012. 351 p.

4. Bokebaeva G. A., Sarycheva N. F., Ganieva Yu. A. On the way to understanding the role of wild plants in urban landscaping : materials of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 31–37.

5. Fomina N. Yu. Dendrology : Ekaterinburg : USFEU, 2018.

6. Gorokhov V. A. Urban green construction. M. : Stroyizdat, 1991. 416 p.

Научная статья
УДК 630.228.12:630.272:630.416

# СОСТОЯНИЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ЭКОПАРКЕ «ГРЕМЯЧАЯ ГРИВА» ГОРОДА КРАСНОЯРСКА

**Оксана Сергеевна Буланова[1], Екатерина Романовна Золотухина[2], Александра Алексеевна Митракова[3]**
[1–3] Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
[1] oksbulanova@mail.ru
[2] ezolotuhina852@gmail.com
[3] sashamitrakova2004@gmail.com

***Аннотация.*** Методом лесопатологического перечета определено санитарное состояние одной из основных древесных пород, произрастающих в экопарке «Гремячая грива» в условиях г. Красноярска. Показана встречаемость внешних признаков патологий и повреждений деревьев. Установлен процент текущего отпада.

***Ключевые слова:*** санитарное состояние, текущий отпад, патологии деревьев, сосна, экопарк, Красноярск

***Для цитирования:*** Буланова О. С., Золотухина Е. Р., Митракова А. А. Состояние сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в экопарке «Гремячая грива» города Красноярска // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 47−53.

Original article

# CONDITION OF SCOTCH PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) IN THE KRASNOYARSK ECOPARK “GREMYACHAYA GRIVA”

**Oksana S. Bulanova[1], Ekaterina R. Zolotuhina[2], Alexandra A. Mitrakova[3]**
[1–3] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
[1] oksbulanova@mail.ru
[2] ezolotuhina852@gmail.com
[3] sashamitrakova2004@gmail.com

© Буланова О. С., Золотухина Е. Р., Митракова А. А., 2026

***Abstract.*** Using the forest pathology inventory method, the sanitary state of one of the main tree species growing in the “Gremyachaya Griva” ecopark in the city of Krasnoyarsk was determined. The occurrence of external signs of tree pathologies and damage was demonstrated. The percentage of the current mortality was determined.

***Keywords***: sanitary condition, current mortality, tree pathologies, pine, ecopark, Krasnoyarsk

***For citation:*** Bulanova O. S., Zolotuhina E. R., Mitrakova A. A. (2026) Sostoyaniye sosny obyknovennoy (*Pinus sylvestris* L.) v ekoparke “Gremyachaya griva” g. Krasnoyarska [Condition of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Krasnoyarsk ecopark “Gremyachaya griva”]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii. [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 47–53. (In Russ).

Мониторинг состояния насаждений лесных парков является важной задачей для поддержания их биологической устойчивости и сохранения на длительное время экологических и социальных функций лесопаркового зеленого пояса городов.

Экопарк «Гремячая грива» открылся 7 октября 2018 г. на месте смешанного леса у СФУ и Академии биатлона в Октябрьском районе города Красноярска. Однако использование природных комплексов Гремячей гривы в рекреационных целях началось более 100 лет назад. На протяжении нескольких десятилетий здесь осуществляется научно-исследовательская деятельность студентов и сотрудников разных университетов города [1]. Ключевой целью обустройства данной территории было создание условий для активного оздоровительного и просветительского отдыха населения, а также сохранение зеленых насаждений. На территории первой очереди парка хорошо развита инфраструктура, привлекающая большое количество рекреантов: дорожки для пеших и велосипедных прогулок, спортивные комплексы, игровые площадки, два визит-центра. На прилегающих асфальтированных дорогах выделены места под парковки и оборудованы остановки общественного транспорта [2, 3].

С 2019 г. проводится обустройство второй очереди экопарка «Гремячая грива» (в северо-западном и западном направлении до Собакиной речки). На этой территории инфраструктура менее развита по сравнению с территорией первой очереди парка. Она представлена маркированными экологическими тропами разного уровня сложности с грунтовым покрытием, видовыми площадками на вершинах сопок, пешими тропами с деревянным настилом, одним визит-центром с зоной отдыха у пруда, детской площадкой и парковкой. От остановок общественного транспорта отдыхающие преодо-

левают путь до третьего визит-центра длиной в 2–5 км. На территории второй очереди экопарка рекреационная плотность меньше, однако серьезную проблему для природных комплексов создают туристы, передвигающиеся на автомототехнике [1, 3].

В последние годы стали появляться публикации по оценке степени нарушенности территории экопарка. Выявлены изменения в экологической и эколого-ценотической структуре лесных растительных сообществ, определены стадии дигрессии и доля тропинок, указаны наиболее серьезные природоохранные проблемы [1, 4, 5]. При этом сведения о санитарном состоянии древесных растений и древостоев на территории экопарка «Гремячая грива» единичны [6].

Целью нашей работы являлось установление санитарного состояния сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – одной из главных лесообразующих пород в насаждениях экопарка «Гремячая грива».

Исследования проводили в 2025 г. на временных пробных площадях (ВПП), координаты которых даны в табл. 1. ВПП-1 заложена в более посещаемой части первой очереди экопарка; остальные ВПП – на менее посещаемых территориях второй очереди экопарка. Древесный ярус сосняков представлен сосной обыкновенной естественного и искусственного происхождений. Доля сосны в составе древостоев составляет 7–10 ед.

*Таблица* 1

Характеристика пробных площадей в экопарке «Гремячая грива»

| № ВПП | Географические координаты | Состав древостоя | Тип леса | Средние показатели деревьев сосны обыкновенной | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | диаметр ствола на высоте 1,3 м, см | высота, м |
| 1 | 55°59'40.15" с. ш. 92°44'32.99" в. д. | 10С | сосняк разнотравный | 27 | 22 |
| 2 | 55°59'36" с. ш. 92°42'16" в. д. | 10С | сосняк осочковый | 22 | 22 |
| 3 | 56°1′5.43160″ с. ш. 92°43′11.83500″ в. д. | 9С1Б | сосняк разнотравно-осочковый | 41 | 29 |
| 4 | 56°1′1.18090″ с. ш. 92°42′55.51160″ в. д. | 8С2Б | | 27 | 22 |
| 5 | 56°1′3.08310″ с. ш. 92°41′23.56680″ в. д. | 7С3Б | | 29 | 19 |

Оценка состояния сосны обыкновенной проводилась по результатам лесопатологического перечета деревьев по категориям состояния, согласно Правилам санитарной безопасности в лесах [7], с указанием диаметра, вы-

соты и признаков патологии и повреждения деревьев. Встречаемость патологий и повреждений определяли как процент пораженных (поврежденных) деревьев от всего числа учтенных на ВПП.

По результатам обследований были определены средневзвешенные категории состояния (СКС) и текущий отпад (табл. 2). СКС сосны обыкновенной в экопарке «Гремячая грива» варьирует от 1,26 (древесная порода здорова) до 2,04 (порода ослаблена). Доля деревьев, не имеющих признаков видимого ослабления, составляет в среднем 42,8 % (от 13,1 до 83,1%). Текущий отпад составляет до 7,5 %. Средний диаметр деревьев отпада меньше среднего диаметра древостоя, что говорит о естественном процессе изреживания сосняков.

*Таблица* 2

Категория санитарного состояния сосны обыкновенной и доля текущего отпада

| № ВПП | Объем выборки, шт. | Средневзвешенная категория состояния* | Текущий отпад, % |
|---|---|---|---|
| 1 | 106 | 1,67 | 0,7 |
| 2 | 92 | 1,26 | 0,3 |
| 3 | 78 | 2,04 | 0,9 |
| 4 | 69 | 1,98 | 7,5 |
| 5 | 67 | 1,72 | 1,5 |
| *Примечание.* * – без учета бурелома и ветровала | | | |

При детальном обследовании насаждений по внешним признакам выявлены 11 патологий и повреждений сосны обыкновенной (табл. 3). В одном насаждении присутствуют в среднем шесть видов патологий древесных растений. У 1,1–3,0 % деревьев наблюдались также случаи сочетания на одном дереве двух патологий. Наибольшая доля двуствольных деревьев составляет 6,6 % и отмечается в искусственных посадках на ВПП-1.

*Таблица* 3

Встречаемость внешних признаков патологий и повреждений деревьев

| Патологические признаки, повреждения | Количество деревьев с признаками патологии (повреждением), % от общего числа деревьев на пробной площади | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ВПП-1 | ВПП-2 | ВПП-3 | ВПП-4 | ВПП-5 |
| Число видов патологий/повреждений | 6 | 4 | 6 | 7 | 6 |
| Две вершины | 0,9 | – | 5,1 | – | 1,5 |
| Два ствола | 6,6 | – | 1,3 | – | – |
| Суховершинность | – | 3,3 | 1,3 | 2,9 | 1,5 |
| Слом вершины | – | – | – | 1,4 | – |
| Смолотечение | 2,8 | – | 1,3 | 2,9 | 1,5 |
| Опухолевидный рак | – | – | 1,3 | 1,4 | – |
| Рак-серянка | – | 2,2 | 1,3 | – | 3,0 |
| Язвы | – | – | – | 1,4 | – |
| Гнили | 0,9 | 1,1 | – | – | 7,5 |

*Окончание табл. 3*

| Патологические признаки, повреждения | Количество деревьев с признаками патологии (повреждением), % от общего числа деревьев на пробной площади | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ВПП-1 | ВПП-2 | ВПП-3 | ВПП-4 | ВПП-5 |
| Механические травмы | 3,8 | 1,1 | – | 2,9 | 7,5 |
| Нагар | 0,9 | – | – | 1,4 | – |
| Наличие двух патологий | 2,8 | 1,1 | 2,6 | – | 3,0 |
| Итого | 18,7 | 8,8 | 14,2 | 14,3 | 25,5 |

Здоровое состояние сосен с наименьшим текущим отпадом и самой низкой встречаемостью патологий и повреждений отмечено в древостое на ВПП-2 (в 125 м от третьего визит-центра «Серебряный лог» и на удалении 64 м от тропы ГТО).

Таким образом, результаты обследования показали, что сосна обыкновенная – одна из основных древесных пород, произрастающих в экопарке «Гремячая грива» г. Красноярска, является ослабленной.

Для поддержания биологической устойчивости лесных насаждений экопарка предлагаются следующие мероприятия:

– мониторинг санитарного состояния насаждений с наибольшим показателем СКС и долей текущего отпада: сосняков разнотравно-осочковых в радиусе 500 м от лыжного стадиона «Ветлужанка»;

– изучение распространенности и степени вредоносности стволовых гнилей и механических повреждений в сосняках вдоль экотропы «Плодово-ягодная»;

– уборка мусора.

Полученные данные дополняют имеющиеся сведения о состоянии лесных экосистем экопарка «Гремячая грива».

*Список источников*

1. Вайсброт И. А., Чернов В. И., Ямских Г. Ю. Современные проблемы сохранения природных комплексов эко-парка «Гремячая грива» // Фундаментальные и прикладные аспекты устойчивого развития ресурсных регионов : сборник научных статей IV (XXI) Всероссийской научной конференции с международным участием, 6–9 декабря 2022 г. Новокузнецк : КГПИ КемГУ, 2023. С. 86–89.

2. Крупко Т. Экопарк «Гремячая грива» открыт для посетителей // Сетевое издание «Сибдом». URL: https://www.sibdom.ru/news/11225/ (дата обращения: 23.03.2025).

3. Экопарк «Гремячая грива» // Туристский портал Красноярского края : [сайт]. URL: https://visitsiberia.info/eko-park-gremyachaya-griva.html (дата обращения: 18.10.2025).

4. Опыт оценки рекреационного воздействия на пригородные зеленые насаждения современными методами / О. В. Тарасова, О. М. Шабалина, П. А. Красноперова [и др.] // Принципы экологии. 2023. № 2. С. 94–107. DOI: 10.15393/j1.art.2023.13482.

5. Сушкевич А. Д., Шабалина О. М. Состав и структура растительности в зоне рекреационной нагрузки экопарка «Гремячая грива» // Интеграция науки и образования: современные проблемы, достижения и инновации в области экологии и устойчивого развития : материалы научной конференции, 1–3 ноября 2022 г. Красноярск : СФУ, 2022. С. 104–106.

6. Kosov I. V., Zubareva O. N., Prysov D. A. Assessment of vitality state of green spaces in Krasnoyarsk // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. Vol. 876. № 012041. 8 p. DOI:10.1088/1755-1315/876/1/012041.

7. Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047 // Кодекс : [сайт]. URL: https://docs.cntd.ru/document/573053313/titles/6540IN (дата обращения: 17.06.2025).

*References*

1. Waisbrot I. A., Chernov V. I., Yamskikh G. Yu. Curent problems of preserving natural complexes of the Gremyachaya Griva ecopark // Fundamental and applied aspects of sustainable development of resource regions : collection of scientific articles IV (XXI) All-Russian scientific conference with international participation, December 6–9, 2022. Novokuznetsk : KSPI KemSU, 2023. P. 86–89.

2. Krupko T. The “Gremyachaya griva” ecopark is open to visitors // Sibdom online publication dated October 8, 2018. URL: https://www.sibdom.ru/news/11225/ (date of accessed: 23.03.2025).

3. “Gremyachaya Griva” ecopark // Tourist portal of the Krasnoyarsk region : [website]. URL: https://visitsiberia.info/eko-park-gremyachaya-griva.html (date of accessed: 18.10.2025).

4. Experience in assessing the recreational impact on suburban green spaces by modern methods / O. V. Tarasova, O. M. Shabalina, P. A. Krasnoperova [et al.] // Principles of ecology. 2023. No 2. P. 94–107. DOI: 10.15393/j1.art.2023.13482.

5. Sushkevich A. D., Shabalina O. M. Composition and structure of vegetation in the recreational load zone of the «Gremyachaya Griva» ecopark // Integration of science and education: modern problems, achievements and innovations in the field of ecology and sustainable development : materials of scientific conference, November 1–3, 2022. Krasnoyarsk : SFU, 2022. P. 104–106.

6. Kosov I. V., Zubareva O. N., Prysov D. A. Assessment of vitality state of green spaces in Krasnoyarsk // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. Vol. 876, № 012041. 8 p. DOI:10.1088/1755-1315/876/1/012041.

7. On approval of the Sanitary safety rules in forests : Resolution of the Government of the Russian Federation dated December 9, 2020 № 2047 // Kodex : [website]. URL: https://docs.cntd.ru/document/573053313/titles/6540IN (date of accessed: 17.06.2025).

Научная статья
УДК 630*232.2

# РОСТ ПРИЖИВАЕМОСТИ КРУПНОМЕРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ПЕРЕСАДКИ

**Михаил Юрьевич Воскобойник[1], Денис Юрьевич Дручинин[2], Александр Федерович Петков[3]**
[1–3] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия
[1] tablock9@gmail.com
[2] Druchinin.denis@rambler.ru
[3] alexanderpetkoff@mail.ru

***Аннотация.*** Проанализировано развитие технологий пересадки крупномерных деревьев с XVIII в. Рассмотрены переход от ручного труда к механизации, внедрение гидравлики и биоразлагаемых материалов. Показан рост приживаемости крупномерных растений с 10 до 95 % при создании насаждений. Выявлены проблемы: стоимость, зависимость от почвы, подготовка участка. Обозначены перспективы – импортозамещение и экологичные решения для восстановления лесов.

***Ключевые слова:*** пересадка деревьев, ком почвы, механизация, приживаемость, гидравлические цилиндры, лесовосстановление, биоразлагаемые материалы, автоматизация, крупномерные саженцы, транспортное средство

***Для цитирования***: Воскобойник М. Ю., Дручинин Д. Ю., Петков А. Ф. Рост приживаемости крупномерных растений в процессе развития технологий их пересадки // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 54−59.

© Воскобойник М. Ю., Дручинин Д. Ю., Петков А. Ф., 2026

Original article

# THE GROWTH OF THE SURVIVAL RATE OF LARGE-SIZED PLANTS IN THE PROCESS OF DEVELOPING TECHNOLOGIES FOR THEIR TRANSPLANTATION

**Mikhail Yu. Voskoboynik[1], Denis Yu. Druchinin[2], Alexander F. Petkov[3]**
[1–3] Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia
[1] tablock9@gmail.com
[2] Druchinin.denis@rambler.ru
[3] alexanderpetkoff@mail.ru

***Abstract.*** The evolution of large-tree transplantation technologies since the 18th century has been analyzed. The transition from manual labor to mechanization, the adoption of hydraulic systems, and the use of biodegradable materials are examined. The survival rate of transplanted large-sized trees in plantation establishment has increased from 10% to 95%. Key challenges are identified, including high costs, soil dependency, and site preparation requirements. Future prospects are outlined, focusing on import substitution and eco-friendly solutions for forest restoration.

***Keywords:*** tree transplanting, root ball, mechanization, survival rate, hydraulic cylinders, reforestation, biodegradable materials, automation, large-sized seedlings, transport vehicle

***For citation:*** Voskoboynik M. Yu., Druchinin D. Yu., Petkov A. F. (2026) Rost prizhivaemosti krupnomernyx rastenij v processe razvitiya texnologij ix peresadki [The growth of the survival rate of large-sized plants in the process of developing technologies for their transplantation]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 54–59. (In Russ).

Пересадка крупномерных деревьев (высотой более 2 м) является одной из ключевых и перспективных задач в области озеленения городов, агролесомелиорации создания лесосеменных плантаций для восстановления лесных массивов. Основной фактор данной технологии – сохранение корневой системы без механических повреждений, что обеспечивает высокую приживаемость растения после пересадки и необходимые генетические характеристики будущих насаждений.

Процесс пересадки крупномеров остается трудоемким и требует не только значительных материальных затрат, но и соблюдения технологических параметров в процессе выкопки саженцев, таких как глубина и диаметр земляного кома, режимов работы и т. д.

За последние два столетия технология пересадки крупномерных саженцев претерпела значительные изменения и прошла развитие от ручных методов с использованием лопат и топоров для выкопки до применения специализированных машин и агрегатов с управляемыми механическими и гидроприводами. Это позволило повысить эффективность создания зеленых насаждений в жилых массивах, уменьшить потери посадочного материала и обеспечить создание требуемого ландшафта уже через несколько месяцев после посадки, что особенно актуально в условиях активной застройки городов, изменения климата и массовой вырубки лесов.

История пересадки крупных деревьев возрастом около 25–30 лет идет еще с конца XVIII в., когда в Европе начали применять метод открытой корневой системы. Основной задачей являлось аккуратное извлечении дерева из почвы с места произрастания с удалением большей части земли вокруг корней. Для этого использовались лопаты, веревки и простые рычаги. Такой подход не требовал каких-либо навыков или специального оборудования, однако имел свои недостатки: травмирование корневой системы, особенно у великовозрастных деревьев, длительный период адаптации и низкая приживаемость, которая составляла 10–30 %.

К середине XIX в. появились первые попытки сохранять ком почвы вокруг корней. Этому способствовало применение специальных возничих с установленными полу бочками на них, куда и помещалось дерево с сохраненным почвенным покровом вокруг, а также мешков из ткани, которые оборачивали вокруг корневой системы. В США, где активно развивалось парковое строительство, были проведены масштабные проекты по пересадке деревьев диаметром до 60 см, например, в Гарвардском университете в 1910-х гг. были высажены старые клены и дубы, для чего пришлось разрабатывать временные железнодорожные пути и использовать паровые краны. Эти работы являются примером перехода к более организованному и масштабируемому подходу к пересадке [1].

Одним из технологических решений в то время было применение промороженного кома. Замерзший грунт не рассыпался при транспортировке, что значительно упрощало работу. Однако такой метод был ограничен климатическими условиями и сезонностью, что уменьшало возможность его применения.

Развитие машиностроения в XX в. оказало значительное влияние на технологии пересадки деревьев для озеленения. В Советском Союзе одним из знаковых проектов стало озеленение Днепрогэса в 1927–1930 гг. Тогда были пересажены тысячи деревьев возрастом 25–30 лет – липы, ели, пирамидальные тополя.

В процессе выполнения работ применяли лебедки и подъемные краны для вынимания деревьев из почвы, а транспортировка выполнялась на телегах и грузовиках, но процесс выкопки оставался с применением ручного инструмента. Особое внимание уделялось подготовке места посадки: вокруг каждого дерева заранее выкапывались канавы радиусом до 1,5 м с целью стимуляции образования новых корешков.

В тот период производились различные наблюдения к процессам выкопки, транспортировки и месту посадки. В следствии применения кранов было обнаружено повреждение кроны деревьев. После посадки должны были соблюдаться условия ухода за саженцами, такие как полив и культивация рядом с растением.

В начале XXI в. технологии пересадки крупномерных саженцев с закрытой корневой системой вошли в новую фазу – эпоху автоматизации. Основным достижением стало использование гидравлических систем, обеспечивающих необходимое усилие для прорезания почвенного покрова и корней растений, применения одного агрегата для выкопки и транспортировки до места упаковки саженца с комом почвы, также создание различных рабочих органов в виде лепестков или лезвий [5].

Компании Bobcat, Big John, Pazzaglia начали выпуск специализированных машин для выкопки крупномеров, оснащенных ковшами, прижимными ремнями и многоступенчатыми цилиндрами. Это позволило выполнять работы с деревьями высотой от 3 до 8 м без ручного вмешательства на этапе формирования земляного кома.

Ключевой особенностью современных систем стало формирование защитного кома почвы. Вместо очистки корней применялся метод окружения корневой системы режущими инструментами, которые подрезали грунт по кругу. После извлечения ком автоматически оборачивался биоразлагаемым чехлом, защищавшим его при транспортировке и разлагавшимся в почве после посадки. Это решение повысило приживаемость и снизило негативное воздействие на окружающую среду.

Примером практического и успешного применения таких технологий является компания «Английский газон» (Беларусь), которая сообщает о приживаемости 95,3 % при пересадке крупномеров с комом почвы высотой 3–8 м [6]. Достижение такого результата было возможно только при комплексном подходе, включавшем использование капельного орошения, мульчирования, стимуляторов роста и регулируемого полива. Однако высокая стоимость оборудования и зависимость от квалификации оператора ограничивали массовое распространение данных решений.

Для объективной оценки прогресса в области пересадки деревьев можно провести сравнительный анализ, представленный в таблице.

Сравнение технологий пересадки: ручная и механизированная

| Параметры | Ручные методы (XVIII–XX вв.) | Современные системы (XXI в.) |
|---|---|---|
| Приживаемость | 10–30 % | 80–95 % |
| Скорость операции | Дни/недели на одно дерево | Часы (до 10–15 деревьев в день) |
| Затраты труда | 5–10 человек | 1–2 оператора |
| Универсальность | Только малые деревья с габаритами до 30 см в диаметре ствола | Любые размеры |
| Экологическое воздействие | Высокое (потеря плодородного слоя) | Низкое (сохранение микробиоценоза) |

Как видно из таблицы, современные технологии значительно превосходят старые методы по всем показателям. Особенно впечатляюще выглядит рост приживаемости, который достигается за счет сохранения кома почвы и минимизации стресса для растения.

Анализ технологии пересадки крупномерных саженцев показывает, что за два столетия технологии эволюционировали от ручных методов с приживаемостью 10–30 % до автоматизированных систем XXI в., обеспечивающих 80–95 %. Основным фактором является сохранение корневой системы в земляном коме и применение специализированной техники (Big John, Pazzaglia, Bobcat) с гидроприводами и режущими органами. Количество необходимых людей сократились с 5–10 человек до 1–2 операторов, производительность выросла до 10–15 деревьев в день с возможностью пересадок деревьев высотой до 8 м и диаметром ствола свыше 30 см. Экологическое воздействие снижено за счет сохранения почвенного микробиоценоза. Опыт производственных компаний подтверждает эффективность комплексного подхода: приживаемость растений-крупномеров превышает 90 % благодаря точной выкопке, капельному поливу, мульчированию и стимуляторам роста. Эти технологии позволяют создавать устойчивые природные насаждения с сохранением генетики ценных пород и являются необходимым инструментом в условиях урбанизации, вырубок и климатических вызовов.

*Список литературы*

1. Колесников А. И. Пересадка больших деревьев. М. : Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. 1939, 79 с.

2. Технология, способы и время пересадки взрослого дерева / Х. Х. Аминов, А. А. Уринова, Х. Р. Ибрагимова, Г. С. Рустамов // Наука, образование и культура. 2021. № 5(60). С. 5–8. EDN FAJDJA.

3. 16 апреля 2024 года в Воронеже на Кожевенном кордоне прошел агроуход-мониторинг территории // Посади лес : [сайт]. URL: https://posadiles.ru/reports-tree-care/16-aprelya-2024-goda-v-voronezhe-1/ (дата обращения: 15.10.2025).

4. Волкова С. Из опыта голландских питомников: специализация при выращивании хвойных // Цветоводство. 2011. № 6. С. 8–11.

5. Дручинин Д. Ю., Воскобойник М. Ю. Типы рабочих органов оборудования для выкопки посадочного материала с почвенным комом // Воронежский научно-технический Вестник. 2020. Т. 3, № 3(33). С. 113–120. DOI 10.34220/2311-8873-2020-3-3-113-118.

6. Пересадка крупномерных деревьев // Английский газон : [сайт]. URL: https://www.trava.by/change.html (дата обращения: 17.10.2025).

*References*

1. Kolesnikov A. I. Transplantation of large trees. M. : Vsesoyuz. V. I. Lenin Academy of Agricultural Sciences. 1939, 79 p.

2. Technology, methods and time of transplanting an adult tree / H. H. Aminov, A. A. Urinova, H. R. Ibragimova, G. S. Rustamov // Science, education and culture. 2021. No. 5(60). P. 5–8. EDN FAJDJA.

3. On April 16, 2024, agricultural monitoring of the territory took place in Voronezh at the Kozhevenny cordon // Plant a forest : [website]. URL: https://posadiles.ru/reports-tree-care/16-aprelya-2024-goda-v-voronezhe-1 (date of accessed: 15.10.2025).

4. Volkova S. From the experience of Dutch nurseries: specialization in the cultivation of conifers // Floriculture. 2011. No. 6. P. 8–11.

5. Druchinin D. Yu., Voskoboinik M. Yu. Types of working bodies of equipment for digging planting material with soil clod // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. 2020. Vol. 3, No. 3(33). P. 113–120. DOI 10.34220/2311-8873-2020-3-3-113-118.

6. Transplantation of large-sized trees // English lawn : [website]. URL: https://www.trava.by/change.html (date of accessed: 17.10.2025).

Научная статья
УДК 630.435

# ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ТЕЧЕНИЕ ПОЖАРООПАСНОГО СЕЗОНА

**Г. А. Годовалов[1], А. М. Ерицов[2], Г. В. Куксин[3], И. М. Секерин[4], П. В. Щеплягин[5]**
[1–5] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
Автор, отвечающий за переписку: Геннадий Александрович Годовалов, godovalovga@m.usfeu.ru

***Аннотация***. Проанализированы показатели фактической горимости лесов лесного фонда Ханты-Мансийского автономного округа – Югры – за период с 2010 по 2023 гг. Установлено, что максимальное количество пожаров и пройденная ими площадь приходится на июнь месяц. При этом максимальная средняя площадь пожара зафиксирована в августе. Указанные данные необходимо учитывать при организации охраны лесов от пожаров на территории округа.

***Ключевые слова:*** горимость лесов, пожароопасный сезон, частота пожаров

***Для цитирования***: Динамика лесных пожаров в течение пожароопасного сезона / Г. А. Годовалов, А. М. Ерицов, Г. В. Куксин [и др.] // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 60−65.

Original article

# FOREST FIRE DYNAMICS DURING THE FIRE SEASON

**G. A. Godovalov[1], A. M. Yeritsov[2], G. V. Kuksin[3], I. M. Sekerin[4], P. V. Shcheplyagin[5]**

[1–5] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
Corresponding author: Corresponding author: Gennady Alexandrovich Godovalov, godovalovga@m.usfeu.ru

© Годовалов Г. А., Ерицов А. М., Куксин Г. В., Секерин И. М., Щеплягин П. В., 2026

***Abstract.*** The actual fire incidence rates of forests of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Yugra for the period from 2010 to 2023 are analyzed. It has been established that the maximum number of fires and the area covered by them occur in June. At the same time, the maximum average fire area was recorded in August. These data must be taken into account when organizing the protection of forests from fires in the district.

***Keywords:*** forest flammability, fire season, fire frequency

***For citation***: Dinamika lesnyx pozharov v techenie pozharoopasnogo sezona [Forest fire dynamics during the fire season] (2026) G. A. Godovalov, A. M. Yeritsov, G. V. Kuksin [et al.]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya che-loveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern chal-lenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 60–65. (In Russ).

Одной из актуальных проблем современного лесного хозяйства является охрана лесов от пожаров [1, 2]. Не случайно вопросом изучения противопожарного устройства и совершенствования охраны лесов от пожаров уделяется повышенное внимание [3–6].

Острота проблемы возрастает в последние десятилетия в связи с меняющимся климатом, в результате чего повышение температуры воздуха сочетается с уменьшением количества осадков, участившимися случаями штормовых ветров и другими негативными последствиями. Не следует забывать, что изменение климата способствует развитию эпифитотий вредных насекомых и болезней, что увеличивает потенциальную пожарную опасность в лесах. Увеличение показателей фактической горимости лесов в последние десятилетия характерно как для Уральского федерального округа в целом, так и Ханты-Мансийского автономного округа Югры (ХМАО – Югры) в частности [7–9].

Цель исследования – установление динамики лесных пожаров и пройденной ими площади по месяцам пожароопасного сезона.

В основу исследований положен анализ показателей фактической горимости лесов ХМАО – Югры за период с 2010 по 2023 гг. При этом были использованы акты лесных пожаров, книги учета лесных пожаров, материалы статистических отчетов, а также личные материалы исследований авторов работы.

В процессе исследований установлено, что показатели фактической горимости лесов в течение пожароопасного сезона варьируются в значительных пределах (таблица).

Распределение количества лесных пожаров и пройденной ими площади по месяцам пожароопасного сезона в лесном фонде ХМАО – Югры за период с 2010 по 2023 гг.

| Месяц | Количество пожаров | | Пройденная огнем площадь | | Средняя площадь пожара, га |
|---|---|---|---|---|---|
| | шт. | % | га | % | |
| Апрель | 18 | 0,3 | 122,65 | 0,01 | 6,8 |
| Май | 938 | 13,6 | 48645,15 | 4,83 | 51,9 |
| Июнь | 1722 | 25,0 | 90684,18 | 9,01 | 52,7 |
| Июль | 2781 | 40,3 | 529259,2 | 52,59 | 190,3 |
| Август | 1266 | 18,4 | 335745,6 | 33,36 | 265,2 |
| Сентябрь | 165 | 2,4 | 1838,08 | 0,18 | 11,1 |
| Октябрь | 4 | 0,1 | 1,85 | 0 | 0,5 |
| Итого | 6894 | 100 | 1006297 | 100 | 146 |

Материалы таблицы свидетельствуют, что за 14-летний период в лесном фонде ХМАО – Югры зафиксировано 6894 лесных пожара. При этом относительная горимость лесов округа характеризуется по частоте пожаров классом пожарной опасности 4,21. Другими словами, степень горимости лесов по частоте пожара оценивается ниже средней. Пожароопасный сезон начинается в апреле и заканчивается в октябре. При этом максимальное количество пожаров возникает в июле – 40,3 %. Доля лесных пожаров в апреле не превышает 0,3 % от их общего количества, что позволяет в апреле основные силы авиалесоохраны перебросить в южные районы УрФО, где в апреле наблюдается пожарный максимум по количеству пожаров.

За анализируемый период пройденная лесными пожарами площадь превысила 1 млн га, а относительная горимость по пройденной огнем площади характеризуется классом пожарной опасности – 2,86. Последнее свидетельствует, что степень относительной горимости лесов средняя.

Максимальная пройденная огнем площадь приходится на июль – 52,59 %. При этом на июль и август приходится 85,95 % общей пройденной огнем площади за 14-летний период.

Эффективность и оперативность ликвидации лесных пожаров оценивается прежде всего по средней площади одного пожара. Исследования показали, что за анализируемый период средняя площадь пожара составила 146 га. При этом максимальная средняя площадь пожара зафиксирована в августе – 265,2 га, а минимальная в октябре – 0,5 га.

Таким образом, делаем следующие выводы:

1. Относительная горимость лесов ХМАО – Югры по частоте пожаров за период с 2010 по 2023 гг. характеризуется ниже средней, а по пройденной огнем площади – как средняя.

2. Превышение относительной горимости по пройденной огнем площади над таковой по частоте пожаров объясняется слабой освоенностью округа дорожной сетью.

3. Пожароопасный сезон в округе начинается в апреле и заканчивается в октябре. При этом в апреле основные силы пожаротушения могут использоваться при ликвидации и пожаров в других субъектах федерации.

4. Максимальное количество пожаров и пройденная ими площадь приходится на июль месяц.

5. Средняя площадь пожара 146 га при максимальной средней площади пожара в августе 265,2 га.

6. Данные о динамике горимости лесов в ХМАО – Югре могут быть использованы при планировании работы лесопожарных служб округа.

*Список источников*

1. Архипов Е. В., Залесов С. В. Динамика лесных пожаров в Республике Казахстан и их экологические последствия // Аграрный вестник Урала. 2017. № 4 (158). С. 10–15.

2. Кректунов А. А., Залесов С. В. Охрана населенных пунктов от природных пожаров. Екатеринбург : Урал. ин-т ГПС МЧС России, 2017. 161 с.

3. Залесов С. В., Годовалов Г. А., Платонов Е. П. Уточненная шкала распределения лесного фонда по классам природной пожарной опасности // Аграрный вестник Урала. 2013. № 10 (116). С. 45–49.

4. Залесов С. В., Годовалов Г. А., Кректунов А. А. Система пожаротушения NATISK для остановки и ликвидации лесных пожаров // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=12329 (дата обращения: 10.10.2025).

5. Новый способ создания заградительных и опорных противопожарных полос / С. В. Залесов, Г. А. Годовалов, А. А. Кректунов [и др.] // Вестник башкирского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (31). С. 90–95.

6. Залесов С. В. Лесная пирология. Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. 396 с.

7. Залесов С. В., Платонов Е. П., Платонов Е. Ю. Пожары и их последствия в Западной Сибири. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. 191 с.

8. Оценка горимости лесов Российской Федерации / Л. Е. Кузнецов, А. М. Ерицов, И. М. Секерин [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 93–101. DOI: 10.51318/FRET.2024.31.73.008.

9. Куксин Г. В., Секерин И. М., Залесов С. В. Обнаружение зимующих торфяных пожаров дистанционными методами // Лесной вестник. 2024. Т. 28, № 4. С. 53–65. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-4-53-65.

*References*

1. Arkhipov E. V., Zalesov S. V. Dynamics of forest fires in the Republic of Kazakhstan and their environmental consequences // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 4 (158). P. 10–15.

2. Krektunov A. A., Zalesov S. V. Protection of populated areas from natural fires. Ekaterinburg : Ural. Inst. of the GPS EMERCOM of Russia, 2017. 161 p.

3. Zalesov S. V., Godovalov G. A., Platonov E. P. Refined scale of distribution of forest resources by natural fire hazard classes // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. No. 10 (116). P. 45–49.

4. Zalesov S. V., Godovalov G. A., Krektunov A. A. The NATISK fire extinguishing system for stopping and eliminating forest fires // Modern problems of science and education. 2014. No. 3. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=12329 (date of accessed: 10.10.2025).

5. A new method for creating barrier and support firebreaks / S. V. Zalesov, G. A. Godovalov, A. A. Krektunov [et al.] // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2014. No. 3 (31). P. 90–95.

6. Zalesov S. V. Forest Pyrology. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2021. 396 p.

7. Zalesov S. V., Platonov E. P., Platonov E. Yu. Fires and Their Consequences in Western Siberia. Ekaterinburg : USFEU, 2022. 191 p.

8. Assessment of Forest Flammability in the Russian Federation / L. E. Kuznetsov, A. M. Eritsov, I. M. Sekerin [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. No. 3 (90). P. 93–101. DOI: 10.51318/FRET.2024.31.73.008.

9. Kuksin G. V., Sekerin I. M., Zalesov S. V. Detection of wintering peat fires by remote methods // Forestry Bulletin. 2024. Vol. 28, No. 4. P. 53–65. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-4-53-65.

*Сведения об авторах*

*Годовалов Геннадий Александрович* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, godovalovga@m.usfeu.ru;

*Ерицов Андрей Маркелович* – кандидат сельскохозяйственных наук, aeritsov@mail.ru;

*Куксин Григорий Валерьевич* – кандидат сельскохозяйственных наук, ggkuksin1980@gmail.com;

*Секерин Илья Михайлович* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, niekes@mail.ru;

*Щеплягин Павел Александрович* – аспирант, pavel.Flear@mail.ru

*Information about the authors*

*Gennady Alexandrovich Godovalov* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, godovalovga@m.usfeu.ru;

*Andrey Markelovich Eritsov* – Candidate of Agricultural Sciences, aeritsov@mail.ru;

*Grigory Valerievich Kuksin* – Candidate of Agricultural Sciences, ggkuksin1980@gmail.com;

*Ilya Mikhailovich Sekerin* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, niekes@mail.ru;

*Pavel Alexandrovich Shcheplyagin* – Graduate Student, pavel.Flear@mail.ru.

Научная статья
УДК 630*116.12(1-924.86)

# ОСОБЕННОСТИ СНЕГОНАКОПЛЕНИЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ СТЕПИ

**Олеся Владимировна Грибачева[1], Дмитрий Владимирович Сотников[2], Наталия Сергеевна Сотникова[3], Ярослав Дмитриевич Сотников[4]**
[1–4] Луганский государственный аграрный университет
имени К. Е. Ворошилова, Луганск, Россия
[1–4] kafles@mail.ru

***Аннотация.*** В работе проведено сравнение метеоусловий зимних периодов. Выявлено, что рассматриваемые зимние периоды достаточно контрастные и существенно отличаются друг от друга. Проведен анализ метеоданных между распределением высоты снежного покрова и водного запаса в снежной массе под влиянием полезащитных лесополос.

***Ключевые слова*:** статья, метеоусловия, анализ, снежная масса, водный запас

***Для цитирования:*** Особенности снегонакопления в агроландшафтах степи / О. В. Грибачева, Д. В. Сотников, Н. С. Сотникова, Я. Д. Сотников // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 66−70.

Original article

# FEATURES OF SNOW ACCUMULATION IN STEPPE AGROLANDSCAPES

**Olesya V. Gribacheva[1], Dmitry V. Sotnikov[2], Natalia S. Sotnikova[3], Yaroslav D. Sotnikov[4]**
[1–4] Lugansk State Agrarian University named after K. E. Voroshilov, Lugansk, Russia
[1–4] kafles@mail.ru

***Abstract.*** The article compares the meteorological conditions of winter periods. It is revealed that the winter periods under consideration are quite contrasting and differ significantly from each other. The analysis of meteorological data on

© Грибачева О. В., Сотников Д. В., Сотникова Н. С., Сотников Я. Д., 2026

the distribution of snow cover height and water reserve in the snow mass under the influence of protective forest belts is carried out.

***Keywords:*** article, meteorological weather conditions, analysis, snow mass, water reserve

***For citation:*** Osobennosti snegonakopleniya v agrolandshaftax [Features of snow accumulation in steppe agrolandscapes] (2026) O. V. Gribacheva, D. V. Sotnikov, N. S. Sotnikova, Ya. D. Sotnikov. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 66–70. (In Russ).

Полезащитные лесные полосы оказывают влияние на экологию прилегающих полей, они влияют на накопление и распределение снежных масс, предотвращают перемерзание озимых культур в зимний период, сдерживают скорость ветра, снижают негативное влияние засух в летний период. В дальнейшем эти факторы способствуют росту, развитию и увеличению урожайности сельскохозяйственных культур. Вопросами воздействия полезащитных лесополос на процессы снегонакопления занимались многие современные ученые [1, 2]. Одним из недостатков исследовательских работ является то, что зависимость соотношений снегозапасов между полем и лесом учитывались без учета таксационных показателей древостоя [3–5].

**Материалы и методы исследования.** Наблюдения проводились в Государственном унитарном предприятии Луганской Народной Республики АГРОФОНД, г. Луганск. Земли хозяйства располагаются в условиях степи. Тип почвы в хозяйстве – чернозем обыкновенный среднесуглинистый. Уклон полей, на которых проводились исследования, составляет 3–3,6°.

Замеры высоты снежного покрова на период предполагаемого максимального снегонакопления в феврале месяце проводились согласно методическим указаниям [6]. Данные были собраны на трех полях, на которых было заложено девять маршрутов.

**Результаты исследования.** Наблюдения за снежным покровом проводились на полях с поперечными маршрутами, направление маршрутов – с юга на запад и севера на восток. Результаты снежной съемки показали, что высота снежного покрова на протяжении всех маршрутов располагается неравномерно – с подветренной стороны лесополосы снежной массы больше, а с наветренной стороны – снежной массы меньше (рисунок).




Высота снежного покрова на маршрутах

Исследования показателей высоты снежного покрова позволяют сделать вывод, что чем плотнее полезащитные лесополосы, тем равномернее будет распределяться снежная масса по территории поля. Влияние лесополосы начинает проявляться на расстоянии 10–50 м от лесополосы, а равномерное распределение снежной массы отмечалось и ранее [1].

Минимальная высота снежного покрова отмечается на поперечных маршрутах № 1, 5 и составляет 2 см, минимальная высота на продольных маршрутах № 3 составляет 2 см. Максимальная высота на продольном маршруте № 1 – 9 см и поперечном маршруте № 3 – 8 см. При этом минимальные показания высоты снежной массы по маршрутам № 5, 8. Полезащитная лесополоса, возле которой определены минимальные показатели (4,5 см) на маршруте № 5, в летний период времени часто поражается древесными вредителями, что приводит в дальнейшем к выпадению главной породы (*Fraxinus excelsior* L.). По маршруту № 8 минимальные средние показатели высоты снежного покрова 4,5 см, т. к. с одной стороны полезащитная лесополоса отсутствует (таблица).

Среднее значение высоты снежной массы (см) на маршрутах

| Показатель | Номер маршрута | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| МИН | 2 | 3 | 2 | 5 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| МАКС | 9 | 7 | 8 | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 | 7 |
| Среднее | 5,5 | 5,0 | 5,0 | 5,5 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 4,5 | 5,5 |

Выявлена тенденция распределения высоты снежного покрова на полях ГУП ЛНР «АГРОФОНД» на продольных и поперечных маршрутах.

Таким образом, можно сделать следующие **выводы**:

1. Лесные насаждения изменяют микроклимат прилегающей территории, изменяя экологические факторы. Высота и распределение снежной массы зависят от некоторых факторов:

– высота главной породы, которая произрастает в данной полезащитной лесополосе;

– наличие полезащитных полос, которые окружают поля и способствуют равномерному распределению снежных масс.

2. Минимальная высота снежного покрова отмечается на поперечных маршрутах № 1, 5 и составляет 2 см, минимальная высота на продольных маршрутах № 3 составляет 2 см. Максимальная высота на продольном маршруте № 1 – 9 см и поперечном маршруте № 3 – 8 см. При этом минимальные показания даны по маршрутам № 5, 8. Полезащитная лесополоса, которая повлияла на минимальные показатели (4,5 см), – на маршруте № 5.

3. Выявлена тенденция распределения высоты снежного покрова по территории поля в зависимости от удаления от полезащитной лесополосы.

*Список источников*

1. Грибачева О. В. Снегонакопление в яблоневом саду УНПАК ЛНАУ «КОЛОС» // Научный вестник ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». 2020. № 9. С. 27–31.

2. Изменения климата Луганщины и их прогнозирование. Основания для оптимизма / И. Д. Соколов, М. В. Орешкин, О. М. Медведь [и др.]. Луганск, 2017. 200 с.

3. Башлаков Я. К. Распределение и перераспределение снега в лесной зоне Западной Сибири // Природные ресурсы и размещение производственных сил Тюменского Приобья. 1980. С. 52–61.

4. Галахов Н. Н. Снежный покров в лесу // Метеорология и гидрология. 1940. № 3. С. 3–17.

5. Грибачева О. В., Чернодубов А. И., Сотников Д. В. Оценка влияния полезащитной лесополосы на отложение снежного покрова в УНПАК ЛНАУ «КОЛОС» // Лесотехнический журнал. 2020. № 3. С. 43–53.

6. Быков Н. И., Попов Е. С. Наблюдения замдинамикой снежного покрова в ООПТ Алтае-Саянского экорегиона : методическое руководство. Красноярск, 2011. 64 с.

*References*

1. Gribacheva O. V. Snow accumulation in the apple orchard of the UNPAK LNAU “KOLOS” // Scientific Bulletin of the State Educational Institution of the LNR “Lugansk National Agrarian University”. 2020. No. 9. P. 27–31.

2. Climate changes in the Luhansk region and their forecasting. Grounds for optimism / I. D. Sokolov, M. V. Oreshkin, O. M. Medved [et. al]. Lugansk, 2017. 200 p.

3. Bashlakov Ya. K. Distribution and redistribution of snow in the forest zone of Western Siberia // Natural resources and location of production forces of the Tyumen region. Tyumen, 1980. P. 52–61.

4. Galakhov N. N. Snow cover in the forest // Meteorology and hydrology. 1940. No. 3. P. 3–17.

5. Gribacheva O. V. Chernodubov A. I., Sotnikov D. V. Assessment of the influence of a protective forest belt on the deposition of snow cover in the UNPAK LNAU “KOLOS” // Forest Journal. 2020. № 3. P. 43–53.

6. Bykov N. I., Popov E. S. Observations of the dynamics of snow cover in protected areas of the Altai-Sayan ecoregion (methodological guide) // Krasnoyarsk, 2011. 64 p.

Научная статья
УДК 625.77

# РЕЗУЛЬТАТЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ БУЛЬВАРОВ В ГОРОДЕ ПЕРВОУРАЛЬСКЕ

**Дарья Сергеевна Демидова[1], Мария Васильевна Жукова[2], Татьяна Ивановна Фролова[3]**
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] dasha-dem1.d@yandex.ru
[2] zhukovamv@m.usfeu.ru
[3] frolovati@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В статье рассматривается динамика изменения бульваров в городе Первоуральске. Проанализированы планировка и состояние насаждений с момента создания бульваров и по настоящее время, а также количественный и видовой состав.

***Ключевые слова:*** бульвары, озеленение, ретроспективный анализ, насаждения

***Для цитирования:*** Демидова Д. С, Жукова М. В., Фролова Т. И. Результаты ретроспективного анализа развития бульваров в городе Первоуральске // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 71−78.

Original article

# RESULTS OF A RETROSPECTIVE ANALYSIS OF BOULEVARDS DEVELOPMENT IN THE TOWN OF PERVOURALSK

**Daria S. Demidova[1], Maria V. Zhukova[2], Tatiana I. Frolova[3]**
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] dasha-dem1.d@yandex.ru
[2] zhukovamv@m.usfeu.ru
[3] frolovati@m.usfeu.ru

***Abstract.*** The article examines the dynamics of changes in the boulevards in Pervouralsk. It analyzes the layout and condition of the plantations from their inception to the present, as well as the quantitative and species composition.

© Демидова Д. С, Жукова М. В., Фролова Т. И., 2026

***Keywords:*** boulevards, landscaping, Pervouralsk, retrospective analysis, plantations

***For citation:*** Demidova D. S., Zhukova M. V., Frolova T. I. (2026) Rezul'taty retrospektivnogo analiza razvitiya bul'varov v gorode Pervoural'ske [Results of a retrospective analysis of boulevards development in the town of Pervouralsk] Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 71–78. (In Russ).

Бульвары в ландшафтной архитектуре − линейные элементы озеленения города, предназначенные для массового пешеходного движения, прогулок и кратковременного отдыха, которые выполняют защитную, планировочную и градостроительную функции [1]. Актуальность темы развития бульваров как ключевых элементов общественных пространств в современных российских городах не вызывает сомнений. В условиях активной урбанизации и возросших требований к качеству городской среды, зеленые рекреационные зоны становятся важнейшим ресурсом для повышения комфорта проживания, социальной активности и экологического благополучия.

Город Первоуральск, обладающий статусом крупного промышленного центра Свердловской области, остро нуждается в сбалансированном развитии, где наряду с промышленным потенциалом создается и развивается комфортная среда для жизни. Бульвары города, имеющие различную историю, планировочную структуру и функциональное наполнение, являются наглядными объектами для изучения успехов и проблем в градостроительной политике. Однако комплексное изучение их генезиса, трансформации и современного состояния до сих пор не проводилось, что обуславливает научную новизну данного исследования.

Объектом исследования выступают бульвары города Первоуральска: бульвар по ул. Советской и по ул. Ватутина от площади до КТ «Восход».

Предметом исследования являются закономерности и специфика формирования и трансформации бульваров г. Первоуральска.

Цель работы – установить изменения структуры насаждений бульваров Первоуральска за последние 75 лет для выявления их роли в структуре города и оценки современных тенденций их функционирования.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1) выявить и систематизировать исторические этапы возникновения и развития бульварных зон в городе Первоуральске;

2) проанализировать архивные документы/фотографии;

3) оценить современную структуру и интенсивность использования бульваров, выявить существующие проблемы и потенциал для их дальнейшего развития.

Для исследования использовались методы ретроспективного анализа, суть которого заключалась в сравнении архивных документов и фотографий бульваров с их состоянием на сегодняшний день. А также натурное исследование существующих территорий бульваров.

**Расположение Первоуральска в природной зоне.** Первоуральск расположен на границе Европы и Азии. Природная зона Первоуральска – южная горная тайга, преобладают хвойные леса. Основные хвойные древесные породы – сосна и ель, основные лиственные древесные породы – лиственные породы: береза, осина, ольха, ива. Рельеф низкогорный и холмистый. Климат умеренно-континентальный [2].

**Градостроительные особенности.** Город не имеет ярко выраженного единого центра. Вместо этого он представляет собой конгломерат отдельных исторически сложившихся районов и поселков, объединенных в единую систему. Планировка города демонстрирует ярко выраженный промышленный каркас – крупные промзоны тяготеют к железной дороге и образуют почти непрерывную полосу: Первоуральский новотрубный завод (ПНТЗ), Динасовый завод, Хромпиковый завод и др. Северо-восточная часть города (район улицы Ватутина) – жилая зона, сформированная в середине XX в. массовой жилой застройкой. Центральный район (условный центр вокруг Театрального сквера и площади Победы) сконцентрировал основные административные, культурные и торговые функции. Эти условные районы города соединяются между собой зелеными зонами (рис. 1) [3]. Для составления данной схемы использовались Яндекс карты [4].

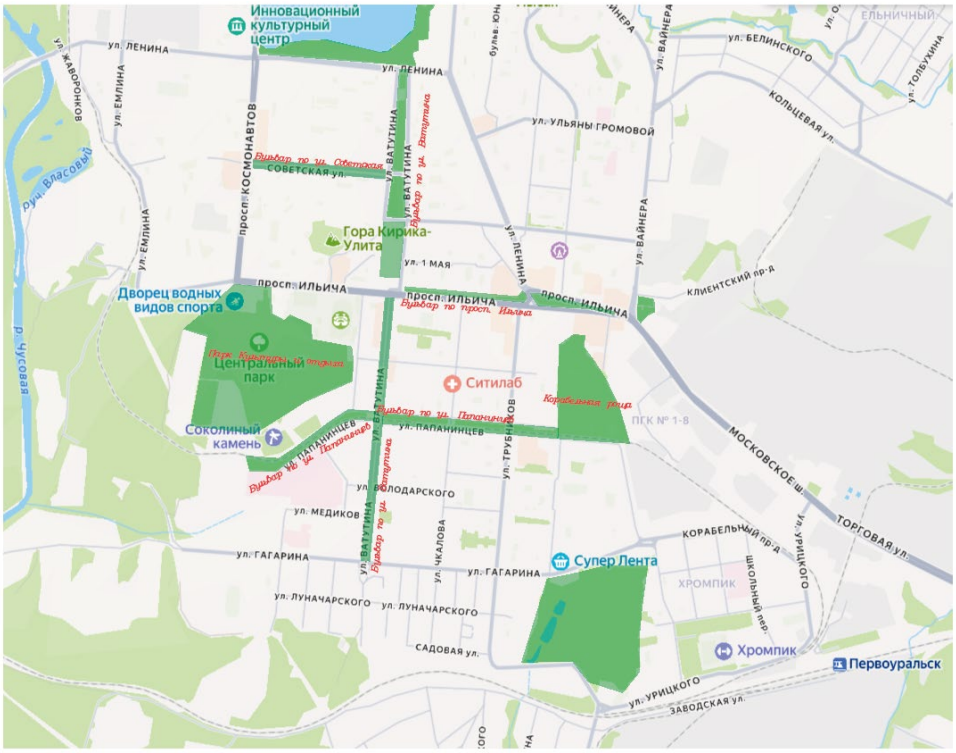



Рис. 1. Расположение зеленых зон в центральной части города

В 1950-е гг. активно создавались зеленые зоны города, такие как парки, скверы, бульвары. Связующим звеном между зелеными зонами выступали и выступают сейчас бульвары.

Центральный бульвар по ул. Ватутина пронизывает весь город с юга на север. Примечательно то, что его создание началось в 1950-ых гг., когда прокладывали дорогу и высаживали рядовые посадки тополя Свердловского (рис. 2). На рис. 3 изображено архивное фото 1970-х гг. На рис. 4 видно, как бульвар выглядит в наши дни.



Рис. 2. Архивное фото бульвара по ул. Ватутина 1950-х гг.



Рис. 3. Архивное фото бульвара по ул. Ватутина 1970-х гг.




Рис. 4. Вид на бульвар в настоящее время [4]

На сегодняшний день бульвар не претерпел сильных изменений в видовом и количественном составе. Точечно естественным путем появился клен ясенелистный, а специально посадили черемуху обыкновенную, рябину обыкновенную, березу повислую, яблоню, сирень венгерскую и клен остролистный. Дорожно-тропиночная сеть осталась неизменной по планировке, лишь через 20 лет после создания бульвара сделали асфальтированное покрытие. Баланс территории бульвара показан в табл. 1.

*Таблица* 1

Баланс территории бульвара по ул. Ватутина

| № п/п | Наименование | Кол-во, шт | Площадь, м$^2$ | Площадь, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | **Насаждения:** | 326 | **16 832,5** | 83,86 |
| | деревья | 326 | 6568 | – |
| | газоны | – | 16 832,5 | – |
| 2 | **Покрытие:** | – | **3 240** | 16,14 |
| | асфальтобетонное | – | 3 240 | – |
| **Общая площадь объекта** | | **20 072,5 м$^2$** | | 100 |

Второй немаловажный бульвар – по ул. Советской, он примыкает к бульвару Ватутина в северной его части. Создание бульвара происходило в 1960-е гг. С южной стороны высадили рядовой посадкой боярышник кроваво-красный, который сохранился там и по сей день, но уже с порослью инвазивного клена ясенелистного. С северной стороны произрастали ивы шаровидные, а в наше время добавились поросль клена ясенелистного, пузыреплодник, две лиственницы сибирской и черемуха обыкновенная. На рис. 5 и 6 представлены архивные фотографии бульвара в 1980-е гг. и начало 2000-х гг. соотвественно. На рис. 7 – бульвар в настоящее время.

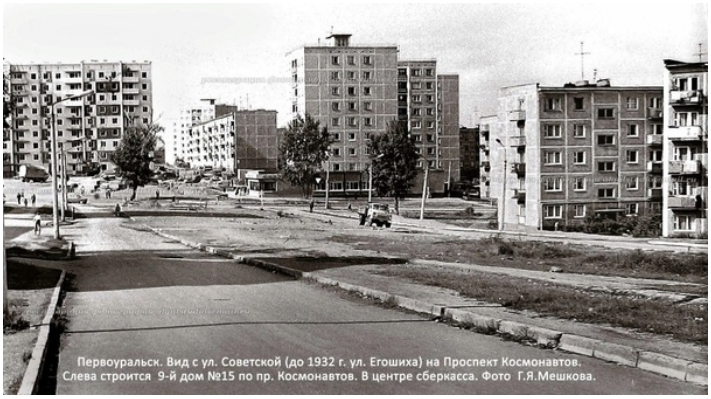



Рис. 5. Архивное фото бульвара на ул. Советской, 1980-е гг.



Рис. 6. Архивное фото бульвара на ул. Советской, начало 2000-х гг.



Рис. 7. Вид бульвара в настоящее время [4]

Стоит отметить, что при проведении инвентаризации бульвара была выявлена динамика ухудшения состояния боярышника кроваво-красного по сравнению с их состоянием в начале XXI в. Огромное количество поросли, поросли клена ясенелистного и отсутствие проведения санитарных и формовочных рубок негативно сказались на состоянии насаждений. В табл. 2 показан баланс территории бульвара по ул. Советской, а в табл. 3 – количественное и долевое участие преобладающих древесных и кустарниковых видов.

*Таблица* 2

Баланс территории бульвара по ул. Советской

| № п/п | Наименование | Кол-во, шт. | Площадь, м$^2$ | Площадь, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | **Насаждения:** | 192 | **8 900** | 76,79 |
| | деревья | 176 | 3 568,75 | – |
| | кустарники | 16 | 300 | – |
| | газоны | – | 8 900 | – |
| 2 | **Покрытие:** | – | **2 300** | 20,54 |
| | асфальтобетонное | – | 2 240 | – |
| | Грунтовые дорожки | – | 60 | – |
| **Общая площадь объекта** | | **11 200 м$^2$** | | 100 |

*Таблица* 3

Количественное и долевое участие преобладающих древесных и кустарниковых видов на бульварах

| № п/п | Вид | Кол-во, шт. | Доля, % |
|---|---|---|---|
| **Бульвар по ул. Ватутина** | | | |
| 1 | Тополь Свердловский | 251 | 76,99 |
| 2 | Рябина обыкновенная | 27 | 8,28 |
| 3 | Клен остролистный | 16 | 4,91 |
| 4 | Сирень венгерская | 13 | 3,99 |
| 5 | Яблоня | 7 | 2,15 |
| 6 | Береза повислая | 12 | 3,68 |
| **Итого деревьев** | | **326** | **100** |

*Окончание табл. 3*

| № п/п | Вид | Кол-во, шт. | Доля, % |
|---|---|---|---|
| **Бульвар по ул. Советской** | | | |
| 1 | Боярышник кроваво-красный | 138 | 71,88 |
| 2 | Береза повислая | 1 | 0,52 |
| 3 | Клен ясенелистный | 7 | 3,65 |
| 4 | Черноплодка | 4 | 2,08 |
| 5 | Ива шаровидная | 16 | 8,33 |
| 6 | Черемуха обыкновенная | 2 | 1,04 |
| 7 | Вишня войлочная | 1 | 0,52 |
| 8 | Ольха серая | 1 | 0,52 |
| 9 | Осина | 2 | 1,04 |
| 10 | Лиственница сибирская | 2 | 1,04 |
| 11 | Рябина обыкновенная | 2 | 1,04 |
| 12 | Пузыреплодник | 15 | 7,81 |
| 13 | Кизильник блестящий | 1 | 0,52 |
| **Итого деревьев и кустарников** | | **192** | **100** |

По результатам ретроспективного анализа выявилось, что все бульвары города Первоуральска сохраняют постсоветскую типологию. Они создавались из доступных и естественных в то время пород деревьев, таких как тополь Свердловский, боярышник кроваво-красный, ива, черемуха обыкновенная, береза повислая. Растения высаживали в ряд рядовой посадкой.

В настоящее время насаждения имеют минимум второй санитарный балл и ниже. Часты случаи увядания и засыхания. Внешний облик изменился в худшую сторону. Рекомендуется проводить рубки санитарные и рубки ухода. Так, к примеру, все деревья боярышника кроваво-красного имеют поросль и их крона загущена, очень много пересекающихся ветвей и отсутствует ажурность. Тополя кронируют два раза в сезон, зачастую, срезая все молодые побеги.

*Список источников*

1. Лисина Е. И., Сродных Т. Б. Характеристика насаждений бульваров в городах Среднего Урала // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. 2013. С. 3.

2. Правительство Свердловской области, 2000−2025 : [официальный сайт]. URL: https://midural.ru/100034/100089/mu_leaders/document2360/ (дата обращения: 14.10.2025).

3. Рувики, статья Первоуральск (городской округ) от 2021 г. : [сайт]. URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Первоуральск_(городской_округ) (дата обращения: 14.10.2025).

4. Яндекс карты : [сайт]. URL: https://clck.ru/3RCetS (дата обращения: 14.10.2025).

*References*

1. Lisina E. I., Srodnykh T. B Characteristics of boulevard plantations in the cities of the Middle Urals // Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. 2013. P. 3.

2. The Government of the Sverdlovsk Region 2000−2025 : [official website]. URL : https://midural.ru/100034/100089/mu_leaders/document2360/ (date of accessed:14.10.2025).

3. Ruwiki, article Pervouralsk (urban refion), 2021 : [website]. URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Первоуральск_(городской_округ) (date of accessed: 14.10.2025).

4. Yandex Maps : [website]. URL: https://yandex.ru/maps/11171/pervouralsk/sputnik/?ll=59.943492%2C56.904263&z=19 (date of accessed: 14.10.2025).

Научная статья
УДК 630.233

# АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ *PINUS SYLVESTRIS* L. В НИЖНЕВАРТОВСКОМ РАЙОНЕ ХМАО – ЮГРЕ

**Владиславна Ивановна Егорова[1], Андрей Алексеевич Кулагин[2]**
[1, 2] Нижневартовский государственный университет, Нижневартовск, Россия
[1] vla.egorova@yandex.ru
[2] kulagin-aa@mail.ru

***Аннотация.*** Представленные данные содержат анализ состояния сосновых древостоев на различных участках Нижневартовского района, развивающихся в экстремальных лесорастительных условиях природного и антропогенного характера. По результатам наблюдений выявлено, что лучшие таксационные показатели сосны обыкновенной достигаются на экологически благополучных территориях – первая надпойменная терраса реки Вах.

***Ключевые слова:*** сосна обыкновенная, формула древостоя, таксационные показатели, плодоношение

***Финансирование***: исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда научно-технологического развития Югры в рамках научного проекта № 2025-604-04.

***Для цитирования:*** Егорова В. И., Кулагин А. А. Анализ состояния *Pinus Sylvestris* L. в Нижневартовском районе ХМАО – Югре // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of theinteraction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 79−85.

Original article

# ANALYSIS OF THE STATE OF PINUS SYLVESTRIS L. IN THE NIZHNEVARTOVSK DISTRICT OF THE KHMAO – YUGRA

**Vladislavna I. Egorova[1], Andrey A. Kulagin[2]**
[1, 2] Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia
[1] vla.egorova@yandex.ru
[2] kulagin-aa@mail.ru

© Егорова В. И., Кулагин А. А., 2026

***Abstract.*** The presented data analyzes the state of pine forest stands in various areas of the Nizhnevartovsk district, developing under extreme forest growth conditions of natural and anthropogenic origin. Observations revealed that the best taxation indicators for Scots pine are achieved in ecologically healthy areas - first floodplain terrace of the Vakh River.

***Keywords:*** scots pine, forest stand formula, taxation indicators, fruiting

***Funding:*** the research was carried out with the financial support of the Ugra Foundation for Scientific and Technological Development within the framework of scientific project No. 2025-604-04.

***For citation:*** Egorova V. I., Kulagin A. A. (2026) Analiz sostoyaniya Pinus Sylvestris L. V Nizhnevartovskom rajone XMAO – Yugry [Analysis of the state of Pinus Sylvestris L. in the Nizhnevartovsk regionof the KHMAO – Yugra]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies: materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 79–85. (In Russ).

В Западной Сибири осуществляется крупномасштабная и интенсивная добыча нефти и газа в больших объемах, несмотря на крайне неблагоприятные природные и климатические условия региона. Научные исследования показывают, что специфические природные условия и многолетняя активная антропогенная деятельность оказывают заметное влияние на формирование и функционирование экосистем Западной Сибири [1, 4]. Одной из основных лесообразующих пород данного региона является *Pinus sylvestris* L. Сосна обыкновенная проявляет высокую способность адаптироваться к разным условиям обитания, вплоть до заселения болотистой местности. Воздействие антропогенных и природных факторов оказывает существенное влияние на состояние и структуру сосновых лесов. В зависимости от степени негативного воздействия формируется разнообразие сосновых древостоев, отличающееся таксационными показателями.

Целью работы является изучение таксационных показателей сосны обыкновенной на различных участках Нижневартовского района, испытывающих природное и антропогенное воздействие.

Исследование проводилось в Нижневартовском районе в различных лесорастительных условиях. В сосновых древостоях заложено 13 пробных площадок, которые находятся в местах с различными экологическими условиями, включая зоны естественного развития и территории, подверженные воздействию техногенеза. Пробные площадки закладывались по общепринятым методикам [2, 3]. На каждом участке изучались основные таксационные показатели: породный состав, запас древесины древостоя, диаметр

стволов, высота и плодоношение деревьев. Это дало возможность проанализировать особенности роста и продуктивности *Pinus sylvestris* L в зависимости от специфики окружающих условий.

Пробные площадки располагались в непосредственной близости от нефтяного месторождения, газоперерабатывающего завода, ГРЭС, песчаного карьера, КМС/ДМС, газовой котельной, шламового амбара, нефтепровода с разливом, несанкционированной мусорки шин, первой надпойменной террасы реки Вах, а также вблизи двух болот (№ 1 и 2). В качестве относительного контроля была заложена пробная площадка в 29 км к западу от города Нижневартовска (рис. 1).




Рис. 1. Карта-схема Нижневартовского района с расположением пробных площадей

Краткая таксационная характеристика объектов исследования представлена в таблице. Как видно, таксационные характеристики деревьев в условиях загрязнения, природного воздействия и в контроле очень близки по структуре древостоя, но различаются по количеству стволов на 1 га и по запасу древесины. В формуле древостоя главная порода представлена *Pinus sylvestris* L., только на двух пробных площадках (нефтяное месторождение и нефтепровод с разливом) преобладает *Betula pubescens*. Также на ПП № 5, 8, 11 наблюдается *Pinus sibirica*, на территории с нефтяным разливом встречается *Picea obovata* в единичных экземплярах. На болотном участке № 2 древостой представлен только сосной обыкновенной.

Максимальная численность деревьев отмечена на ПП № 12, 13 и составляет 450 и 625 шт./га соответственно. Такое большое количество стволов объясняется наличием лишь одной породы дерева – сосны обыкновенной. Наиболее высокие запасы древесины обнаружены на первой надпойменной террасе (426 м$^3$), что подтверждает хорошие условия для роста и развития сосны.

Минимальные значения плотности и запаса отмечены на ПП № 2, 8 (нефтепровод с разливом и ГРЭС). Количество стволов – до 59 шт., а запас редко превышает 16 м$^3$. Такие низкие показатели связаны с молодым древостоем на песчаных почвах, а также негативным воздействием нефтяных разливов.

Таксационные показатели сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), развивающейся в условиях Нижневартовского промышленного узла

| № участка | Формула древостоя | Количество стволов на 1 га | Запас древесины сосны на 1 га, м$^3$ |
|---|---|---|---|
| 1. Контроль | 7С2Б1ОС+Кд | 350 | 197 |
| 2. ГРЭС | 5С3Б2ОС | 59 | 12 |
| 3. Газовая котельная | 6С4Б | 170 | 23 |
| 4. ГПЗ | 6С2ОС2Б | 210 | 115 |
| 5. Шламовый амбар | 6С3ОС1Б+ Кд | 223 | 95 |
| 6. Нефтяное месторождение | 4Б4Т1С1ОС | 105 | 27 |
| 7. КМС/ДМС | 6С4ОС+Б | 305 | 142 |
| 8. Нефтепровод с разливом | 5Б3Кд1ОС1С+ЕЛ | 44 | 16 |
| 9. Песчаный карьер | 9С1Б | 220 | 21 |
| 10. Несанкционированная свалка шин | 8С2ОС+Б+Т | 275 | 102 |
| 11. Первая надпойменная терраса р. Вах | 5С4Кд1Т+Б | 261 | 426 |
| 12. Болото №1 | 10С+Бед | 625 | 122 |
| 13. Болото №2 | 10С | 450 | 65 |

Результаты исследования показывают, что наибольшие значения диаметра ствола и высоте демонстрируют деревья на контрольном участке и на первой надпойменной террасе р. Вах. Здесь средний диаметр составляет соответственно 17 и 27 см, средняя высота – 19 и 20 м (рис. 2).

В основном средний диаметр различается не более чем на три ступени толщины. На пяти пробных площадках диаметр колеблется от 12 до 14 см, на всех остальных – от 15 до 17 см. В условиях антропогенного воздействия наименьшие значения по диаметру ствола наблюдаются на участках № 3, 9. Действие природных факторов обуславливает незначительные показатели изученных параметров: на болотах, вероятно, это связано с постоянным повышением уровня болотных вод и подтоплением.

В результате анализа показателей высоты древостоя наблюдаем небольшое различие с контролем. На четырех пробных площадках высота не превышает 11 м. Самые низкие показатели высоты характерны для участков с молодым древостоем, таких как песчаный карьер и ГРЭС. Высота стволов деревьев здесь составляет 6 и 9 м соответственно. На всех остальных территориях – от 14 до 19 м. Эти данные позволяют сделать

вывод об ухудшении качества древостоя под влиянием негативных антропогенных воздействий.

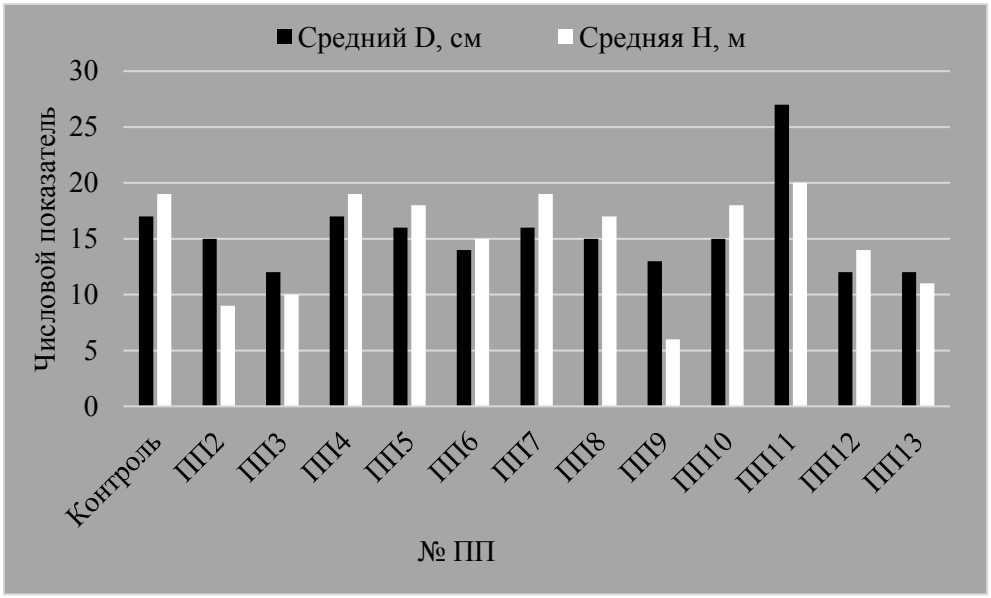



Рис. 2. Диаметр и высота сосны обыкновенной

Особенности плодоношения сосны обыкновенной в Западной Сибири существенно зависят от условий окружающей среды. Под влиянием человеческой деятельности большая часть территорий характеризуется низким уровнем плодоношения (оцениваемым в один балл). Исключением становятся отдельные участки (№ 2, 9), где плодоношение достигает среднего уровня и составляет два балла. Вероятно, это связано с особенностями песчаного грунта возле объектов промышленности (ГРЭС, песчаный карьер). Показатели плодоношения отдельных деревьев на исследуемых участках достигают трех баллов, в то время как средние значения плодоносности по всей совокупности насаждений колеблются в пределах 1–2 баллов. На ПП № 8 плодоношение не наблюдалось из-за произошедшего разлива нефти, который привел к массовой гибели растительности.

В экстремальных природных лесорастительных условиях продуктивность также ограничена. Показатель плодоношения на болотах минимален (0–1 балл). Однако максимальная урожайность шишек сосны достигается на территории первой надпойменной террасы реки Вах, которая равна трем баллам (рис. 3).

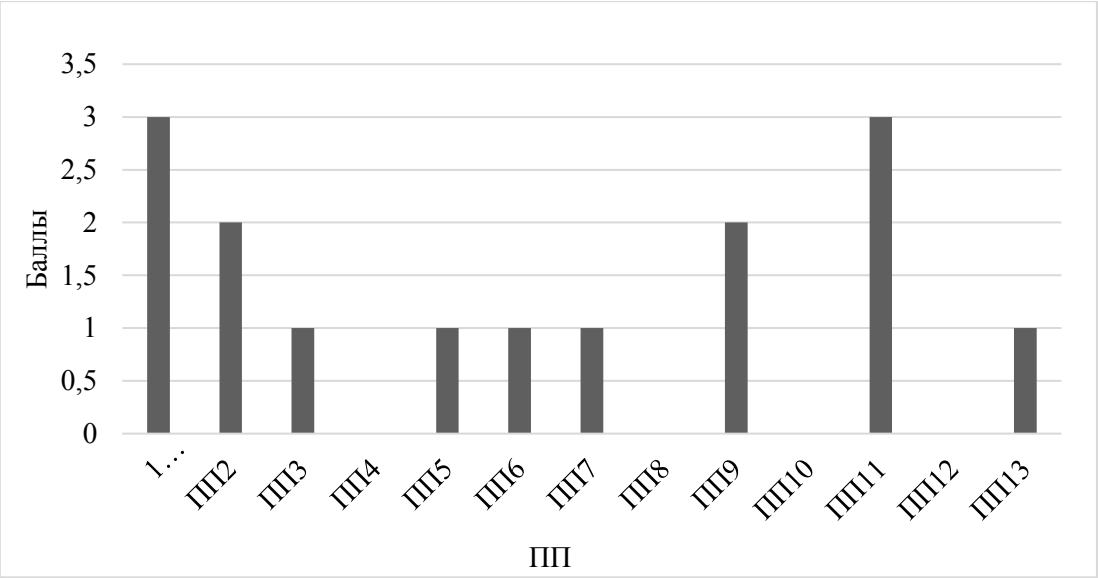



Рис. 3. Плодоношение сосны обыкновенной в баллах по шкале Крафта

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что антропогенное воздействие негативно сказывается на продуктивности древостоев, приводя к снижению таксационных показателей и уменьшению плодоношения деревьев. По уровню плодоношения значительная часть участков получила оценку в один балл, что свидетельствует о низкой плодовитости сосны в большинстве случаев. Исключение составляют участки № 2, 9, где плодоношение оценивается в два балла. На первой надпойменной террасе наилучшие лесорастительные условия приводят к формированию самых высоких таксационных показателей и плодоношения.

*Список источников*

1. Анучин Н. П. Лесная таксация. М. : Гослесбумиздат, 1952. 532 с.

2. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде. Минск : Наука и техника, 1989. 208 с.

3. Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. М. : Изд-во АН СССР, 1961. 227 с.

4. Fractal analysis of flavonoids in complex chemical compositions in extracts of Chamaedaphne calyculata (L.) Moench (ericaceae) in oligotrophic swamps of Western Siberia / I. Yu. Usmanov, E. R. Yumagulova, V.V. Aleksandrova [et al.] // Современная фитоморфология. 2019. Т. 13. С. 35–40.

*References*

1. Anuchin N. P. Forest Taxation. M. : Goslesbumizdat, 1952. 532 p.
2. Getko N. V. Plants in the Technogenic Environment. Minsk : Science and Technology, 1989. 208 p.
3. Sukachev V. N., Zonn S.V. Methodological guidelines for the study forest types. M. : Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1961. 227 p.
4. Fractal analysis of flavonoids in complex chemical compositions in extracts of Chamaedaphne calyculata (L.) Moench (ericaceae) in oligotrophic swamps of Western Siberia / I. Yu. Usmanov, E. R. Yumagulova, V.V. Aleksandrova [et al.] // Modern phytomorphology. 2019. T. 13. P. 35–40.

Научная статья
УДК 630.432

# ГОРИМОСТЬ ЛЕСОВ БАЕВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

**Олег Александрович Игнатовский**
Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия
zamdir@kldk.altailes.com

***Аннотация***. Проанализированы показатели фактической горимости лесов Баевского лесничества за период с 2008 про 2024 гг. Отмечается, что при сокращении количества лесных пожаров за последние годы увеличилась пройденная огнем площадь. Высказаны предложения по совершенствованию охраны лесов от пожаров и минимизации послепожарного ущерба.

***Ключевые слова***: Алтайский край, Баевское лесничество, лесной пожар, горимость лесов, противопожарное устройство

***Для цитирования***: Игнатовский О. А. Горимость лесов Баевского лесничества // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 86−91.

Original article

# FORESTS FIRE FREQUENCY OF THE BAYEVSKY FORESTRY

**Oleg A. Ignatovsky**
Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
zamdir@kldk.altailes.com

***Abstract.*** The indicators of the actual forests fire frequency of the Bayevsky forestry for the period from 2008 to 2024 are analyzed. It is noted that with the reduction in the number of forest fires in recent years, the area covered by fire has increased. Proposals were made to improve forest fire protection and minimize post-fire damage.

***Keywords***: Altai Territory, Bayevsky forestry, forest fire, forest frequency, fire-fighting equipment

© Игнатовский О. А., 2026

***For citation:*** Ignatovsky O. A. (2026) Gorimost' lesov Baevskogo lesnichestva [Forests fire frequency of the Bayevsky Forestry]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 86–91. (In Russ).

Усиление антропогенной нагрузки и изменение климата в сторону сокращения количества осадков и повышения температуры воздуха в сочетании с учащением таких негативных явлений, как штормовые ветры, приводит к увеличению потенциальной пожарной опасности [1–3]. Последнее особенно рельефно появилось в насаждениях, произрастающих на границе со степью, где количество выпадающих осадков и до начала изменения климата было крайне ограничено. Примером таких насаждений являются ленточные боры Алтайского края и Республики Казахстан, где в отдельные годы за весь вегетационный период осадки практически не выпадают, что объясняет исключительно высокую потенциальную пожарную опасность [4, 5]. Указанное потребовало проведения адекватных мер по защите лесов от пожаров во избежание гибели от пожаров огромных лесных массивов.

Цель работы – анализ горимости лесов Баевского лесничества Алтайского края и разработка предложений по минимизации послепожарных последствий.

В основу исследования положен анализ ведомственных материалов (книга учета лесных пожаров, акты лесных пожаров и лесопатологического обследования, пройденных лесными пожарами насаждений), а также результаты натурных обследований.

Объектом исследований служили насаждения Баевского лесничества Алтайского края, в которых доминируют сосновые насаждения, характеризующиеся повышенной, по сравнению с насаждениями других формаций, горимостью лесов.

Анализ показателей фактической горимостью лесов за 17-летний период (с 2008 по 2024 гг.) показал, что максимальное количество лесных пожаров на территории лесничества возникло в 2018 г. (таблица).

Показатели фактической горимости лесов Баевского лесничества за период с 2008 по 2024 гг.

| Год | Количество лесных пожаров | | Пройденная огнем площадь | | Средняя площадь пожара | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | шт. | % | га | % | га | % |
| 2008 | 36 | 16,4 | 38 | 3,2 | 1,06 | 19,89 |
| 2009 | 8 | 3,6 | 3,3 | 0,3 | 0,41 | 0,08 |
| 2010 | 38 | 17,3 | 271,6 | 23,1 | 7,15 | 134,15 |
| 2011 | 20 | 9,1 | 18,6 | 1,6 | 0,93 | 17,45 |

*Окончание таблицы*

| Год | Количество лесных пожаров | | Пройденная огнем площадь | | Средняя площадь пожара | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | шт. | % | га | % | га | % |
| 2012 | 39 | 17,7 | 95,6 | 8,1 | 2,45 | 45,97 |
| 2013 | 2 | 0,9 | 2 | 0,2 | 1,00 | 18,76 |
| 2014 | 32 | 14,5 | 73,6 | 6,3 | 2,30 | 43,15 |
| 2015 | 5 | 2,3 | 8,2 | 0,7 | 1,64 | 30,77 |
| 2016 | 3 | 1,4 | 2,4 | 0,2 | 0,80 | 15,01 |
| 2017 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2018 | 1 | 0,5 | 0,03 | 0 | 0,03 | 0,56 |
| 2019 | 8 | 3,6 | 32,9 | 2,8 | 4,11 | 77,11 |
| 2020 | 2 | 0,9 | 0,8 | 0,1 | 0,40 | 7,50 |
| 2021 | 5 | 2,3 | 29,6 | 2,5 | 5,92 | 111,07 |
| 2022 | 9 | 4,1 | 19,8 | 1,7 | 2,20 | 41,28 |
| 2023 | 9 | 4,1 | 573,1 | 48,8 | 63,68 | 1194,75 |
| 2024 | 3 | 1,3 | 4,1 | 0,3 | 1,37 | 25,70 |
| Итого | 220 | 100 | 1173,63 | 99,9 | 5,33 | 100 |

Анализируя материалы таблицы, можно отметить, что за весь период исследования на территории Баевского лесничества возникло 220 лесных пожаров при пройденной огнем площади 1173,63 га. При этом средняя площадь пожара составила 5,33 га. В целом можно отметить, что количество лесных пожаров не совпадает с пройденной огнем площадью. Так, в 2023 г. возникло девять лесных пожаров, что составляет лишь 4,1 % от общего количества таковых за 17-летний период. При этом площадь, пройденная огнем, составила 573,1 га, или 48,8 % от общей площади всех пожаров за тот же период, а площадь среднего пожара 63,38 га, или 1194,75 % от средней площади пожара за период с 2008 по 2024 гг.

В то же время в отдельные годы анализируемого периода пожары не возникали или их количество не превышало двух: 2017, 2018 и 2013 гг. Периодичность лет с высокой пожарной опасностью приводит к расхолаживанию служб охраны лесов от пожаров и возникновению чрезвычайных ситуаций. Так, при максимальном количестве лесных пожаров в 2012 г. – 39 шт. – пройденная огнем площадь составляла лишь 95,6 га, а средняя площадь пожара – 2,45 га, что в 26 раз больше, чем в 2023 г. при девяти лесных пожарах.

Высокие значения фактической горимости лесов вызывают необходимость усиления профилактической работы среди населения, поскольку основной причиной лесных пожаров является человек. Необходимо разъяснять людям, к каким бедствиям могут привести лесные пожары [6, 7].

Эффективная охрана лесов от пожаров не может быть обеспечена при некачественном выполнении противопожарного устройства. В настоящее время разработан ряд рекомендаций по эффективному противопожарному

устройству с использованием как традиционных, так и современных методов [5, 8–11].

Естественно, что для борьбы с лесными пожарами должны привлекаться подготовленные люди, оснащенные современными средствами тушения, а обнаружение лесных пожаров должно быть оперативным. Учитывая специфику ленточных боров, необходимо осуществлять патрулирование беспилотных летательных аппаратов после прохождения грозовых фронтов без дождя [12].

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Леса Баевского лесничества характеризуются высокой пожарной опасностью.

2. Лесопожарные сезоны в лесничестве являются не однородными. Так, в 2017 г. лесные пожары не были зафиксированы, а в 2012 г. их было 39.

3. Прямой взаимосвязи между количеством лесных пожаров и пройденной ими площадью не зафиксировано. Так, в 2012 г. при 39 лесных пожарах пройденная огнем площадь составила 95,6 га, а в 2023 г. указанные показатели составили девять штук и 573,1 га.

4. В целях минимизации показателей фактической горимости лесов и лесопожарного ущерба необходимо совершенствовать охрану лесов от пожара, включая противопожарную пропаганду, оперативное обнаружение и тушение пожаров.

5. Важным направлением является противопожарное устройство, при реализации которого необходимо использовать как традиционные способы, так и достижения современной науки.

*Список источников*

1. Залесов С. В., Миронов М. П. Обнаружение и тушение лесных пожаров. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. 138 с.

2. Архипов Е. В., Залесов С. В. Динамика лесных пожаров в Республике Казахстан и их экологические последствия // Аграрный вестник Урала. 2017. № 4 (158). С. 10–15.

3. Анализ фактической горимости лесов по федеральным округам Российской Федерации и пути ее минимизации / Г. В. Куксин, И. М. Секерин, А. М. Ерицов [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2025. Т. XLIII. № 3. С. 67–75. DOI: 10.53374/1993-0135-2025-3-67-75.

4. Марченко В. П., Залесов С. В. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс Орманы» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 10 (108). С. 55–59.

5. Залесов С. В., Залесова Е. С., Оплетаев А. С. Рекомендации по совершенствованию охраны лесов от пожаров в ленточных борах Прииртышья. Екатеринбург : УГЛТУ. 67 с.

6. Шубин Д. А., Залесов С. В. Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 127 с.

7. Кректунов А. А., Залесов С. В. Охрана населенных пунктов от природных пожаров. Екатеринбург : Урал. ин-т ГПС МЧС России, 2017. 162 с.

8. Залесов С. В., Годовалов Г. А., Кректунов А. А. Система пожаротушения NATISK для остановки и локализации лесных пожаров // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. URL: https://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=12329 (дата обращения: 10.01.2025).

9. Новый способ создания заградительных и опорных противопожарных полос / С. В. Залесов, Г. А. Годовалов, А. А. Кректунов, А. С. Оплетаев // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (31). С. 90–95.

10. Кректунов А. А., Залесов С. В., Хабибуллин А. Ф. Перспективность использования быстротвердеющей пены для защиты населенных пунктов от природных пожаров // Успехи современного естествознания, 2018. № 5. С. 40–44.

11. Ерицов А. М., Секерин И. М., Залесов С. В. Совершенствование беспилотных летательных аппаратов для обнаружения и мониторинга лесных пожаров // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 5. DOI: 10/60797/IRJ.2024.143.15.

12. Ерицов А. М., Секерин И. М., Залесов С. В. Совершенствование беспилотных летательных аппаратов для обнаружения и мониторинга лесных пожаров // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 5. DOI: 10/60797/IRJ.2024.143.15.

*References*

1. Zalesov S. V., Mironov M. P. Detection and extinguishing of forest fires. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2004. 138 p.

2. Arkhipov E. V., Zalesov S. V. Dynamics of forest fires in the Republic of Kazakhstan and their environmental consequences // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 4 (158). P. 10–15.

3. Analysis of the actual burning of forests in the federal districts of the Russian Federation and ways to minimize it / G. V. Kuksin, I. M. Sekerin, A. M. Yeritsov [et al.] // Conifers of the boreal zone. 2025. Vol. XLIII, No. 3. P. 67–75. DOI: 10.53374/1993-0135-2025-3-67-75 (дата обращения: 10.01.2025).

4. Marchenko V. P., Zalesov S. V. The fire frequency of ribbon forests in the Irtysh region and ways to minimize it using the example of the State Scientific and Technical University “Yertys Ormany” // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2013. No. 10 (108). P. 55–59.

5. Zalesov S. V., Zalesova E. S., Opletaev A. S. Recommendations for improving forest protection from fires in ribbon forests of the Irtysh region. Ekaterinburg : USFEU. 67 p.

6. Shubin D. A., Zalesov S. V. Consequences of forest fires in the pine forests of the Priobsky water protection pine-birch forestry district of the Altai Territory. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2016. 127 p.

7. Krektunov A. A., Zalesov S. V. Protection of settlements from wildfires. Ekaterinburg : Ural institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2017. 162 p.

8. Zalesov S. V., Godovalov G. A., Krektunov A. A. NATISK fire extinguishing system for stopping and localizing forest fires // Modern problems of science and education. 2014. No. 3. URL: https://science education.ru/ru/article/view?id=12329 (date of accessed: 10.01.2025).

9. A new method of creating protective and supporting fire protection belts/ S. V. Zalesov, G. A. Godovalov, A. A. Krektunov, A. S. Opletaev // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2014. No. 3 (31). P. 90–95.

10. Krektunov A. A., Zalesov S. V., Khabibullin A. F. The prospects of using fast-hardening foam to protect settlements from wildfires // Successes of modern Natural Science, 2018. No. 5. P. 40–44.

11. Yeritsov A. M., Sekerin I. M., Zalesov S. V. Improvement of unmanned aerial vehicles for detection and monitoring of forest fires // International Scientific Research Journal. 2024. No. 5. DOI: 10/60797/IRJ.2024.143.15.

12. Yeritsov A. M., Sekerin I. M., Zalesov S. V. Improvement of unmanned aerial vehicles for detection and monitoring of forest fires // International Scientific Research Journal. 2024. No. 5. DOI: 10/60797/IRJ.2024.143.15.

Научная статья
УДК 711.112

# АНАЛИЗ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ПРИДОМОВОЙ ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «АЛЕКСАНДРОВСКИЙ САД» В ГОРОДЕ ЕКАТЕРИНБУРГЕ

**Наталия Владимировна Кайзер[1], Ольга Александровна Новицкая[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] kaisernv@m.usfeu.ru
[2] noa1979@mail.ru

***Аннотация.*** Проанализирован видовой состав зеленых насаждений придомовой территории жилого комплекса бизнес-класса «Александровский сад» в городе Екатеринбурге в период времени 2018–2024 гг., показана доля озеленения в балансе территории.

***Ключевые слова***: озеленение, придомовая территория, жилой комплекс, стилобат

***Для цитирования:*** Кайзер Н. В., Новицкая О. А. Анализ озеленения придомовой территории жилого комплекса «Александровский сад» в городе Екатеринбурге // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 92−97.

Original article

# ANALYSIS OF LANDSCAPING OF THE ADJACENT TERRITORY OF THE RESIDENTIAL COMPLEX “ALEXANDROVSKY GARDEN” IN EKATERINBURG

**Natalia V. Kaiser[1], Olga A. Novitskaya[1]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] kaisernv@m.usfeu.ru
[2] noa1979@mail.ru

© Кайзер Н. В., Новицкая О. А., 2026

***Abstract.*** The species composition of the green space plantations to the adjacent territory of the business-class residential complex «Alexandrovsky Garden» in the city of Ekaterinburg in the period 2018-2024 was analyzed, the share of landscaping in the balance of the territory was shown.

***Keywords:*** landscape, adjacent territory, residential complexes, stylobate

***For citation:*** Kaiser N. V., Novitskaya O. A. (2026) Analiz ozeleneniya pridomovoy territorii zhilygo kompleksa «Aleksandrovskiy Sad» v gorode Ekaterinburge [Analysis of landscaping of adjacent territory of the residential complex ”Aleksandrovsky Garden” in Ekaterinburg]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 92–97. (In Russ).

Все больше внимания уделяется функциональному благоустройству, качественному озеленению, созданию уникальной концепции придомовых территорий жилых комплексов (ЖК) [1]. Озеленение придомовой территории ЖК «Александровский сад» бизнес-класса классифицируется как озелененная территория ограниченного пользования. При этом озеленение придомовой территории ЖК выполняется на основе проекта благоустройства территории [2, п. 4.4] на стилобате на уровне земли с подземным паркингом.

Цель исследования – провести анализ озеленения придомовой территории жилого комплекса категории бизнес-класса «Александровский сад».

Результаты исследования. В настоящее время в озеленении придомовых территорий бизнес-класса наблюдается тенденция расширения ассортимента растений, исходя из принципов необходимости биоразнообразия, кроме того, увеличивается количество злаковых и луковичных растений. Во дворах высаживают крупномерные деревья, высотой в среднем 5 м и выше, с обхватом ствола в среднем 25–30 см, что способствует созданию аттрактивного (декоративного) эффекта растительных форм. Ранее, в XX в., в озеленении придомовых территорий использовался довольно ограниченный ассортимент древесных и кустарниковых растений, ассортимент травянистых растений практически отсутствовал, а если применялся, то преимущественно в виде однолетних цветочных растений, выращенных рассадным способом [3]. Обычно во дворе «проводится зонирование территории, определяется место проездов и стоянок автомашин, место хозяйственных площадок, выделяются территории для площадок игр детей, создается зона тихого отдыха взрослых. В зависимости от зонирования территории двора, согласно требованиям инсоляции и защиты от ветра, пыли и шума, размещаются основные группы зеленых насаждений. Пространство дворов должно выглядеть привлекательно из окон домов <…>. Жильцы

нижних этажей хотят видеть тоже что-нибудь более приятное, чем полосы проездов, стены соседних домов и мусоросборники на хозяйственных площадках» [3, с. 18–19]. В озеленении в целях экономического решения было рекомендовано применять ассортимент местных растений в виду их более дешевой стоимости. Уделялось внимание и такому приему, как вертикальное озеленение.

По результатам обследования придомовой территории ЖК Клубный Дом «Александровский сад» (1–2 очередь) преобладающими видами в 2024 г. являются шесть видов деревьев и пять видов кустарников (более 5 %), представленные в таблице. Это рябина обыкновенная, липа мелколистная, яблоня сибирская, ель европейская, сосна обыкновенная, дерен белый, спирея березолистная, спирея серая, гортензия метельчатая, можжевельник казацкий.

Преобладающий видовой состав деревьев и кустарников в ЖК Клубный Дом «Александровский сад» (по состоянию на 2024 г.)

| Деревья | | | Кустарники | | |
|---|---|---|---|---|---|
| лиственные деревья, шт. (%) | хвойные деревья, шт. (%) | всего деревьев, шт. (%) | лиственные кустарники, шт. (%) | хвойные кустарники, шт. (%) | всего кустарников, шт. (%) |
| 74 (58) | 53 (42) | 127 (100) | 4717 (84) | 909 (16) | 5626 (100) |
| Преобладающие виды | | | | | |
| Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) – 21 шт. (17 %)<br>Липа мелколистная «Гринспаер» (*Tilia cordata* Mill. «Grinspire») – 13 шт. (13 %)<br>Яблоня сибирская (*Malus baccata* (L.) Borkh.) – 7 шт. (6 %)<br>(*Picea pungens* Engelm. «Glauca Globosa») – 8 шт. (6 %)<br>Ель европейская (*Picea abies* (L.) H. Karst.) – 8 шт. (6 %)<br>Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – 6 шт. (5 %) | | | Дерен белый «Сибирика Вариегата» (*Swida alba* (L.) Opiz «Sibirica Variegata») – 1545 шт. (28 %)<br>Спирея березолистная «Тор» (Spiraea betulifolia Pall. «Tor») – 1481 шт. (26 %)<br>Спирея серая «Грефшейм» (*Spiraea* × *cinerea* Zabel «Grefsheim») – 726 шт. (13 %)<br>Гортензия метельчатая «Фантом» (Hydrangea paniculata Siebold «Fantom») – 385 шт. (7 %)<br>Можжевельник казацкий «Тамарисцифолиа» (*Juniperus sabina* L. «Tamariscifolia») – 639 шт. (11 %) | | |

Мониторинг состояния растений на территории ЖК Клубный дом «Александровский сад» за период 2021–2024 гг. показал отпад некоторых экземпляров деревьев и кустарников по разным причинам, в том числе и в результате строительных работ. Так, показали себя как менее устойчивые виды: лиственница европейская «Фастигиата» (*Larix decidua* Mill. «Fastigiata»), черемуха виргинская «Шуберт» (*Padus virginiana* (L.) Mill.

«Shubert»), черемуха обыкновенная «Колората» (*Padus avium* Mill. «Colorata»), клен остролистный «Кливленд» (*Acer platanoides* L. «Cleveland»), клен остролистный «Роял Ред» (*Acer platanoides* L. «Royal Red»).

Кроме того, единично (менее 5 %) деревья представлены видами: береза повислая (*Betula pendula* Roth), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), черемуха виргинская (*Padus virginiana* (L.) Mill.), яблоня Недзвецкого (*Malus niedzwetzkyana* Dieck.). Из кустарников отмечены следующие виды: вишня песчаная Депресса *(Prunus pumila* var. Depressa) – 127 шт. (2 %), гортензия метельчатая «Бобо» (*Hydrangea paniculata* Siebold «Bobo») – 127 шт. (2 %), гортензия метельчатая «Полар Бэар» (*Hydrangea paniculata* Siebold «Polar bear») – 62 шт. (1 %), сирень Мейера «Палибин» (*Syringa meyeri* C.K. Schneid. «Palibin») – 59 шт. (1 %), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.) – 45 шт. (1 %), смородина альпийская (*Ribes alpinum* L.) – 24 шт. (0,4 %), гортензия метельчатая «Ванилла Фрейз» (*Hydrangea paniculata* Siebold «Vanille Fraise») – 21 шт. (0,4 %), сирень обыкновенная «Огни Донбаса» (*Syringa vulgaris* L. «Ogni Donbassa») – 18 шт. (0,4 %), сирень обыкновенная «Памяти о Колесникове» (*Syringa vulgaris* L. «Pamyat o Kolesnikove») – 14 шт. (0,4 %), сосна горная «Пумилио» (*Pinus mugo* Turra «Pumilio») – 21 шт. (0,4 %).

Всего на придомовой территории ЖК Клубный Дом «Александровский сад» в 2024 г. высажено 127 экземпляров деревьев (из них 42 % – хвойных деревьев), 5626 экз. кустарников (из них 16 % – хвойных кустарников). На территории ЖК Клубный Дом «Александровский сад» (1–2 очередь) газоны отсутствуют. При этом дворовое пространство, преимущественно сформированное на стилобате (уровень земли), украшают цветники, состоящие из многолетних травянистых растений (58 % от общего количества растений) – астильба Арендса, бадан толстолистный, гейхера гибридная, герань гибридная Розанна, котовник Фассена, шалфей дубравный. Из злаков (21 % от общего количества растений) отмечены вейник остроцветковый, сеслерия осенняя. Лианы (3 % от общего количества растений) представлены девичьим виноградом пятилисточковым; лимонником китайским; почвопокровные травянистые растения (18 % от общего количества растений) – вербейником монетным, гвоздикой гренобльской, тимьяном ползучим, флоксом шиловидным, антеннарией двудомной (кошачья лапка двудомная). Всего на территории ЖК Клубный Дом «Александровский сад» (1–2 очередь) травянистых и злаковых растений – 8907 экз. В целом относительно принципа озеленения территории ЖК можно отметить увеличение плотности посадки кустарников и многолетних травянистых растений. Тем самым создается эффект массивов, что способствует формированию выраженного эстетически привлекательного сценария развития ландшафтных композиции уже с первого года посадки.

В балансе дворового пространства ЖК Клубный дом «Александровский сад» (1–2 очередь) озелененная территория составляет 71 %. В озеленении территории ЖК бизнес-класса используются приемы – геопластика, формирование подпорных стенок, вертикальное озеленение, мобильное озеленение. Отмечается активная интеграция озеленения в различные зоны дворового пространства для создания природного облика жилой территории. Кроме того, отмечен выход озелененной территории за границы закрытой придомовой территории – интегрирование территорий ограниченного пользования в территории общего пользования. Пример интеграции дворового пространства на стилобате в общественный сквер перед ЖК «Александровский сад» приведен на рисунке.



Интеграция дворового пространства в общественный сквер.
Сквер перед ЖК «Александровский сад» (фото авторов)

Здесь прослеживается продолжение общей стилистики благоустройства территории ЖК, присутствуют подпорные стенки, проницаемые покрытия.

*Список источников*

1. Стандарт благоустройства Объектов инфраструктуры отдыха в городе Москве. Книга 4. Стандарт благоустройства дворовых территорий. М., 2017. 385 с. URL: https://clck.ru/3RDGSS (дата обращения: 28.04.2025).

2. ГОСТ Р 70386–2022. Комплексное благоустройство и эксплуатация городских территорий. М. : РИС., 2022. 10 с. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200193736 (дата обращения: 28.04.2025).

3. Балакшина Е. С. Внешнее благоустройство микрорайона. М. : Подольская типография Главполиграфпрома, 1964. 176 с.

*References*

1. Standard of the improvement of recreation infrastructure facilities in the city of Moscow. Book 4. The standard of yard landscaping. M., 2017. 385 p. URL: https://clck.ru/3RDGSS (date of accessed: 28.04.2025).

2. GOST R 70386–2022. Integrated landscaping and operation of urban areas. M. : FIS., 2022. 10 p. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200193736 (date of accessed: 28.04.2025).

3. Balakshina E. S. External landscaping of the microdistrict. M. : Podolsk printing house of Glavpoligrafprom, 1964. 176 p.

Научная статья
УДК 630*413:595.787

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА В БОРЬБЕ С СИБИРСКИМ ШЕЛКОПРЯДОМ

**Лев Евгеньевич Кузнецов[1], Сергей Вениаминович Залесов[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] lev.kuznecov@mail.ru
[2] zalesovsv@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В статье рассматривается эффективность применения химического и биологического препарата для борьбы с сибирским шелкопрядом. Работа выполнена по материалам собственных исследований авторов. В результате сравнительного анализа сделан вывод о наибольшей эффективности химического препарата.

***Ключевые слова:*** Тюменская область, сибирский шелкопряд, гусеница, вредитель, хвойные деревья

***Для цитирования***: Кузнецов Л. Е., Залесов С. В. Сравнительный анализ химического и биологического препарата в борьбе с сибирским шелкопрядом // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 98−103.

Original article

# COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHEMICAL AND BIOLOGICAL PREPARATION IN THE STRUGGLE AGAINST THE SIBERIAN SILKWORM

**Lev E. Kuznetsov[1], Sergey V. Zalesov[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] lev.kuznecov@mail.ru
[2] zalesovsv@m.usfeu.ru

***Abstract.*** The article examines the effectiveness of using of the chemical and biological preparation in the struggle against the Siberian silkworm. The research

© Кузнецов Л. Е., Залесов С. В., 2026

is based on the materials of the authors' own research. A comparative analysis concluded that the chemical preparation is more effective.

***Keywords:*** Tyumen region, Siberian silkworm, caterpillar, pest, coniferous trees

***For citation***: Kuznetsov L. E., Zalesov S. V. (2026). Sravnitelniy analiz himicheskogo I biologicheskogo preparata v borbe s sibirskim shelkopryadom [Comparative analysis of the chemical and biological preparation in the struggle against the siberian Silkworm]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 98–103. (In Russ).

Сибирский шелкопряд занимает особое место среди хвое-листогрызущих вредителей благодаря своему значительному воздействию на лесные экосистемы [1]. Этот вид является серьезной угрозой для хвойных лесов. Вспышки его размножения, охватывающие большие площади, оказывают существенное влияние на структуру бореальных лесов, вызывая гибель деревьев [2].

Эффективным подходом к борьбе с массовыми вспышками сибирского шелкопряда является обработка насаждений и лесных массивов химическими и биологическими препаратами, которые разрешены для применения на территории России с целью уничтожения вредных насекомых [3]. После опрыскивания вещество эффективно оседает на деревьях. Массовая гибель гусениц сибирского шелкопряда наблюдается вскоре после их поедания хвои.

Изменения климата способны вызвать заболачивание земель, появление новых видов вредителей и паразитов, а также возбудителей заболеваний. Засушливое лето создает благоприятные условия для размножения гусениц шелкопряда, что ведет к увеличению их популяции в лесах [4]. Дополнительным фактором, способствующим этому, являются малоснежные зимы прошлых лет, которые снижают численность естественных врагов шелкопряда насекомых-энтомофагов, тем самым ослабляя природный контроль над его популяцией.

В рамках данного исследования проводится сравнительная оценка валидности химического и биологического препаратов в борьбе с сибирским шелкопрядом, а также их влияния на сокращение популяции в Тюменской области.

В 2023 г. в Вагайском лесничестве Тюменской области был обнаружен очаг сибирского шелкопряда. Учитывая, что часть зараженной зоны оказалась на особо охраняемой природной территории (ООПТ), после обследования было решено применить биологический препарат для борьбы с вреди-

телем на этой территории, а на участках, не входящих в ООПТ, использовался химический препарат.

В связи с серьезной опасностью, которую представляет сибирский шелкопряд, и наличием достаточных ресурсов для его размножения, в 2024 г. были реализованы мероприятия по борьбе с ним. Цель этих действий – остановить распространение вредителя и не допустить ухудшения санитарного состояния лесных массивов.

Оценка состояния лесных массивов, предназначенных для борьбы с сибирским шелкопрядом, проводилась путем визуального осмотра для определения степени повреждения деревьев и причин их общего ослабления. Также анализировались характерные признаки поражения, наличие вредителей и другие индикаторы неблагополучия насаждений.

Модельные деревья под номерами 1 и 2 представлены на рис. 1. Анализируя рис. 1, важно подчеркнуть, что ключевым инструментом оценки результативности является метод парных деревьев. Его суть заключается в анализе численности живых гусениц до и после проведения обработки насаждений. Для расчета технической эффективности в процентах используется следующая формула:

$$Э = \frac{Д-П}{Д} \times 100,$$

где Д – количество личинок до обработки;

П – количество личинок после обработки.



Рис. 1. Модельные деревья под номерами 1 и 2

Обработка на территории ООПТ проводилась биологическим препаратом «Лепидоцид, СК», тогда как остальная территория была обработана с применением химического препарата контактно кишечного действия «Клонрин, КЭ». Оба препарата распылялись наземной лесозащитной техникой, а именно аэрозольным генератором ГАРД.

После обработки деревьев сначала подсчитывают погибших гусениц, а затем переходят к учету живых особей, оставшихся в кронах. Для определения количества проводят околот учетных деревьев на энтомологический полог.

Процедура околота модельного дерева представлена на рис. 2, в ходе которой с его кроны собирают и подсчитывают гусениц-вредителей.



Рис. 2. Околот модельного дерева

Согласно данным, представленным в таблице, стоит отметить, что эффективность биологической обработки варьировалась от 78,4 до 89,2 %, с усредненным значением 84,1 %. Химическая обработка продемонстрировала более впечатляющие результаты, с минимальной эффективностью 92,5 %, максимальной 97,7 % и средним показателем 95,8 %.

Показатели до и после обработки препаратами «Лепидоцид, СК» и «Клонрин, КЭ» представлены в таблице.

Показатели до и после обработки

| Численность сибирского шелкопряда, шт. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Показатель | До обработки | | После обработки | |
| | Биологический препарат | Химический препарат | Биологический препарат | Химический препарат |
| Минимальная | 35 | 49 | 1 | 2 |
| Максимальная | 193 | 180 | 16 | 7 |
| Средняя | 102 | 101 | 9 | 4 |
| Эффективность мероприятий, % | | | | |
| Минимальная | – | – | 78,4 | 92,5 |
| Максимальная | – | – | 89,2 | 97,7 |
| Средняя | – | – | 84,1 | 95,8 |

Таким образом, химический препарат «Клонрин, КЭ» показал более высокую эффективность по сравнению с биологическим препаратом «Лепидоцид, СК».

Регулярный лесопатологический мониторинг является единственным способом обеспечить надлежащее состояние сосновых лесов [5].

Таким образом, стоит отметить, что по результатам осеннего обследования 2024 г. очаг сибирского шелкопряда в Вагайском лесничестве Тюменской области полностью подавлен.

*Список источников*

1. Леонтьев Д. Ф. Распространение и прогнозирование численности сибирского шелкопряда (dendrolimus superans sibiricus tschetv.) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 11–5. С. 705–709.

2. Рожков А. С. Сибирский шелкопряд. Систематическое положение, филогения, распространение, экономическое значение, строение и образ жизни. М, 1963. 176 с.

3. Бубнов М. И. Динамика численности сибирского шелкопряда (Dendrolimus superans sibiricus Tschetv.) в Черемховском лесничестве : матлы VI междунар. Научно-практич. конференции. 2017. С. 168–173.

4. Колтунов Е. В. Пономарев В. И., Федоренко С. И. Экология непарного шелкопряда в условиях антропогенного воздействия. РАН. Урал. отдние. Ин-т леса. Екатеринбург : УрО РАН, 1998. 212 с.

5. Телегина О. С., Вибе Е. П., Залесов С. В. Динамика состояния сосновых древостоев и вспышек массового размножения фитофагов в государственном национальном природном парке «Бурабай» // Вестник государственного Алтайского аграрного университета. 2014. № 12 (122). С. 71–74.

*References*

1. Leontiev D. F. Distribution and forecasting of the Siberian silkworm (dendrolimus superans sibiricus tschetv.) scientific review. International journal of applied and fundamental research. 2015. No. 11–5. P. 705–709.

2. Rozhkov A. S. Siberian silkworm. Systematic position, phylogeny, distribution, economic importance, structure and way of life. M, 1963. 176 p.

3. Bubnov M. I. Dynamics of the Siberian silkworm (Dendrolimus superans sibiricus Tschetv.) population in the Cheremkhovsky forestry : Mat-ly VI intern. Scientific and practical conference. 2017. P. 168–173.

4. Koltunov E. V. Ponomarev V. I., Fedorenko S. I. Ecology of the Unpaired Silkworm under Anthropogenic Impact. RAS. Ural Branch. Institute of Forest. Ekaterinburg : Ural Branch of RAS, 1998. 212 p.

5. Telegina O. S., Vibe E. P., Zalesov S. V. Dynamics of the state of Pine Forests stands and outbreaks of mass reproduction of Phytophagous Insects in the Burabay State National Nature Park: Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2014. No. 12 (122). P. 71–74.

Научная статья
УДК 630.233

# ОБ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *POPULUS* L. В ПРЕДЕЛАХ УФИМСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

**Любовь Сергеевна Кулагина[1], Андрей Алексеевич Кулагин[2]**
[1, 2] Нижневартовский государственный университет, Нижневартовск, Россия
[1] koolagina@yandex.ru
[2] kulagin-aa@mail.ru

***Аннотация.*** Статья содержит сведения о состоянии тополевых насаждений, развивающихся на территории промышленной и селитебной зон г. Уфы. Показано, что степень угнетения насаждений различных представителей р. *Populus* L. зависит от уровня техногенной и рекреационной нагрузки. Большинство исследованных древостоев отнесены к категории «ослабленных», что позволяет сделать заключение о необходимости планирования хозяйственных мероприятий с учетом текущего состояния растений.

***Ключевые слова:*** древесные растения, тополя, формула древостоя, таксационные показатели, состояние насаждений

***Финансирование***: исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда научно-технологического развития Югры в рамках научного проекта № 2025-604-04.

***Для цитирования:*** Кулагина Л. С., Кулагин А. А. Об оценке состояния представителей рода *Populus* L. в пределах Уфимского промышленного центра Республики Башкортостан // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of theinteraction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026 С. 104−112.

Original article

# ASSESSING THE STATE OF THE REPRESENTATIVES OF THE GENUS *POPULUS* L. WITHIN UFA INDUSTRIAL CENTER OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

**Lyubov S. Kulagina[1], Andrey A. Kulagin[2]**
[1, 2] Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia
[1] koolagina@yandex.ru
[2] kulagin-aa@mail.ru

© Кулагина Л. С., Кулагин А. А., 2026

***Abstract.*** This article provides information on the state of poplar plantations developing in the industrial and residential zones of Ufa. It is shown that the degree of decline in plantations of various representatives of the genus *Populus* L. depends on the level of anthropogenic and recreational pressure. Most of the researched plantations were classified as “weakened”, suggesting the need to plan management activities taking into account the current state of the plants.

***Keywords:*** woody plants, poplars, forest stand formula, taxation indicators, state plantations

***Funding***: the research was carried out with the financial support of the Ugra Scientific and Technological Development Fund within the framework of scientific project No. 2025-604-04.

***For citation:*** Kulagina L. S., Kulagin A. A. (2026) Ob ocenke sostoyaniya predstavitelej roda *Populus* L. v predelax Ufimskogo promyshlennogo centra Respubliki Bashkortostan [Assessing the state of the representatives of the genus *Populus* L. within Ufa industrial center of the republic of Bashkortostan]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026 P. 104–112. (In Russ).

Актуальность исследования на протяжении многих лет связана с формированием продуктивных многофункциональных лесных массивов, которые могли бы эффективно стабилизировать экологическую обстановку в регионах с интенсивной техногенной нагрузкой [1–6]. Исследователями Южного Урала основное внимание уделяется изучению местных древесно-кустарниковых пород. К числу таких видов-доминантов относятся сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), липа мелколистная (*Tilia cordata* L.), лиственница Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.), клен платановидный (*Acer platanoides* L.) и ель европейская (*Picea abies* L.). Кроме того, определенный научный интерес представляют и интродуцированные виды, например, туя западная (*Thúja occidentális* L.), орех маньчжурский (*Júglans mandshúrica* L.), конский каштан (*Aésculus hippocástanum* L.), клен татарский (*Ácer tatáricum* L.) и дуб красный (*Quércus rúbra* L.). В то же время виды, не играющие ведущей роли в урбанизированных экосистемах, часто оказываются за пределами научных изысканий либо изучаются фрагментарно в рамках более общих исследований. Мы полагаем, что даже при незначительной доле таких насаждений в общем зеленом фонде, мониторинг их витального статуса обладает научной и прикладной ценностью.

Целью настоящей работы является анализ таксационных показателей и оценка относительного жизненного состояния древостоев, в составе которых присутствуют представители рода *Populus* L. В фокусе исследования находятся следующие виды: тополь белый (*Populus alba* L.), тополь Максимовича (*Populus maximowiczii* L.), тополь башкирский пирамидальный

(*Populus* × *bashkirica 'Pyramidalis'*), тополь черный, или осокорь (*Populus nigra* L.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) и тополь дрожащий, или осина (*Populus tremula* L.). Указанные древостои расположены в границах Уфимского промышленного центра на территории Республики Башкортостан.

Для достижения поставленной цели предусматривается решение ряда задач:

1. Проведение экологического районирования территории Уфимского промышленного центра с выделением зон с различной антропогенной нагрузкой.
2. Дать подробную таксационную характеристику насаждений, сформированных различными видами тополей.
3. Проанализировать и оценить относительное жизненное состояние древесных насаждений рода *Populus* в специфических условиях промышленного центра Уфы.
4. Исследовать потенциал применения изученных видов тополей в практиках озеленения и благоустройства городских пространств.

Вектор развития современных мегаполисов все чаще смещается в сторону внедрения экологического подхода. Это выражается, в том числе в выводе промышленных объектов, за черту жилых массивов и в активном создании рекреационных зон, скверов и общественных пространств. Несмотря на реализацию ряда природоохранных программ, экологическая обстановка в Уфе продолжает оставаться напряженной. Основной причиной этого служит устойчиво высокий уровень загрязнения, источниками которого выступают как стационарные, так и передвижные источники (рисунок).

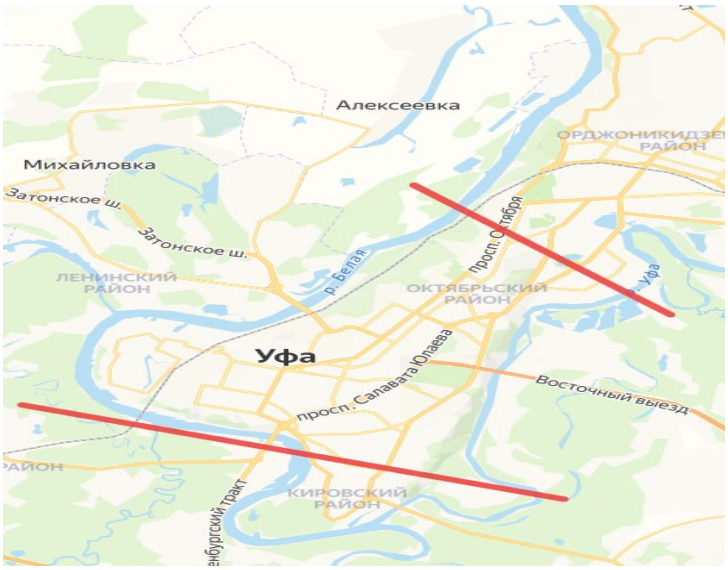



Схема г. Уфы с выделением функциональных зон: промышленной (I) и селитебной, или жилой (II). Зона III представляет собой пригородную территорию, условно свободную от значимых источников загрязнения (используется в качестве контрольного участка

Согласно официальной статистике, концентрация вредных примесей в атмосферном воздухе города не показывает положительной динамики (табл. 1). Ключевой вклад в формирование неблагоприятной среды вносят автомобильный транспорт, а также предприятия нефтехимического и химического комплексов, энергетики и машиностроения. При этом для Уфы приоритетными загрязнителями являются оксиды углерода, серы, азота, бенз(а)пирен, сероводород, различные углеводороды, а также твердые частицы (пыль и сажа) [7].

*Таблица 1*

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу г. Уфы (по данным Министерства природопользования и экологии Республики Башкортостан [7])

| Год | Общий объем выбросов, тыс. т/год | | |
|---|---|---|---|
| | всего: | в том числе от стационарных источников, тыс. т/год | в том числе от автомобильного транспорта, тыс. т/год |
| 2019 | 597,5 | 470,4 | 127,1 |
| 2020 | 559,3 | 441,3 | 118 |
| 2021 | 574,9 | 449,3 | 125,6 |
| 2022 | 562,5 | 432,5 | 130 |
| 2023 | 582,0 | 446,7 | 135,3 |

Для таксационной характеристики насаждений применялись общепринятые в лесоводстве методы [8, 9]. В ходе натурных исследований использовались: бинокль БПЦ 7×50, мерная вилка и высотомер Haglof (Швеция). Для количественной оценки состояния насаждений применялся метод определения относительного жизненного состояния (ОЖС), разработанный В. А. Алексеевым [10].

Сбор фактического материала осуществлялся в течение 2020–2025 гг. на пробных площадях [7, 8], заложенных в трех функциональных зонах Уфы: контрольной, промышленной и селитебной. Важно подчеркнуть, что изучаемые виды тополей обычно не формируют сомкнутых древостоев и часто встречаются в виде отдельных деревьев или небольших групп. В связи с этим для обеспечения репрезентативности данных для каждого вида было обследовано от 25 до 100 растений. Полученные таксационные показатели отражены в табл. 2–8.

*Таблица 2*

Формула древостоя и характеристика подроста тополевых* насаждений Уфимского промышленного центра

| Вид | Формула древостоя (подрост/подлесок) | | |
|---|---|---|---|
| | Промзона | Жилая зона | Контроль |
| Тополь белый (*Populus alba* L.) | 8Т1С1Б1 (клен, береза/рябина) | 9Т1Б | 7Т2Б1С+Д (липа, вяз, клен/рябина) |
| Тополь Максимовича (*Populus maximowizii* L.) | 8Б1Т1Кл (клен, береза, липа/рябина) | 7Б2Т1Лп | 9Б1Кл+Т (клен, береза, вяз/рябина) |
| Тополь башкирский (пирамидальный) (*Populus x bashkiriana piramidalis* L.) | 8Т1Б1Кл (вяз, липа, береза) | 9Т1Б | 9Т1Б (вяз, береза, сосна/рябина) |
| Тополь черный (Populus nigra L.) | 7Б2В1Т (клен, вяз, береза/рябина, чубушник) | 6Б2Т2С | 8Кл1Б1В1+Т (клен, вяз, береза/рябина, черемуха) |
| Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) | 8Т2С+Б (сосна, ель, клен, вяз, береза/ рябина, жимолость) | 9Т1Б+Лп | 9Т1Б+С (сосна, клен, вяз, береза/ рябина, яблоня) |
| Тополь дрожащий (*Populus tremula* L.) | 6Т3Б1Кл (клен, вяз, береза/рябина, черемуха) | 7Т3Б+Кл | 5Т3Б2Кл+В (клен, вяз, береза/рябина, черемуха, яблоня) |
| *Примечание*. * – в формуле древостоя «Т» обозначен соответствующий первому столбцу вид тополя. | | | |

*Таблица 3*

Таксационные показатели древостоев тополя белого (*Populus alba* L.) в условиях Уфимского промышленного центра

| Параметр | Промзона | Жилая зона | Контроль |
|---|---|---|---|
| Количество деревьев, шт./га | 52 (9) | 71 (11) | 67 (7) |
| Средний диаметр ствола, см | 50±3 | 52±6 | 50±4 |
| Средняя высота деревьев, м | 29±2 | 24±2 | 28±1 |
| Запас древесины, $м^3$/га | 7,2±0,6 | 6,9±0,5 | 7,1±0,8 |
| Сомкнутость крон | 0,7 | 0,5 | 0,7 |

*Таблица 4*

Таксационные показатели древостоев тополя Максимовича (*Populus maximowiczii* L.) в условиях Уфимского промышленного центра.

| Параметр | Промзона | Жилая зона | Контроль |
|---|---|---|---|
| Количество деревьев, шт./га | 44 (7) | 52 (8) | 69 (11) |
| Средний диаметр ствола, см | 48±6 | 46±4 | 48±6 |
| Средняя высота деревьев, м | 27±2 | 23±1 | 29±2 |
| Запас древесины, $м^3$/га | 5,6±0,4 | 5,2±0,6 | 6,4±0,5 |
| Сомкнутость крон | 0,7 | 0,4 | 0,8 |

*Таблица 5*

Таксационные показатели древостоев тополя башкирского (пирамидального) (*Populus* × *bashkiriana piramidalis* L.) в условиях Уфимского промышленного центра

| Параметр | Промзона | Жилая зона | Контроль |
|---|---|---|---|
| Количество деревьев, шт./га | 255 (38) | 192 (41) | 238 (23) |
| Средний диаметр ствола, см | 26±4 | 24±3 | 26±5 |
| Средняя высота деревьев, м | 24±2 | 21±1 | 24±1 |
| Запас древесины, $м^3$/га | 3,5±0,4 | 3,1±0,3 | 3,4±0,3 |
| Сомкнутость крон | 0,6 | 0,4 | 0,7 |

*Таблица 6*

Таксационные показатели древостоев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях Уфимского промышленного центра

| Параметр | Промзона | Жилая зона | Контроль |
|---|---|---|---|
| Количество деревьев, шт./га | 107 | 129 | 117 |
| Средний диаметр ствола, см | 56±5 | 54±4 | 56±7 |
| Средняя высота деревьев, м | 32±2 | 28±2 | 31±1 |
| Запас древесины, $м^3$/га | 7,8±0,6 | 6,4±0,7 | 7,6±0,5 |
| Сомкнутость крон | 0,6 | 0,5 | 0,7 |

*Таблица 7*

Таксационные показатели древостоев тополя черного (*Populus nigra* L.) в условиях Уфимского промышленного центра

| Параметр | Промзона | Жилая зона | Контроль |
|---|---|---|---|
| Количество деревьев, шт./га | 114 | 102 | 121 |
| Средний диаметр ствола, см | 46±4 | 44±3 | 48±5 |
| Средняя высота деревьев, м | 29±1 | 26±1 | 29±2 |
| Запас древесины, $м^3$/га | 4,8±0,3 | 3,9±0,5 | 5,2±0,3 |
| Сомкнутость крон | 0,7 | 0,4 | 0,8 |

*Таблица 8*

Таксационные показатели древостоев тополя дрожащего (*Populus tremula* L.) в условиях Уфимского промышленного центра

| Параметр | Промзона | Жилая зона | Контроль |
|---|---|---|---|
| Количество деревьев, шт./га | 201 | 159 | 188 |
| Средний диаметр ствола, см | 24±3 | 22±4 | 24±2 |
| Средняя высота деревьев, м | 21±2 | 20±1 | 22±1 |
| Запас древесины, $м^3$/га | 1,8±0,3 | 1,6±0,2 | 1,9±0,2 |
| Сомкнутость крон | 0,6 | 0,4 | 0,7 |

Анализ относительного жизненного состояния древостоев тополя демонстрирует статистически подтвержденное угнетение роста деревьев, обусловленное комплексным воздействием неблагоприятных экологических факторов урбанизированной среды. Результаты оценки витального статуса исследуемых насаждений приведены в табл. 9.

*Таблица 9*

Оценка относительного жизненного состояния (ОЖС, %) насаждений рода *Populus* на территории Уфимского промышленного центра [10]

| Вид | Промзона | Жилая зона | Контроль |
|---|---|---|---|
| Тополь белый (*Populus alba* L.) | 61,2 | 66,9 | 73,8 |
| Тополь Максимовича (*Populus maximowizii* L.) | 63,7 | 69,4 | 71,3 |
| Тополь башкирский (пирамидальный) (*Populus x bashkiriana piramidalis* L.) | 60,4 | 70,6 | 76,1 |
| Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) | 65,1 | 72,2 | **87,9** |
| Тополь черный (*Populus nigra* L.) | 68,1 | 77,8 | **84,7** |
| Тополь дрожащий (*Populus tremula* L.) | 68,8 | 74,1 | **82,6** |

*Примечание:* В таблице **жирным** шрифтом выделены значения, соответствующие категории «здоровые», полужирным – «ослабленные», курсивом – «сильно ослабленные» насаждения

В ходе исследования установлено, что сезонная обрезка крон в селитебной зоне (проводится для всех изучаемых пород) вносит коррективы в оценку их габитуальных параметров. В связи с этим показатели высоты и сомкнутости кроны не всегда объективно отражают реальное состояние деревьев. Примечательно, что в промышленной зоне таксационные характеристики тополей сопоставимы с аналогичными показателями в жилой и контрольной зонах. Данное наблюдение имеет важное практическое значение, поскольку именно интенсивность накопления биомассы и степень развития кроны непосредственно влияют на выполнение насаждениями их средостабилизирующих функций, таких как шумопоглощение и фильтрация воздушных загрязнений.

Проведенная оценка относительного жизненного состояния свидетельствует о выраженном угнетающем воздействии комплекса природных и антропогенных факторов на древесные растения. Снижение доли здоровых деревьев в насаждениях демонстрирует угнетение насаждений. Среди основных причин ухудшения состояния всех изучаемых видов тополей выделяются: снижение плотности кроны, повреждение листового аппарата (хлорозы и некрозы), а также образование морозобойных трещин на стволах. При этом серьезных патологий, таких как раковые заболевания, суховершинность, а также значительных повреждений фитопатогенами и насекомыми-вредителями зафиксировано не было.

Полученные результаты позволяют заключить, что, несмотря на признаки ослабления, представители рода *Populus* в условиях Уфимского промышленного центра демонстрируют удовлетворительную жизнеспособность. Быстрый темп роста, способность к интенсивному накоплению биомассы и высокие декоративные качества делают эти виды перспективными для использования в озеленении как промышленных, так и селитебных территорий. Однако при планировании мероприятий по озеленению обязательно следует учитывать недолговечность данных видов по сравнению с хвойными или другими лиственными породами.

*Список источников*

1. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде. Минск : Наука и техника, 1989. 208 с.

2. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / под ред. В. А. Алексеева. Л. : Наука, 1990. 200 с.

3. Коршиков И. И., Котов В. С., Михеенко И. П. Взаимодействия растений с техногенно-загрязненной средой. Стойкость. Фитоиндикация. Оптимизация. Киев : Наукова думка, 1995. 192 с.

4. Сергейчик С. А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде. Минск : Наука и техника, 1994. 280 с.

5. Кулагин А. Ю., Кагарманов И. Р., Блонская Л. Н. Тополя в Предуралье: дендроэкологическая характеристика и использование. Уфа : Гилем, 2000. 124 с.

6. Smith W.H. Air pollution and forest. Interaction between air contaminants and forest ecosystems. New York : Springer, 1981. 379 p.

7. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2023 году. Уфа : Самрау, 2024. 330 с.

8. Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. М. : Изд-во АН СССР, 1961. 227 с.

9. Анучин Н. П. Лесная таксация. М. : Гослесбумиздат, 1952. 532 с.

10. Алексеев В. А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л. : Наука, 1990. С. 38–54.

*References*

1. Getko N. V. Plants in the Technogenic Environment. Minsk : Science and technique, 1989. 208 p.

2. Forest ecosystems and atmospheric pollutions / ed. by V. A. Alekseev. L. : Science, 1990. 200 p.

3. Korshikov I. I., Kotov V. S., Mikheenko I. P., Interaction of Plants with Technogenically Polluted Environment. Resistance. Phytoindication. Optimization. Kiev : Scientific thought, 1995. 192 p.

4. Sergeichik S. A. Stability of woody plants in a technogenic Environment. Minsk : Science and technique, 1994. 280 p.

5. Kulagin A. Yu., Kagarmanov I. R., Blonskaya L. N. Poplars in the Cis-Urals: dendroecological characteristics and use. Ufa : Gilem, 2000. 124 p.

6. Smith W. H. Air pollution and forest. Interaction between air contaminants and forest ecosystems. New York : Springer, 1981. 379 p.

7. State Report on the state of natural resources and the environment of the republic of Bashkortostan in 2023. Ufa : Samrau, 2024. 330 p.

8. Sukachev V. N., Zonn S. V. Methodological guidelines for studying forest types]. M. : Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1961. 227 p.

9. Anuchin N. P. Forest Taxation. Moscow: Goslesbumizdat, 1952. 532 p.

10. Alekseev V. A. Some issues of diagnostics and classification of forest ecosystems damaged by pollution] // Forest ecosystems and atmospheric pollution. L. : Science, 1990. P. 38–54.

Научная статья
УДК 631.532/536

# РАЗМНОЖЕНИЕ КИЗИЛЬНИКА БЛЕСТЯЩЕГО

**Светлана Николаевна Луганская[1], Мария Денисовна Хайруллина[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] luganskayasn@m.usfeu.ru
[2] Saltifcovazanna@yandex.ru

***Аннотация.*** Кизильник блестящий − интродуцент, использующийся в озеленении Екатеринбурга. Эксперимент, проведенный в условиях лесного питомника «МСАУ Екатеринбургское лесничество» с укоренением зеленых и одревесневших черенков с использованием корневина и замачиванием в воде, позволил выявить оптимальный способ размножения. Лучший вариант укоренения черенков кизильника блестящего − одревесневшими черенками, замоченными в воде.

***Ключевые слова:*** кизильник блестящий, вегетативное размножение, корневин

***Для цитирования:*** Луганская С. Н., Хайруллина М. Д. Размножение кизильника блестящего // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 113–118.

Original article

# REPRODUCTION OF COTONEASTER LICIDUS

**Svetalana N. Luganskaya[1], Maria. D. Khairullina[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] luganskayasn@m.usfeu.ru
[2] Saltifcovazanna@yandex.ru

***Abstract.*** Cotoneaster licidus is an introduced species used in landscaping of Ekaterinburg. The experiment conducted in the conditions of the Forest Nursery “Ekaterinburg Forestry” rooting green and woody cuttings using 'Kornevin' and soaking in water revealed the optimal reproduction method. The best method of rooting Cotoneaster licidus cuttings is using woody cuttings soaked in water.

© Луганская С. Н., Хайруллина М. Д., 2026

***Keywords:*** Cotoneaster licidus, vegetative reproduction, 'Kornevin'
***For citation:*** Luganskaya S. N., Khairullina M. D. (2026) Razmnozhenie kizil'nika blestyashchego [Reproduction of Cotoneaster licidus]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii. [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 113–118. (In Russ).

Кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus Schltdl.)* − кустарниковое растение родом из Юго-Восточной Азии, произрастающее как в свободной форме, так и в виде формированных живых изгородей и топиарных фигур.

Кизильник блестящий − интродуцент, обладающий такими качествами, как декоративность, зимостойкость, регулярность прироста побегов, сохранение габитуса, хорошее вызревание побегов, активное побегообразование, способность к генеративному развитию, активно используется в озеленении [1]. Доля кизильника в уличных посадках Екатеринбурга на 2004 г. составила 6,5 %, что вполне оправдано его устойчивостью к городским условиям и сезонной декоративностью: темно-зеленый блестящий сверху лист летом, заменяется пурпуровым и формирует густую крону с многочисленными вкраплениями ярких плодов осенью [2]. Удачно натурализовавшись, кизильник занял не только городские объекты, но и, расселившись по лесам и лесопаркам при помощи птиц, участвует в формировании подлеска [3].

Отсутствие в Госреестре сортов кизильника блестящего отчасти показатель того, что использование окультуренного вида в значительной степени закрывает потребности озеленителей: малоуходность, декоративность, устойчивость к засухе, теневыносливость, устойчивость к частым стрижкам, устойчивость к городским условиям [4, 5].

Рост популярности кизильника привел к возрастанию потребности в качественном посадочном материале. Семенной способ размножения достаточно долгий и требует времени на проведение стратификации, которая сокращает период появления всходов на 3−6 месяцев [6]. Другим перспективным вариантом размножения является вегетативное. Так, при черенковании в более короткий срок возможно получать корнесобственные растения в промышленных масштабах [7].

Целью данной работы является поиск оптимального способа укоренения черенков кизильника блестящего в условиях лесного питомника МСАУ Екатеринбургское лесничество. В данном эксперименте изучали укореняемость одревесневших и зеленых черенков с использованием корневина и без него.

Одревесневшие черенки были нарезаны 11–15 января с верхушечных побегов. Длина черенка – от 5 до 8 см. Количество почек − от 3 до 6. Хранились в леднике при температуре от +1 до +5 °С. Перед посадкой половина черенков опудривалась корневином, другая часть − замачивалась в воде, что являлось контрольным вариантом. Всего использовано 200 черенков, из расчета 100 шт. с корневином и 100 шт. − контроль.

Посадка производилась в кассеты по 100 ячеек с объемом 0,085 л. Для заполнения готовилась почвосмесь из трех частей торфа, 0,5 песка, одной части перлита. Кассеты расставляли в теплице на геотекстиль по схеме 3 × 2 шт.

Зеленые черенки были нарезаны 9 июля. Размер черенка составил 5–8 см, с 3–6 почками на каждом. Верхний лист был обрезан на половину, нижние удалены полностью. Посадка выполнялась в тот же день идентично одревесневшим.

В теплице установлен автополив, осуществляемый с помощью туманообразующих установок пять раз в день по десять минут. Температура в период укоренения черенков составляла от 18 до 25 °С. Пять раз за сезон проводилась прополка одревесневших черенков и три раза зеленых.

Через два месяца для зеленых и три для одревесневших был произведен учет с пересадкой и дальнейшей оценкой приживаемости черенков, размеров листовой пластинки, длины корня и величины прироста. Данные приведены в таблице.

Результаты укоренения черенков кизильника блестящего

| Стимулятор | Зеленые черенки | | | | Одревесневшие черенки | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Процент приживаемости, % | Длина прироста, см | Длина корня, см | Площадь листа, $см^2$ | Процент приживаемости, % | Длина прироста, см | Длина корня, см | Площадь листа, $см^2$ |
| Корневин | 53 | 9 | 5,7 | 2,1 | 89 | 15,3 | 5,7 | 2,6 |
| Контроль | 64 | 8,5 | 4 | 2,1 | 72 | 13,8 | 4,6 | 3,2 |
| Общий процент приживаемости | 58,5 | | | | 80,5 | | | |

По материалам таблицы видно, что в данных условиях укореняемость одревесневших черенков выше (80,5 %), чем у зеленых (58,5 %). При этом укоренение зеленых черенков в контроле дало лучший результат, чем с применением корневина: 64 и 53 % соответственно. В опыте Г. А. Игнатовой корневин дал 50 % результата против контрольного 38 %. Разница резуль-

татов зависит от формы применения корневина: у Г. А. Игнатовой использовался раствор корневина 1г/1л, в данном эксперименте черенки опудривались перед посадкой. Выявлены различия в укореняемости в зависимости от места посадки черенков: вариант с холодным парником тоннельного типа дал меньший результат – 44 % против варианта в кассетах в теплице – 58,5 % [8]. В эксперименте с одревесневшими черенками лучший результат получен при использовании корневина – 89 % против контрольного (72 %) без него.

В процессе перевалки укорененных черенков выявлено положительное влияние корневина на длину корневой системы и осевого прироста, что обусловлено тем, что препарат корневин отвечает за активизацию деления клеток [9].

По результатам данного эксперимента можно сделать выводы:

1. Оптимальный вариант укоренения кизильника блестящего в условиях питомника МСАУ Екатеринбургское лесничество – использование одревесневших черенков.

2. Процент укоренения с применением корневина меньше, чем контрольный в обоих вариантах, что позволяет укоренять черенки без применения данного стимулятора в сложившихся условиях.

3. Длина корней и побегов в варианте с корневином больше, чем в контрольном варианте: у зеленых черенков прирост больше на 5,6 %; корень – на 29,8 %; у одревесневших черенков прирост на 9,9 % больше, корень – на 19,3 %.

4. Использование для укоренения кассет оказалось более результативным, чем без них.

5. Применение одревесневших черенков обеспечивает к окончанию сезона большую степень развития растений по всем изученным параметрам даже без использования стимулятора корнеобразования.

*Список источников*

1. Шунькин А. Б., Бунькова Н. П. Оценка перспективности и видовой состав интродуцированных видов в лесных парках Екатеринбурга = Assessment of the prospects and species composition of introduced species in the forest parks of the city of Ekaterinburg // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2024. С. 439–442.

2. Аксенов Е. С., Аксенова Н. А. Декоративные садовые растения. Изд. 2-е. М. : АСТ, 2000. 556 с.

3. Тишкина Е. А., Семкина Л. А., Шевелина И. В. Расширение ареала Cotoneaster lucidus Schlecht. в лесопарках г. Екатеринбурга // Лесной журнал. 2022. №5. С. 73–82.

4. Государственная Комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия») // Госсорткомиссия : [сайт]. URL: https://gossortrf.ru/registry/ (дата обращения: 29.04.2025).

5. Трусов Н. А. Кизильник блестящий // Большая российская энциклопедия : научно-образовательный портал. URL: https://bigenc.ru/c/kizil-nik-blestiashchii-291573/?v=5631524 (дата обращения: 29.04.2025).

6. Кожевников А. П., Шипицина Н. В., Кондратова Е. Б. Кустарники-интродуценты в озеленительных посадках населенных пунктов Свердловской области // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 2(81). С. 36–43. DOI 10.51318/FRET.2022.27.36.005. EDN KVGJFC.

7. Особенности семенного размножения кизильников // Сибирский оазис : [сайт]. URL: https://www.sibirskiy-oazis.ru/ (дата обращения: 03.05.2025).

8. Тимошина Д. А. Размножение Кизильника блестящего зеленым черенкованием в условиях города Брянска // Актуальные вопросы техники, науки, технологии : Сборник научных трудов национальной конференции, посвященной 90-летию Брянского государственного инженерно-технологического университета, Брянск, 09–13 февраля 2021 года. Брянск : Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2021. С. 139–140. EDN TNBLGS.

9. Игнатова Г. А. Применение активаторов роста для укоренения декоративных культур // Вестник ОрелГАУ. 2018. № 3 (72). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-aktivatorov-rosta-dlya-ukoreneniya-dekorativnyh-kultur (дата обращения: 01.05.2025).

10. Парницкая Л. Ю., Острошенко В. Ю., Острошенко В. В. Влияние стимулятора корневин на укоренение закрытых черенков туи западной (THUJA OCCIDENTALIS L.) в открытом грунте // Аграрный вестник Приморья. 2019. № 2. С. 44–48.

*References*

1. Shunkin A. B., Bunkova N. P. Assessment of the prospects and species composition of introduced species in the forest parks of the city Yekaterinburg // Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XX All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2024. P. 439–442.

2. Aksenov E. S., Aksenova N. A. Decorative Garden Plants. 2nd ed. M. : AST, 2000. 556 p.

3. Tishkina E. A., Semkina L. A., Shevelina I. V. Expansion of the range of Cotoneaster lucidus Schlecht. in Urban Parklands of Ekaterinburg // Forest Journal. 2022. No. 5. P. 73–82.

4. State Commission of the Russian Federation on Testing and Protection of Plant Varieties (FSBI “State Sort Commission”) // GosSortCommission : [website]. URL: https://gossortrf.ru/registry (date of accessed: 29.04.2025).

5. Trusov N. A. Cotoneaster Lucidus // Great Russian Encyclopedia : Educational Portal : [website]. URL: https://bigenc.ru/c/kizil-nik-blestiashchii-291573/?v=5631524 (date of accessed 10.01.2026).

6. Kozhevnikov A. P., Shipitsyna N. V., Kondratova E. B. Shrub introduces in landscape plantings of settlements in Sverdlovsk Region // Forests of Russia and economy of them. 2022. No. 2 (81). P. 36–43. DOI 10.51318/FRET.2022.27.36.005. EDN KVGJFC.

7. Features of Seed Propagation of Cotoneasters // Siberian Oasis : [website]. URL: https://www.sibirskiy-oazis.ru (date of accessed: 03.05.2025).

8. Timoshina D. A. Green cutting propagation of Cotoneaster Lucidus in Bryansk City conditions // Current Issues of Technology, Science, Engineering: Collection of Research Papers of a National Conference Dedicated to the 90th Anniversary of Bryansk State Engineering and Technological University, February 9–13, 2021. Bryansk : Bryansk State Engineering and Technological University, 2021. P. 139–140. EDN TNBLGS.

9. Ignatova G. A. Application of growth activators for rooting of Ornamental Cultures // Bulletin of OrelSAU. 2018. No. 3 (72). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-aktivatorov-rosta-dlya-ukoreneniya-dekorativnyh-kultur (date of accessed: 01.05.2025).

10. Parnitskaya L. Yu., Ostroshenko V. Yu., Ostroshenko V. V. Nfluence of the rooting stimulator Kornevin on the rooting of closed cuttings of Western Thuja (*Thuja occidentalis* L.) in Open Ground // Agricultural bulletin of Primorye. 2019. No. 2. P. 44–48.

Научная статья
УДК 634.739.2

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СОРТОВ КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

**Сергей Сергеевич Макаров[1], Андрей Владимирович Савин[2], Артем Олегович Сахаров[3]**
[1] Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия
[2, 3] Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия
[1] makarov_serg44@mail.ru
[2] savinandrey20061@yandex.ru
[3] artemsakharov8@gmail.com

***Аннотация.*** В статье приведены результаты сравнительного анализа имеющихся доступных сведений о морфологических особенностях девяти сортов клюквы болотной (*Vaccinium oxycoccos* L.) российской селекции. Приведена характеристика стебля, листьев, цветков, плодов. Определены перспективы использования российских сортов клюквы в садоводстве.

***Ключевые слова:*** клюква, *Vaccinium,* ягодные растения, сорт, селекция, морфологические признаки

***Для цитирования:*** Макаров С. С., Савин А. В., Сахаров А. О. Сравнительная характеристика морфологических признаков сортов клюквы болотной российской селекции // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 119–123.

Original article

# COMPARATIVE CHARACTERIZATION OF MORPHOLOGICAL CHARACTERS OF RUSSIAN-SELECTED MOORBERRY VERIETIES

**Sergey S. Makarov[1], Andrey V. Savin[2], Artyom O. Sakharov[3]**
[1] Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia
[2, 3] Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

© Макаров С. С., Савин А. В., Сахаров А. О., 2026

[1] makarov_serg44@mail.ru
[2] savinandrey20061@yandex.ru
[3] artemsakharov8@gmail.com

***Abstract.*** The results of a comparative analysis of the available data about morphological characteristics of 9 Russian-selected moorberry (*Vaccinium oxycoccos* L.) varieties. The characteristics of the stem, leaves, flowers, and fruits are presented. The prospects of using Russian cranberry varieties in horticulture are determined.

***Keywords:*** cranberry, Vaccinium, berry plants, variety, selection, morphological characters

***For citation:*** Makarov S. S., Savin A. V., Sakharov A. O. (2026) Sravnitelnaya kharakteristika morfologicheskikh priznakov sortov klyukvy bolotnoy rossiyskoy selektsii [Comparative characterization of morphological characters of Russian-selected moorberry verieties]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 119–123. (In Russ).

Клюква является ценной ягодной культурой, представляющей значительный интерес для пищевой и фармакологической промышленности. Высокое содержание биоактивных соединений обусловливает ее мощные антиоксидантные и противовоспалительные свойства. В условиях растущего спроса аграрного сектора на высокопродуктивные сорта, обладающие высокой адаптивной способностью и устойчивые к внешним факторам среды (в т. ч. в суровых почвенно-климатическим условиях северных регионов), выращивание клюквы в России является достаточно перспективным направлением ягодоводства [1–3].

Промышленное выращивание клюквы в мире базируется на сортах клюквы крупноплодной (*Vaccinium macrocarpon* Ait.), преимущественно североамериканской селекции, которые требуют интенсивной агротехники и создания специфических условий выращивания, что может быть весьма затруднительно в районах с нехарактерными для данного вида природно-климатическими характеристиками [2, 3]. В свою очередь существующие сорта клюквы болотной (*Vaccinium oxycoccos* L.) российской селекции обладают высокой зимостойкостью, характеризуются более высокой концентрацией биологически активных веществ в плодах и лучше приспособлены к возделыванию в условиях Средней полосы России, а также в зоне рискованного земледелия (северные регионы). Оригинатором существующих российских сортов клюквы болотной является Центральноевропейская (ранее – Костромская) лесная опытная станция ВНИИЛМ. С 1990-х гг. по

настоящее время зарегистрировано девять сортов: Дар Костромы, Краса Севера, Северянка, Сазоновская, Соминская, Хотавецкая, Алая Заповедная, Фомич и Вогулка [4, 5].

Для оценки перспективности выращивания в определенных условиях данных сортов необходима первичная сравнительная оценка их хозяйственно-ценных признаков по имеющимся данным, включая морфометрические показатели, урожайность, биохимический состав плодов.

Сравнительная характеристика сортов клюквы болотной отечественной селекции представлена в табл. 1.

По **сроку созревания** подавляющее большинство отечественных сортов клюквы болотной (Дар Костромы, Северянка, Сазоновская, Соминская, Хотавецкая, Вогулка) относятся к среднеспелым. Сорта Краса Севера и Алая Заповедная характеризуются как позднеспелые, в то время как Фомич выделяется как раннеспелый [4].

Все сорта имеют стелющиеся побеги бурой окраски, неопушенные, матовые [4]. **Морфология листовой пластинки среди сортов** демонстрирует значительное разнообразие: по форме листья широколанцетные (Дар Костромы, Сазоновская, Вогулка), яйцевидные (Краса Севера, Фомич), удлиненно-овальные с заостренным концом (Северянка) и яйцевидно-ланцетные (Соминская, Хотавецкая, Алая Заповедная). У сортов Дар Костромы и Алая Заповедная отмечена особенность в виде завернутого края листовой пластинки. Окраска листьев у всех сортов зеленая.

Все сорта имеют **цветки средних размеров** (за исключением более крупных у сорта Дар Костромы) с бледно-розовой окраской венчика. Для большинства сортов (Алая Заповедная, Вогулка, Дар Костромы, Сазоновская, Северянка, Фомич) характерна темно-красная **окраска плодов**, для сортов Соминская и Хотавецкая – красная, для сорта Краса Севера – розовая окраска. **Форма плодов** варьирует от округлой (Вогулка, Северянка) и округло-овальной (Алая Заповедная, Дар Костромы, Краса Севера, Фомич) до более специфических: грушевидной с вытянутым концом у сорта Соминская, от кругло-сплюснутой до округло-овальной с ребристой поверхностью у сорта Сазоновская [4].

Показатель средней массы плодов среди сорта клюквы болотной варьирует от 0,73 г до 1,9 г. Наибольшие значения средней массы плодов (1,9 г) характерны для сортов Дар Костромы и Фомич, немного меньшие (1,5–1,6 г) – для сортов Вогулка и Краса Севера. Более низкие значения средней массы плодов (от 0,8 г до 1,1 г) имеют сорта Алая Заповедная, Северянка, Соминская и Хотавецкая, а наименьшее значение (0,73 г) – сорта Сазоновская [4].

Результаты анализа имеющихся сведений о сортах клюквы болотной российской селекции указывают на их высокий потенциал в отношении хозяйственной ценности, декоративных качеств и, как следствие, рыночной

привлекательности как для получения ягодной продукции, так и для декоративного садоводства. Сравнительная оценка сортов клюквы болотной по хозяйственно-ценным признакам может являться базой для правильного выбора конкретных направлений их использования и зон возделывания, а также разработки оптимальных технологий их выращивания и использования. Существующие результаты научных исследований по клональному микроразмножению клюквы болотной [2; 5–10] позволяют говорить о перспективах массового размножения сортов российской селекции в промышленных масштабах и внедрения их в ягодное производство в различных хозяйствах страны (преимущественно в северных и центральных регионах).

*Список источников*

1. Залесов С. В., Годовалов Г. А., Коростелев А. С. Недревесная продукция леса. Изд. 4-е, пер. и доп. М. : Юрайт, 2019. 351 с.

2. Теория и практика размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений Rubus arcticus L., Oxycoccus palustris Pers. и Vaccinium angustifolium Ait. / С. С. Макаров, В. С. Виноградова, Г. В. Тяк, Н. А. Бабич. Караваево : Костромская ГСХА, 2021. 394 с.

3. Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений / С. С. Макаров, М. Т. Упадышев, Р. С. Хамитов [и др.]. М. : Колос-с, 2023. 152 с.

4. Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений : [сайт]. URL: https://gossortrf.ru/ (дата обращения: 10.09.2025).

5. Коренев И. А., Тяк Г. В., Макаров С. С. Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения (*in vitro*) // Лесохозяйственная информация. 2019. № 3. С. 180–189.

6. Влияние освещения на ризогенез ягодных растений при клональном микроразмножении / С. С. Макаров, С. А. Родин, И. Б. Кузнецова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51, № 3. С. 520–528.

7. Особенности клонального микроразмножения клюквы болотной (Oxycoccus palustris Pers.) / С. С. Макаров, И. Б. Кузнецова, М. Т. Упадышев [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51, № 1. С. 67–76.

8. Повышение эффективности многоцелевого лесопользования на выработанных торфяниках / С. С. Макаров, И. Б. Кузнецова, А. В. Заушинцена [и др.] // ИВУЗ. Лесной журнал. 2022. № 3. С. 91–102.

9. Применение освещения различного спектрального диапазона при клональном микроразмножении лесных ягодных растений / С. С. Макаров, М. Т. Упадышев, И. Б. Кузнецова [и др.] // ИВУЗ. Лесной журнал. 2022. № 6. С. 82–93.

10. Создание биоресурсной коллекции ягодных растений на базе РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева / С. С. Макаров, А. И. Чудецкий, А. Н. Сахоненко [и др.] // Тимирязевский биологический журнал. 2023. № 4. С. 23–33.

*References*

1. Zalesov S. V., Godovalov G. A., Korostelev A. S. Non-timber forest products. 4th ed. M. : Urait, 2019. 351 p.

2. Theory and practice of reproduction and plantation cultivation of forest berry plants Rubus arcticus L., Oxycoccus palustris Reg. and Vaccinium angustifolium Ait. / S. S. Makarov, V. S. Vinogradova, G. V. Tyak, N. A. Babich. Karavaevo : Kostroma State Agricultural Academy Publ., 2021. 394 p.

3. Prospects for industrial cultivation and biotechnological methods of reproduction of forest berry plants / S. S. Makarov, M. T. Upadyshev, R. S. Khamitov [et al.]. M. : Kolos-s, 2023. 152 p.

4. The State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements : [website]. URL: https://gossortrf.ru/ (date of accessed: 10.09.2025).

5. Korenev I. A., Tyak G. V., Makarov S. S. Creation of new cultivaras of forest berry plants and prospects for its intensive reproduction (*in vitro*) // Forestry Information. 2019. No. 3. P. 180–189.

6. The influence of lighting on the rhizogenesis of berry plants during clonal micropropagation / S. S. Makarov, S. A. Rodin, I. B. Kuznetsova [et al.] // Food Processing: Techniques and Technology. 2021. Vol. 51, No. 3. P. 520–528.

7. Features of clonal micropropagation of European cranberry (Oxycoccus palustris Pers.) / S. S. Makarov, I. B. Kuznetsova, M. T. Upadyshev [et al.] // Food Processing: Techniques and Technology. 2021. Vol. 51, No. 1. P. 67–76.

8. Improving the effectiveness of multipurpose forest management on depleted peat bogs / S. S. Makarov, I. B. Kuznetsova, A.V. Zaushintsena [et al.] // Russian Forestry Journal. 2022. No. 3. P. 91–102.

9. Application of illumination of various spectral ranges in clonal micropropagation of forest berry plants / S. S. Makarov, M. T. Upadyshev, I. B. Kuznetsova [et al.] // Russian Forestry Journal. 2022. No. 6. P. 82–93.

10. Creation of a bioresource collection of berry plants on the basis of the Russian Timiryazev State Agricultural Academy / S. S. Makarov, A. I. Chudetsky, A. N. Sakhonenko [et al.] // Timiryazev Biological Journal. 2023. No. 4. P. 23–33.

Научная статья
УДК 630.568

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕПЕННЫХ (АЛЛОМЕТРИЧЕСКИХ) ФУНКЦИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУРНЫХ ЧАСТЕЙ ФИТОМАССЫ СОСНЫ СИБИРСКОЙ (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ПРОИЗРОСТАНИЯ ГОРНОГО ХРЕБТА КУТУРЧИНСКОГО БЕЛОГОРЬЯ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

**Павел Александрович Моисеев[1], Ольга Алексеевна Громова[2], Антон Максимович Громов[3]**
[1–3] Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
[2, 3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] moiseev@ipae.uran.ru
[2] gromova_oa@ipae.uran.ru
[3] heytonny@yandex.ru

***Аннотация.*** В статье представлены результаты исследования зависимостей степенных (аллометрических) функций при изучении фитомассы сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в пределах высотной поясности хребта Кутурчинского Белогорья в Красноярском крае. Разработанные уравнения рекомендуется применять для определения запасов фитомассы древостоев.

***Ключевые слова:*** фракция фитомассы, Сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour), структурная часть, Восточный Саян, степенное (аллометрическое) уровнение

***Благодарности:*** работа выполнена при поддержке гранта РНФ 24-14-00206.

***Для цитирования:*** Моисеев П. А., Громова О. А., Громов А. М. Использование степенных (аллометрических) функций при изучении структурных частей фитомассы сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) на верхнем пределе произрастания горного хребта Кутурчинского Белогорья (Красноярский край) // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 124−128.

© Моисеев П. А., Громова О. А., Громов А. М., 2026

Original article

# USING POWER (ALLOMETRIC) FUNCTIONS IN THE INVESTIGATION OF THE STRUCTURAL PARTS OF THE PHYTOMASS OF THE SIBERIAN PINE (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) AT THE UPPER GROWTH LIMIT IN THE KUTURCHINSKY BELOGORIE MOUNTAIN RIDGE (KRASNOYARSKY REGION)

**Pavel A. Moiseev[1], Olga A. Gromova[2], Anton M. Gromov[3]**
[1–3] Institute of Plant and Animal Ecology Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia.
[2, 3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia.
[1] moiseev@ipae.uran.ru
[2] gromova_oa@ipae.uran.ru
[3] heytonny@yandex.ru

***Abstract.*** The article presents the results of a research of the dependences of polyomial (allometric) functions relationships for the phytomass of Siberian Pine (*Pinus sibirica* Du Tour) within the altitude zone of the Kuturchinsky Belogorie ridge in the Krasnoyarsk region. The developed equations are recommended to be used to determine the phytomass reserves of forest stands.

***Keywords:*** phytomass fraction, Siberian pine (Pinus sibirica Du Tour), structural component, Eastern Sayan, polyomial (allometric) equation

***Acknowledgments:*** the work was supported by the grant of the Russian Science Foundation 24-14-00206.

***For citation:*** Moiseev P. A., Gromova O. A., Gromov A. M. (2026) Ispol'zovanie stepennyx (allometricheskix) funkcij pri izuchenii strukturnyx chastej fitomassy (Pinus sibirica Du Tour) na verxnem predele proizrastaniya gornogo xrebta Kuturchinskogo Belogor'ya (Krasnoyarskij kraj) [Using power (allometric) functions in the investigation of the structural parts of phytomass (*Pinus sibirica* Du Tour) at the upper limit of growth in the Kuturchinsky Belogorye mountain ridge (Krasnoyarsk region)]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 124–128. (In Russ).

Лес – географический феномен. Географическая природа леса проявляется в его глобальном разнообразии. Это разнообразие в видовом составе, хозяйственных показателях и экологических функциях обусловлено различиями в условиях произрастания. В условиях глобального

изменения климата появился растущий интерес исследователей к оценке реакции лесов на данный феномен. Особый интерес сосредоточен на экосистемах высоких широт и высокогорий, поскольку именно они выступают индикаторами климатических изменений.

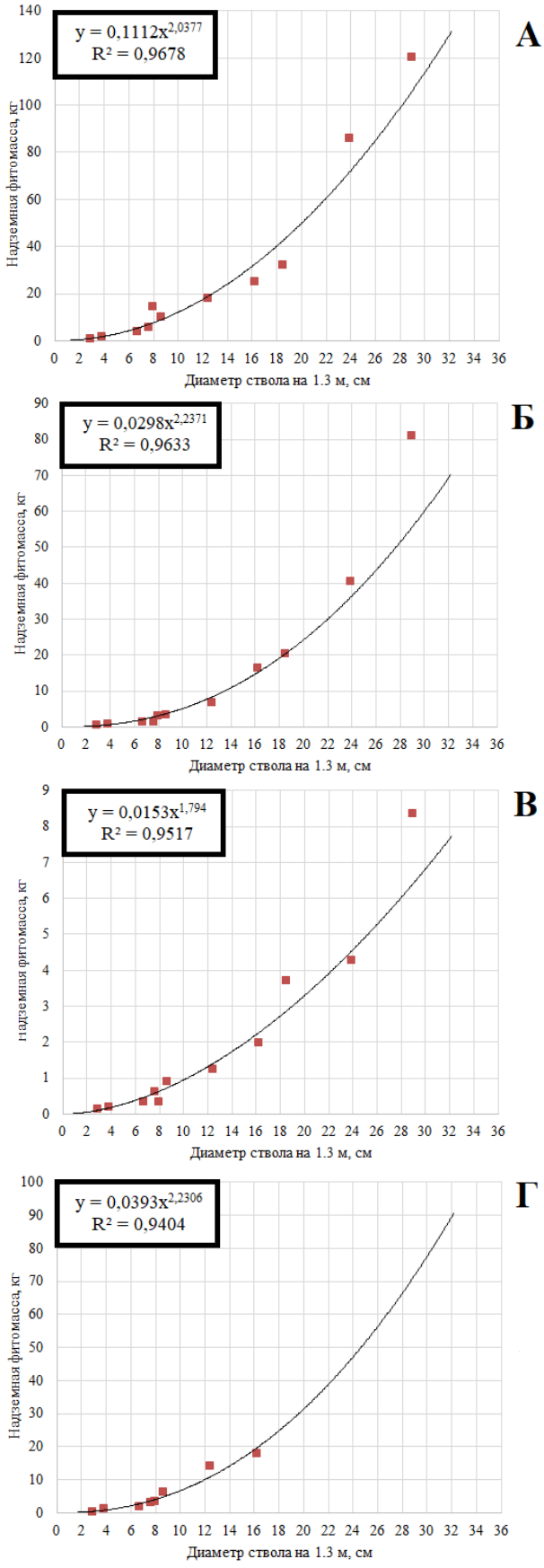
Целью исследования является оценка особенностей формирования фитомассы деревьев сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) на основе изучения характера зависимости отдельных ее фракций от диаметра на высоте груди путем расчета графических функций, и дальнейший перевод на площадные характеристики.

Район исследований находится в пределах Алтае-Саянского горно-таежного района. Гора Баян (54°42'22"С.Ш. 94°36'17"В.Д) входит в горный хребет Кутурчинское Белогорье, протяженность которого составляет 80 км. Высота над уровнем моря – 1850 м [1].

В рамках экспедиции 2024 г. на северном и южном склонах были заложены высотные профили. По методологически-обоснованной методике закладки пробных площадей по высотным уровням оба склона были забиты на высотные уровни. Тем самым было зафиксировано два профиля. На каждом уровне закладывались круговые пробные площади, которые в последующем были описаны традиционными таксационными методиками. Фитомасса деревьев по фракциям устанавливалась в соответствии с требованиями известных методических указаний [2].

Основным требованием к факторам для изучения фитомассы древостоев является сочетание простоты их измерения в полевых условиях и высокой точности. Наиболее точно этим критериям отвечают два морфометрических показателя: диаметр на высоте груди и высота дерева. По этой причине данные показатели, как по отдельности, так и в виде комбинированного показателя $D^2H$, стали стандартом в подобных исследованиях [3].

Графики показывают, что по мере увеличения диаметра на высоте груди происходит закономерное увеличение фитомассы. Данные функции являются основополагающими переменными для изучения формирования древостоя. Именно степенные (аллометрические) функции наиболее подходят для математического статистического описания (рисунок).




Зависимости фракций деревьев от их диаметра: *А* – массы стволов, *Б* – массы ветвей, *В* – массы хвои, *Г* – массы корней

Полученные графики еще раз подтверждают нелинейную зависимость показателей. Высокие коэффициенты детерминации подтверждают правильность подбора степенной (аллометрической) функции. На всех представленных графиках характер рассеивания точек нивелируется их постепенным выравниванием. Это объясняется правильностью проведения эксперимента путем точного соблюдения методики сбора научного материала. Стоит отметить, что путем логарифмирования аллометрической функции ее можно привести к линейному виду.

*Список источников*

1. Громов А. М., Балакин Д. С., Моисеев П. А. Фитомасса древостоев на верхнем пределе их произрастания на хребте Кутурчинское Белогорье (Восточный Саян) // Труды Тигирекского заповедника. 2025. Т. 1, № S1. С. 31–32.

2. Пулы углерода в экосистемах верхней границы леса в России / П. А. Моисеев, А. А. Григорьев, И. Н. Коркина [и др.] // Горные экосистемы и их компоненты : материалы IX Всероссийской конференции с международным участием. Нальчик : Институт экологии горных территорий им. А. К. Темботова РАН, 2024. С. 10–11.

3. Нагимов З. Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев : дис. … д-ра с.-х. наук / Нагимов Зуфар Ягфарович. Екатеринбург : УГЛТА, 2000. 577 с.

*References*

1. Gromov A. M., Balakin D. S., Moiseev P. A. Phytomass of forest stands at the upper limit of their growth on the Kuturchinskoe Belogorye ridge (Eastern Sayan) // Proceedings of the Tigirek Reserve. 2025. Vol. 1, No. S1. P. 31–32.

2. Carbon pools in ecosystems of the upper forest boundary in Russia / P. A. Moiseev, A. A. Grigoriev, I. N. Korkina [et al.] // Mountain ecosystems and their components : Proceedings of the IX All-Russian Conference with international. Nalchik : Tembotov Institute of Ecology of Mountainous Territories of the Russian Academy of Sciences, 2024. P. 10–11.

3. Nagimov Z. Ya. Patterns of growth and formation of aboveground phytomass of pine stands : dissertation ... Doctor of Agricultural Sciences / Nagimov Zufar Yagfarovich. Ekaterinburg, 2000. 577 p.

Научная статья
УДК 630.53

# ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

**Ирина Олеговна Николаева**
Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия
nikolaevaio@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** Изучение развития и изменений сосновых молодняков, выявило ключевую роль микроклимата в формировании древостоев. Условия, в которых начинает формироваться молодое поколение деревьев сосны (под пологом материнского древостоя, на опушках или вырубках), существенно влияют на начальную структуру и состояние молодняков. Эти особенности определяют, как лес будет развиваться с возрастом.

***Ключевые слова:*** формирование молодняков, дифференциация, возрастная динамика, редукционные числа, рост древостоев

***Для цитирования:*** Николаева И. О. Возрастная динамика структуры сосновых молодняков Среднего Урала // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 129−134.

Original article

# AGE DYNAMICS OF THE STRUCTURE OF YOUNG PINE FORESTS IN THE MIDDLE URALS

**Irina O. Nikolaeva**
Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
nikolaevaio@m.usfeu.ru

***Abstract.*** The study of the development and changes of young pine forests revealed the key role of the microclimate in the formation of forest stands. The conditions in which the young generation of pine trees begins to form (under the canopy of the parent forest stand, on the edges or clearings) significantly influence

© Николаева И. О., 2026

the initial structure and condition of the young forests. These features determine how the forest will develop with age.

***Keywords:*** young forest formation, differentiation, age dynamics, reduction numbers, stands growth

***For citation:*** Nikolaeva I. O. (2026) Vozrastnaya dinamika struktury sosnovykh molodnyakov Srednego Urala [Age dynamics of the structure of young pine forests in the Middle Urals]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 129–134. (In Russ).

При оценке роста и продуктивности лесов важно учитывать не только текущие размеры деревьев, но и их изначальное строение, а также изменения, произошедшие в процессе роста и естественного отмирания деревьев. Для понимания внутренних процессов развития молодняков (эндогенной дифференциации) необходимо анализировать, как меняются характеристики отдельных деревьев с возрастом.

Структура и возрастная динамика молодых сосновых древостоев существенно отличаются от лесных насаждений старшего возраста [1], что обуславливает необходимость их комплексного изучения. Понимание характеристик молодых насаждений критично для прогнозирования формирования и продуктивности спелых древостоев. В связи с чем необходимо более полное изучение молодняков как объектов, представленных различными сочетаниями как структуры, так и состояния.

Исследование влияния эколого-биологических факторов, оказывающих воздействие на саморазвитие популяций деревьев (такие как рост, дифференциация и самоизреживание), остаются недостаточно изученными. Недостаточно изучен сам процесс дифференциации при развитии особей в лесном насаждении. Существующие научные публикации, как правило, ограничиваются лишь общим упоминанием о разделении деревьев в условиях совместного произрастания на различные классы роста [2, 3]. Существенным недостатком при исследовании процессов дифференциации является недостаточное применение количественных методов анализа процессов роста особей в условиях совместного произрастания.

Оценка процессов дифференциации деревьев в лесном насаждении проведена в сосновых молодняках Уральского учебно-опытного лесхоза УГЛТУ. Исследуемые участки молодняков располагались под пологом материнского древостоя, на полуоткрытых пространствах (опушках) и на вырубках сосновых древостоев различных типов леса.

На двадцати специально выделенных участках первоначально в 2010 г. и повторно в 2025 г. проводились наблюдения, в ходе которых были измерены одни и те же деревья в возрасте 5–8 и 20–23 лет, чтобы отследить их развитие.

Для того чтобы понять, как деревья растут и отличаются друг от друга, применялись статистические методы анализа распределения деревьев и колебаний их размеров. А для изучения структуры лесных насаждений использовались специальные подходы, основанные на процентном распределении деревьев по различным характеристикам и анализе этих характеристик по их рангу [4].

При простом сопоставлении данных ранжирования деревьев нельзя судить об успехе роста и продуктивности лесных насаждений [5]. Дело в том, что эти показатели сами по себе не отражают всей картины. Для получения достоверной картины необходимо анализировать не только текущие данные, но и исходную структуру насаждения, а также внимательно следить за состоянием молодняков и их динамикой на протяжении времени. Важно знать, какими были насаждения изначально, в каком состоянии находятся молодые деревья (молодняки) и как это состояние меняется с течением времени. Без этой информации, без понимания исходных условий и динамики развития, мы не сможем получить ответы на ключевые вопросы, касающиеся роста и продуктивности древостоев.

С возрастом деревьев наблюдается тенденция к снижению изменчивости их диаметров [6]. Это связано с тем, что более взрослые деревья демонстрируют более устойчивый и пропорциональный рост как по высоте, так и по диаметру, даже при одинаковом их количестве.

Снижение изменчивости объясняется рядом взаимосвязанных процессов, разворачивающихся в динамично развивающемся лесном сообществе. На начальных этапах роста молодняка, когда конкуренция за ресурсы (свет, питательные вещества, воду) наиболее остра, наблюдается значительная дифференциация особей [7]. Деревья, изначально обладающие более благоприятными генетическими характеристиками или оказавшиеся в более выгодных условиях произрастания, получают преимущество в росте, подавляя развитие менее удачливых конкурентов. Это приводит к формированию широкого диапазона диаметров стволов и, соответственно, к более высокой изменчивости данного показателя.

С возрастом естественный отбор и процессы самоизреживания приводят к элиминации слабых и угнетенных деревьев. Оставшиеся особи, прошедшие жесткий отбор, демонстрируют более устойчивый и сбалансированный рост [8]. Они обладают более развитой корневой системой, обеспечивающей стабильное поступление питательных веществ, и более эффективным фотосинтетическим аппаратом, позволяющим максимально использовать доступный свет. В результате рост в высоту и по диаметру становится более пропорциональным и равномерным.

Снижение показателей формы распределений, таких как асимметрия и эксцесс, свидетельствует о том, что распределение диаметров смещается в сторону более симметричного и нормального вида. Это отражает тенденцию к выравниванию условий роста и уменьшению различий между отдельными деревьями.

В силу вышеуказанных процессов, с повышением возраста сосновых молодняков наблюдается тенденция к преобладанию обычного для распределения деревьев максимума числа деревьев, сначала по диаметру, а затем и по высоте. Это означает, что в общей массе деревьев начинают доминировать особи, приближающиеся к средним значениям по этим показателям, а количество деревьев с экстремально малыми или большими значениями уменьшается. Иными словами, кривая распределения становится более пологой и симметричной, отражая стабилизацию процесса роста и уменьшение индивидуальных различий между деревьями.

Анализ исследованных вариантов сосновых молодняков выявил существенные различия в рядах распределения и вариацией расположения максимумов числа деревьев как по диаметру, так и по высоте. Наблюдаемые различия по обоим признакам, как совместно, так и по каждому в отдельности, позволяют говорить о формировании различных структур молодняков, сформировавшихся под пологом материнского древостоя, полуоткрытых пространствах (опушках) и вырубках.

Сосновые молодняки, формирующиеся в разных условиях местопроизрастания, связывает общий тренд по распределению максимального количества совместно произрастающих особей в лесном насаждении в возрасте 5–8 лет смещенными в область меньших диаметров, по мере взросления происходит перераспределение максимума деревьев в область меньших высот. Необходимо отметить о различиях в изменчивости диаметров и высот деревьев в молодняках. Изменчивость диаметров совместно произрастающих особей сосны в молодняках превышает вариативность значений высот в 1,5–2 раза, что свидетельствует о большей чувствительности ростовых процессов по диаметру к различным условиям конкуренции и окружающей природной среды.

Для оценки изменчивости совместно произрастающих особей в насаждении необходимо использовать амплитуды редукционных чисел в рядах относительных значений признаков по рангам, при этом характер связей между относительными значениями признаков позволяет выявить особенностей корреляционной структуры лесных насаждений [9], что должно быть положено в основу разработки рекомендации по формированию высокопродуктивных насаждений.

Сравнение абсолютных значениях таксационных признаков не всегда корректно, а также не обеспечивает понимания относительных изменений внутри древостоя, нивелировать различия позволяют редукционные числа,

представляющие собой безразмерные показатели. Анализ амплитуд редукционных чисел дает возможность выявить доминирующие тенденции в распределении ресурсов и оценить степень изменчивости совместно произрастающих особей в насаждении по различным признакам.

С повышением возраста формируется более однородная и устойчивая структура древостоя, обеспечивающая эффективное использование ресурсов и стабильное накопление биомассы. Данный факт имеет важное практическое значение для лесного хозяйства. Он позволяет более точно прогнозировать рост и продуктивность сосновых насаждений, а также разрабатывать эффективные стратегии по управлению лесами. Зная динамику распределения деревьев по диаметру и высоте, можно оптимизировать рубки ухода, направленные на формирование здоровых и устойчивых древостоев, способных максимально реализовать свой потенциал.

*Список источников*

1. Верхунов П. М., Черных В. Л. Таксация леса. Йошкар-Ола : ПГТУ, 2007. 396 с.

2. Луганский Н. А., Залесов С. В., Луганский В. Н. Лесоведение. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 432 с.

3. Дивергенция биогеоценозов в пределах типов сосновых лесов / С. Н. Санников, И. В. Петрова, Н. С. Санникова [и др.] // Экология. 2017. № 4. С. 282–291. DOI 10.7868/S036705971704014X.

4. Чернов Н. Н., Соловьев В. М., Нагимов З. Я. Методические основы лесокультурных исследований. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2012. 421 с.

5. Морозов А. М., Николаева И. О., Ушаков М. И. Особенности изучения в условиях таежной зоны состояния и структуры соснового подроста на вырубках и под пологом древостоев различных типов леса // Путь науки. 2014. № 10(10). С. 23–25.

6. Машковский В. П. Возрастные особенности варьирования диаметров стволов в чистых сосновых древостоях // Труды БГТУ. № 1. Лесное хозяйство, 2013. С. 31–35.

7. Николаева И. О., Соловьев В. М. Классификация особей в хвойных насаждениях естественного происхождения для оценки их изменчивости // Успехи современного естествознания. 2019. № 12. С. 14–19.

8. Василенко Н. А. Самоорганизация древесных ценозов. Владивосток : Дальнаука, 2008. 170 с.

9. Николаева И. О., Соловьев В. М. Системный способ оценки структуры хвойных молодняков для образования высокопроизводительных насаждений на примере среднего Урала // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2019. № 4 (57). С. 80–87. DOI 10.34655/bgsha.2019.57.4.012.

*References*

1. Verkhunov P. M., Chernykh.V. L. Forest Taxation. Yoshkar-Ola : PSTU, 2007. 396 p.

2. Lugansky N. A., Zalesov S. V., Lugansky V. N. Forestry. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2010. 432 p.

3. Divergence of biogeocenoses within pine forest types / S. N. Sannikov, I. V. Petrova, N. S. Sannikova [et al.] // Ecology. 2017. No. 4. P. 282–291. DOI 10.7868/S036705971704014X.

4. Methodological Foundations of Forest Culture Research / N. N. Chernov, V. M. Solovyov, Z. Ya. Nagimov. Ekaterinburg : USFEU, 2012. 421 p.

5. Morozov A. M. Features of studying the condition and structure of pine undergrowth on clearings and under the canopy of different types of forests in the taiga zone / A. M. Morozov, I. O. Nikolaeva, M. I. Ushakov // The Way of Science. 2014. No. 10 (10). P. 23–25.

6. Mashkovsky V. P. Age-related Variations in Trunk Diameter in Pure Pine Forests // Proceedings of BSTU. Forestry. 2013. No. 1. P. 31–35.

7. Nikolaeva I. O., Solovyov V. M. Classification of individuals in natural coniferous plantations for assessing their variability // Advances in Modern Natural Sciences. 2019. No. 12. P. 14–19.

8. Vasilenko N. A. Self-organization of woody cenoses. Vladivostok : Dalnauka, 2008. 170 p.

9. Nikolaeva I. O., Solovyov V. M. Systematic approach to assessing the structure of coniferous young stands for the formation of high-yielding plantations: the case of the Middle Urals // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov. 2019. No. 4(57). P. 80–87. DOI 10.34655/bgsha.2019.57.4.012.

Научная статья
УДК 630.232:630.587:528.88

# ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАМЕТРОВ КРОН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

**Алексей Евгеньевич Осипенко[1], Регина Александровна Осипенко[2], Артем Игоревич Чермных[3], Семен Александрович Медведев[4]**
[1–4] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] osipenkoae@m.usfeu.ru
[2] osipenkora@m.usfeu.ru
[3] chermnyhai@m.usfeu.ru
[4] sema.medvedev.22@mail.ru

***Аннотация.*** Приведены результаты измерения диаметров крон деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) искусственного происхождения, произрастающих в условиях ленточных боров. Данные получены как в ходе наземных исследований, так и с использованием беспилотного летательного аппарата. Проведено сравнение точности и применимости этих методов.

***Ключевые слова:*** сосна обыкновенная, лесные культуры, диаметр кроны, беспилотный летательный аппарат

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

***Для цитирования:*** Применение беспилотного летательного аппарата для определения диаметров крон сосны обыкновенной / А. Е. Осипенко, Р. А. Осипенко, А. И. Чермных, С. А. Медведев // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 135–141.

© Осипенко А. Е., Осипенко Р. А., Чермных А. И., Медведев С. А., 2026

Original article

# APPLICATION OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR DETERMINING CROWN DIAMETERS OF SCOTS PINE

**Alexey E. Osipenko[1], Regina A. Osipenko[2], Artyom I. Chermnykh[3], Semyon A. Medvedev[4]**
[1–4] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] osipenkoae@m.usfeu.ru
[2] osipenkora@m.usfeu.ru
[3] chermnyhai@m.usfeu.ru
[4] sema.medvedev.22@mail.ru

***Abstract.*** The research presents the results of measuring the crown diameters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of artificial origin growing in ribbon pine forests. Data were obtained both through ground-based surveys and by using an unmanned aerial vehicle. The accuracy and applicability of these methods were compared.

***Keywords:*** scots pine, forest crops, crown diameter, unmanned aerial vehicle
***Funding:*** the research was supported by grant No. 24-76-00009 from the Russian Science Foundation, https://rscf.ru/project/24-76-00009/.
***For citation:*** Primenenie bespilotnogo letatel`nogo apparata dlya opredeleniya diametrov kron sosny` oby`knovennoj [Application of an unmanned aerial vehicle for determining crown diameters of scots pine] (2026) A. E. Osipenko, R. A. Osipenko, A. I. Chermnykh, S. A. Medvedev. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 135–141. (In Russ).

Классическим методом оценки успешности лесовосстановления является наземная таксация, однако она трудоемка и малоэффективна на больших площадях. Дистанционные технологии позволяют оптимизировать процесс, но космические снимки часто не обеспечивают требуемого пространственного разрешения. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) предоставляют изображения высокого качества и позволяют быстро получать данные о состоянии лесных культур [1, 2]. При соответствующих условиях съемки и фотограмметрической обработке снимки БПЛА могут использоваться для определения таксационных характеристик, включая диаметр крон деревьев, что важно для оценки структуры и продуктивности насаждений [3, 4]. Данные о диаметрах крон могут служить основой для

картирования биомассы и запасов углерода, а применение БПЛА повышает точность и оперативность мониторинга лесовосстановления [5].

Исследование проводилось в июле 2024 г. Объектом исследования являлся участок лесных культур Ракитовского лесничества Алтайского края. На обследованной территории посадка лесных культур выполнялась трижды: в 2007, 2016 и 2019 гг. Первые две посадки осуществлялись сеянцами сосны обыкновенной с открытой корневой системой (ОКС), третья – сеянцами сосны с закрытой корневой системой (ЗКС). Возраст посадочного материала (как с ОКС, так и с ЗКС) составлял два года. После каждой посадки проводилось дополнение лесных культур. Средний биологический возраст растений на момент обследования составлял 20, 10 и 6 лет. Деревья естественного происхождения на пробной площади отсутствовали. Участок расположен на склоне пологого холма. Более подробная характеристика исследуемых лесных культур представлена в табл. 1.

*Таблица* 1

Характеристика исследуемых лесных культур

| Год посадки | Шаг посадки, м | Средняя ширина междурядья, м | Густота посадки, тыс. шт./га | Корневая система сеянцев | Применяемый лесопосадочный инструмент |
|---|---|---|---|---|---|
| 2019 | 0,91 | 5,4 | 2,0 | ЗКС | Поттипутки |
| 2016 | 0,91 | 9,17 | 1,2 | ОКС | Меч Колесова |
| 2007 | 1,09 | 9,8 | 0,9 | ОКС | Меч Колесова |

Модель применяемого БПЛА – DJI Phantom 4 Pro+. Управление полетом выполнялось при помощи приложения PIX4Dcapture Pro. Площадь полетного задания составляла 1,35 га. Суммарное время полета – 7 мин 17 с. Съемка участка выполнялась дважды – на высотах 50 и 85 м. Используемая камера – DJI FC6310 с фокусным расстоянием 9 см. Перекрытие снимков – 80 %, угол наклона камеры – 90°. Средняя скорость полета дрона – 3,8 и 4,6 м/с соответственно. Всего было сделано 130 фотографий. Снимки сохранялись в формате JPEG с разрешением 5472×3648 пикселей. Размер пикселя на местности (GSD) составил 1,36 и 2,32 см/пикс.

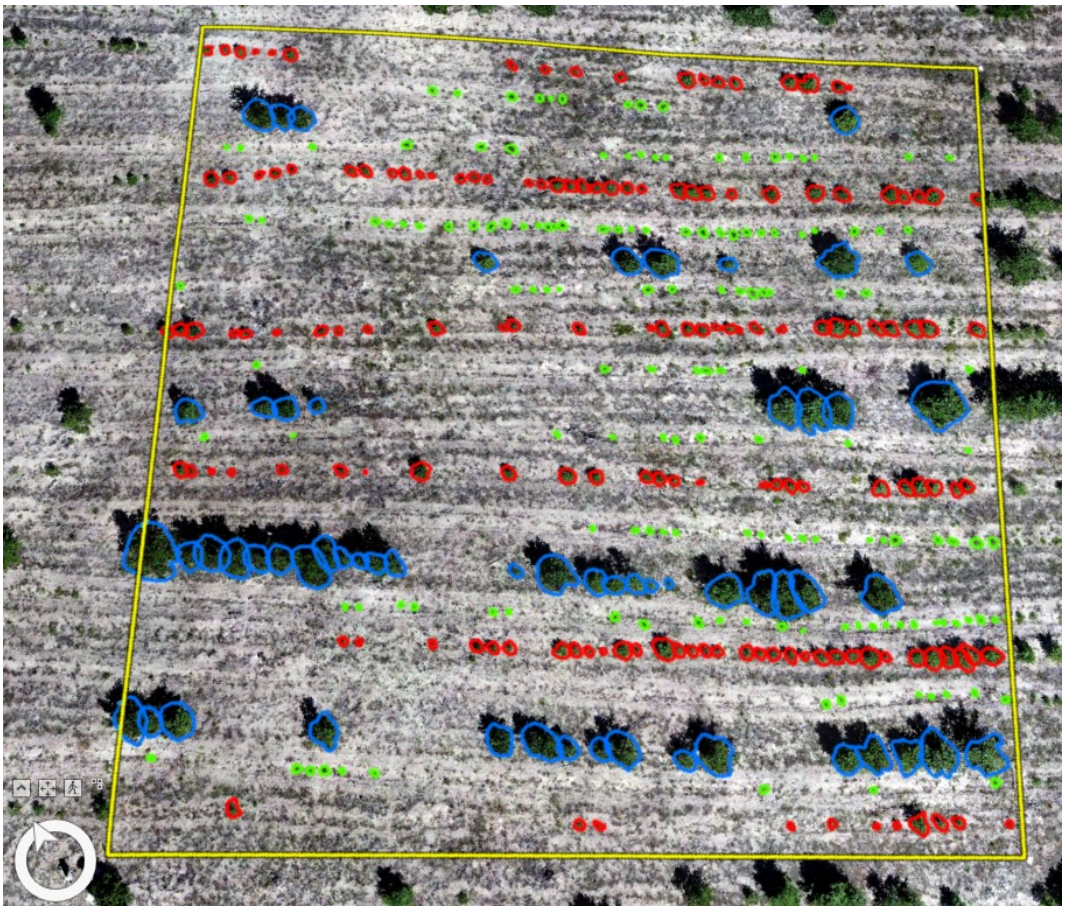
Размер пробной площади (ПП) – 0,255 га (50×51 м). На местности она была обозначена кольями и цветными тканевыми сигнальными знаками. При наземном обследовании на ПП было обмеряно по 20–30 деревьев каждого возраста. Диаметр крон измеряли рулеткой. Характеристики крон, определенные по данным БПЛА, измерялись для всех деревьев, выявленных при дешифрировании снимков. Ортофотоплан (приведен на рисунке) создавался в программе Agisoft PhotoScan Professional 1.4.3.6488.

Средний диаметр кроны при наземных измерениях вычислялся как среднее арифметическое между промерами кроны вдоль ряда лесных культур и попрек него. Средний диаметр кроны по данным с дрона определялся

в программе ArcGIS Pro 3.5.3 через площадь проекции кроны. Сначала выделялся контур кроны (периметр), затем программными средствами рассчитывались площадь и длина периметра кроны. После этого в программе Excel вычислялся эквивалентный диаметр по площади ($d_A$) по формуле:

$$d_A = 2\sqrt{(S/\pi)}, \quad (1)$$

где $S$ – площадь проекции кроны; $\pi$ – математическая константа.



Ортофотоплан участка культур сосны обыкновенной (желтым цветом обозначена граница пробной площади, синим – периметр крон 20-летних деревьев, красным – 10-летних деревьев, светло-зеленым – 6-летних деревьев)

На рисунке видно, что сомкнувшиеся кроны деревьев вытянуты в южном направлении. Это может быть связано с гелиотропизмом растений, а также с затрудненным определением границ крон при их плотном расположении.

Трудозатраты при наземных измерениях диаметров крон значительно выше, чем при использовании данных БПЛА. Однако при дешифрировании материалов аэрофотосъемки часть культивируемых растений может быть не выявлена: при плотном размещении крупные деревья могут учитываться как одно, а мелкие экземпляры – сливаться с травянистой растительностью либо теряться при создании ортофотоплана.

Средние значения диаметров и площадей проекций крон, а также статистические характеристики этих показателей приведены в табл. 2.

*Таблица* 2

Статистические показатели периметров и площадей крон деревьев сосны различного возраста

| Показатель | Периметр кроны, м | | | Площадь кроны, м$^2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 лет | 10 лет | 20 лет | 6 лет | 10 лет | 20 лет |
| Среднее значение | 1,20 | 2,36 | 5,74 | 0,10 | 0,43 | 2,45 |
| Минимум | 0,54 | 0,54 | 1,61 | 0,02 | 0,02 | 0,19 |
| Максимум | 2,09 | 6,05 | 11,04 | 0,31 | 2,12 | 7,87 |
| Стандартная ошибка | 0,03 | 0,07 | 0,26 | 0,01 | 0,02 | 0,20 |
| Стандартное отклонение | 0,33 | 0,86 | 1,95 | 0,06 | 0,31 | 1,53 |
| Коэффицент вариации, % | 28 | 37 | 34 | 58 | 71 | 63 |
| Точность, % | 2,3 | 2,9 | 4,5 | 4,8 | 5,6 | 8,2 |

Статистические показатели диаметров крон деревьев, определенные различными методами, оказались довольно близки по значениям (табл. 3).

*Таблица* 3

Статистические показатели диаметров крон деревьев сосны различного возраста, измеренных наземным способом и с использованием БПЛА

| Показатель | Наземное обследование | | | Обследование с применением БПЛА | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 лет | 10 лет | 20 лет | 6 лет | 10 лет | 20 лет |
| Количество растений на ПП, шт. | 204 | 168 | 62 | 150 | 162 | 58 |
| Количество обмерянных растений, шт. | 30 | 30 | 20 | 150 | 162 | 58 |
| Среднее значение, м | 0,30 | 0,73 | 1,70 | 0,35 | 0,70 | 1,68 |
| Минимум, м | 0,16 | 0,29 | 0,62 | 0,16 | 0,16 | 0,49 |
| Максимум, м | 0,49 | 1,41 | 2,64 | 0,63 | 1,64 | 3,17 |
| Стандартная ошибка, м | 0,02 | 0,06 | 0,13 | 0,01 | 0,02 | 0,07 |
| Стандартное отклонение, м | 0,08 | 0,30 | 0,58 | 0,10 | 0,25 | 0,54 |
| Коэффицент вариации, % | 28 | 41 | 34 | 29 | 36 | 32 |
| Точность, % | 5,0 | 7,5 | 7,6 | 2,3 | 2,8 | 4,3 |

Для проверки нормальности распределения данных о среднем диаметре крон в программе IBM SPSS Statistics 27 были выполнены тесты Колмогорова – Смирнова (с коррекцией значимости Лильефорса) и Шапиро – Уилка (табл. 4). Количество обмерянных деревьев соответствует данным, приведенным в табл. 3.

*Таблица* 4

Результаты проверки нормальности распределения диаметров крон деревьев по методам сбора данных и возрасту культивируемых растений

| Метод сбора данных | Возраст культивируемых растений, лет | Критерий Колмогорова – Смирнова | | | Критерий Шапиро – Уилка | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Показатель | *p* | Нормальность | Показатель | *p* | Нормальность |
| Наземный | 6 | 0,100 | 0,200* | да | 0,971 | 0,575 | да |
| | 10 | 0,124 | 0,200* | да | 0,938 | 0,079 | да |
| | 20 | 0,107 | 0,200* | да | 0,965 | 0,643 | да |
| С БПЛА | 6 | 0,112 | 0,000 | нет | 0,958 | 0,000 | нет |
| | 10 | 0,051 | 0,200* | да | 0,980 | 0,017 | нет |
| | 20 | 0,088 | 0,200* | да | 0,972 | 0,198 | да |
| *Примечание.* * – нижняя граница истинной значимости | | | | | | | |

В связи с ненормальным распределением данных, полученных с помощью БПЛА для 6-летних и 10-летних деревьев, была применена непараметрическая статистика (*U*-критерий), а для данных по 20-летним деревьям – параметрический критерий (*t*-тест).

По результатам *U*-критерия Манна – Уитни распределения диаметров крон 6-летних деревьев, измеренных по ортофотоплану и наземным способом, различаются статистически значимо ($U = 1675{,}0$; $p = 0{,}027$), что указывает на возможное системное смещение между методами.

Для 10-летних деревьев распределения диаметров крон, измеренные с использованием БПЛА и наземным способом, статистически не различаются ($U = 2505{,}5$; $p = 0{,}787$). Результаты *t*-критерия Стьюдента также не выявили значимой разницы ($t = -0{,}698$; $p = 0{,}486$), что свидетельствует о сопоставимости методов при оценке средних значений.

Сравнение среднего диаметра крон 20-летних деревьев с применением БПЛА и наземного метода показало отсутствие статистически значимой разницы (*t*-тест: $p = 0{,}888$ при равных дисперсиях; $p = 0{,}891$ при неравных дисперсиях), что подтверждает сопоставимость методов для оценки средних значений.

Таким образом, при определении диаметров крон 6-летних деревьев по данным аэрофотосъемки результаты существенно отличаются от наземных измерений, что указывает на необходимость корректировки методики проведения замеров с БПЛА. Вероятно, следует снизить высоту полета дрона при обследовании 6-летних и более молодых культур. При этом применение апробированной методики для обследования 10–20-летних культур представляется оправданным.

*Список источников*

5. Assessing the success of forest crops using UAVs / A. Kabonen, A. Gryazkin, O. Gavrilova [et al.] // E3S Web of Conferences. EDP Sciences. 2023. Vol. 458. P. 7. DOI: 10.1051/e3sconf/202345808028.

6. Interpretation and mapping tree crown diameter using spatial heterogeneity in relation to the radiative transfer model extracted from GF-2 images in planted boreal forest ecosystems / Z. Liu, J. Long, H. Lin [et al.] // Remote Sensing, 2023. Vol. 15, № 7. P. 1806. DOI: 10.3390/rs15071806.

7. Ольхин Ю. В., Гаврилова О. И., Грязькин А. В. Использование беспилотного летательного аппарата для оценки процесса формирования молодняков на вырубках // Resources and Technology. 2023. Т. 20, № 3. С. 60–75. DOI: 10.15393/j2.art.2023.7163.

8. Опыт применения квадрокоптера для создания трехмерной модели лесных насаждений / А. Е. Осипенко, Я. Коукал, И. А. Панин [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2017. № 4 (63). С. 16–22.

9. Перевод лесных культур в покрытую лесом площадь с использованием беспилотных летательных аппаратов / Ю. В. Ольхин, О. И. Гаврилова, А. В. Грязькин [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 239. С. 89–103. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.239.89-103.

*References*

1. Assessing the success of forest crops using UAVs / A. Kabonen, A. Gryazkin, O. Gavrilova [et al.] // E3S Web of Conferences. EDP Sciences. 2023. Vol. 458. P. 7. DOI: 10.1051/e3sconf/202345808028.

2. Interpretation and mapping tree crown diameter using spatial heterogeneity in relation to the radiative transfer model extracted from GF-2 images in planted boreal forest ecosystems / Z. Liu, J. Long, H. Lin [et al.] // Remote Sensing, 2023. Vol. 15, No. 7. P. 1806. DOI: 10.3390/rs15071806.

3. Olkhin Yu. V., Gavrilova O. I., Gryazkin A. V. Using an unmanned aerial vehicles to assess young forests formation in clean cutting areas // Resources and Technology. 2023. Vol. 20, No. 3. P. 60–75. DOI: 10.15393/j2.art.2023.7163.

4. The experience of quadrupter using for three dimentional modelof forest growing stocus / A. E. Osipenko, J. Koukal, I. A. Panin [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2017. No. 4(63). P. 16–22.

5. Conversion of forest crops into forested area using unmanned aerial vehicles / Yu. V. Olkhin, O. I. Gavrilova, A. V. Gryazkin [et al.] // News of the St. Peterburg Forest Engineering Academy. 2022. Vol. 239. P. 89–103. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.239.89-103.

Научная статья
УДК 630.181:712.25

# ДИНАМИКА РОСТА ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО РАЗНОГО ВОЗРАСТА НА ГОРОДСКИХ ОБЪЕКТАХ ЕКАТЕРИНБУРГА

**Татьяна Борисовна Сродных[1], Игорь Андреевич Волосов[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] tata.srodnykh@mail.ru
[2] volosovigorr@yandex.ru

***Аннотация.*** Статья посвящена исследованию насаждений дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в Екатеринбурге. Проведен анализ морфометрических характеристик деревьев дуба разного возраста на объектах общего пользования. Сформированы выводы о динамике роста данного вида в городских условиях.

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

***Для цитирования:*** Сродных Т. Б., Волосов И. А. Динамика роста дуба черешчатого разного возраста на городских объектах Екатеринбурга // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 142−148.

Original article

# GROWTH DYNAMICS OF PEDUNCULATE OAK OF DIFFERENT AGES AT THE URBAN SITES OF EKATERINBURG

**Tatiana B. Srodnikh[1], Igor A. Volosov [2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] tata.srodnykh@mail.ru
[2] volosovigorr@yandex.ru

***Abstract.*** The article is devoted to the research of pedunculate oak (Quercus robur L.) plantations in Ekaterinburg. The analysis of morphometric characteristics of oak trees of different ages at public sities is carried out. Conclusions about the growth dynamics of this species in urban conditions are formed.

© Сродных Т. Б., Волосов И. А., 2026

***Keywords:*** pedunculate oak, landscaping, sanitary condition of plantations, inventory, green plantations

***For citation:*** Srodnykh T. B., Volosov I. A. (2026) Dinamika rosta duba chereshchatogo raznogo vozrasta na gorodskix ob"ektax Ekaterinburga [Growth dynamics of pedunculate oak of different ages at the urban sites of Ekaterinburg]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 142–148. (In Russ).

Актуальность исследования роста дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на объектах ландшафтной архитектуры Екатеринбурга обусловлена необходимостью оценки состояния и перспектив использования данного вида в озеленении. Изучение особенностей роста деревьев в условиях городской среды дает возможность обосновать применение интродуцированных видов в озеленении, способствуя повышению биоразнообразия.

Целью данного исследования является оценка состояния и анализ динамики роста дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) различных лет посадки в Екатеринбурге. Для реализации поставленной цели изучались научные источники информации, обследовались насаждения дуба черешчатого с оценкой их морфометрических характеристик и санитарного состояния, детально анализировалась полученная информация.

На городских объектах Екатеринбурга выбраны посадки дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) различного возраста (табл. 1). Оценка состояния и замеры параметров деревьев и были произведены в 2023–2025 гг.

*Таблица* 1

Расположение объектов исследования в г. Екатеринбурге

| № | Расположение объекта (адрес) | Тип паркового насаждения | Ориентиров. возраст, лет | Кол-во деревьев, шт. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Стадион «Динамо» (ул. Василия Еремина, 12) | Одиночные экземпляры | 4–5 | 6 |
| 2 | Бульвар (Проспект им. Ленина) | Одиночные экземпляры в аллейной посадке | 7–9 | 5 |
| 3 | Перекресток ул. Куйбышева и ул. Красноармейской | Групповая посадка | 30–35 | 3 |
| 4 | Сквер (Проспект им. Ленина, 51) | Рядовая посадка | 40–50 | 5 |
| 5 | Исторический сквер | Одиночные экземпляры | 30–40 | 12 |
| 6 | Дендропарк (ул. 8 марта) | Одиночные экземпляры | 30–70 | 12 |

При определении местоположения объектов исследования и экземпляров дуба использовались общедоступные геоинформационные системы, в т. ч. спутниковые [1]. Измерение диаметра ствола проводилось на высоте 1,3 м (для молодых растений – у шейки корня) и диаметра кроны в направлении север-юг при помощи измерительной рулетки. Высота деревьев определялась в соответствии с общепринятыми методиками, а их возраст устанавливался на основе архивных и литературных данных [2, 3]. Для оценки санитарного состояния деревьев использовалась шкала категорий санитарного состояния [4]. Статистическая обработка и определение критерия достоверности различий производились согласно известной методике [5].

В результате трехлетних научных исследований были получены данные для сравнительного анализа показателей дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), произрастающего на шести объектах города (табл. 2).

*Таблица* 2

Средние биометрические показатели за 2023-2025 гг.

| Год | Объект | ул. В. Еремина 12 | Проспект им. Ленина | Перекр. улиц Куйб. и Красн. | Пр. им. Ленина, 51 | Историй сквер | Дендропарк (ул. 8 марта) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Средние показатели | | | | | | | |
| **2023** | Высота дерева, м | 0,75±0,21 | 3,83±1,36 | 10,33±0,16 | 11,62±0,23 | – | – |
| | Диаметр ствола, см | 1,55±0,49 | 5,86±1,06 | 30,66±2,16 | 43,47±3,32 | – | – |
| | Диаметр кроны, м | 0,66±0,23 | 2,45±0,5 | 7,93±0,42 | 11,2±0,63 | – | – |
| | Санитарное сост., балл | 1,4±0,2 | 2,2±0,16 | 2±0,62 | 2,5±0,18 | – | – |
| **2024** | Высота дерева, м | 1,65 ±0,29 | 3,96±1,3 | 10,33±0,16 | 11,62±0,23 | 8,96±0,52 | 12,8± 0,51 |
| | Диаметр ствола, см | 2,42±0,52 | 6,07±1,02 | 32,4±2,2 | 43,6±3,34 | 35,0±2,71 | 43,3 ± 2,5 |
| | Диаметр кроны, м | 0,99±0,17 | 2,47±0,52 | 8,03±0,95 | 11,22±0,86 | 5,5±0,43 | 5,9±0,5 |
| | Санитарное сост., балл | 1,4±0,2 | 2,2±0,16 | 2,1±0,16 | 2,6±0,23 | 1,8±0,17 | 2±0,11 |
| **2025** | Высота дерева, м | 2±0,29 | 4±0,57 | 10,62±0,21 | 11,8±0,34 | 9,32±0,32 | 13,2± 0,29 |
| | Диаметр ствола, см | 2,5±0,74 | 6,17±0,83 | 33,2±1,66 | 44,2±3,56 | 35,4±2,57 | 43,9 ± 2,2 |
| | Диаметр кроны, м | 1,3±0,91 | 2,52±0,41 | 8,15±0,83 | 11,3±0,6 | 5,7±0,38 | 6,1±0,52 |
| | Санитарное сост., балл | 1,25±0,18 | 2,4±0,27 | 2±0,2 | 2,2±0,16 | 1,8±0,11 | 2±0,16 |

Анализ данных табл. 2 свидетельствует о том, что самые молодые растения дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), выращенные из желудей на территории парка стадиона Динамо, показывают рост по всем трем линейным показателям. Однако только рост по высоте в 2024 г. показал годичный прирост 90 см, и этот показатель был достоверен, критерий достоверности по Стьюденту 2,5 при точности опыта 0,95. В 2025 г. средний прирост по высоте составил только 39 см, данные не достоверны. По остальным линейным показателям прирост также наблюдался, но данные оказались не достоверны. Санитарное состояние молодых деревьев улучшилось к 2025 г. на 0,15 баллов и составило 1,25 балла. На деревцах стало значительно меньше обломов.

Одиночная подсадка дубов на бульваре по пр. Ленина (средний возраст 7–10 лет) показывает некоторый рост по всем параметрам, но прирост очень мал, по высоте – 17 см за два года, по диаметру ствола – 0,31 см за два года. Данные также не достоверны. Санитарное состояние колеблется между 2,2 и 2,4, наблюдается некоторое ухудшение. Есть сухие веточки, обломы.

Три средневозрастных дуба на перекрестке улиц с интенсивным движением – Куйбышева – Красноармейская показывает низкий средний рост по высоте – всего 32 см за два года, небольшой рост и по диаметру – 2,5 см за два года. Прирост по диаметру кроны минимален – 22 см за два года. Санитарное состояние примерно на одном уровне – 2 балла, в целом хорошее.

В сквере УрФУ на ул. Ленина, 51 произрастают дубы с хорошо сформированными кронами (возраст 40–50 лет). Прирост по высоте очень мал – 18 см за два года, диаметр ствола за два года составил 0,73 см. Также мал и прирост по диаметру крон – 10 см за два года. Санитарное состояние колеблется 2,5–2,2. Некоторое улучшение в 2025 г. Побеги и листья дубов на данном объекте поражены мучнистой росой.

Дубы в Историческом сквере и дендропарке (на ул. 8 марта) исследовались в течение двух лет. Средний возраст до 40 лет, но в дендропарке присутствуют старые деревья, возрастом до 70 лет. Об этом свидетельствуют и более высокие средние параметры деревьев. Но приросты также очень малы, значения недостоверны. Санитарное состояние в целом хорошее: в Историческом сквере – 1,8 баллов и несколько ниже в дендропарке – 2,0 балла.

Таблицы по расчетам достоверности полученных результатов не приводятся, т. к. достоверными оказался только один результат – высота, у самых молодых деревьев на стадионе Динамо. Для наглядности изменений показателей на объектах – построены диаграммы (рис. 1–3).

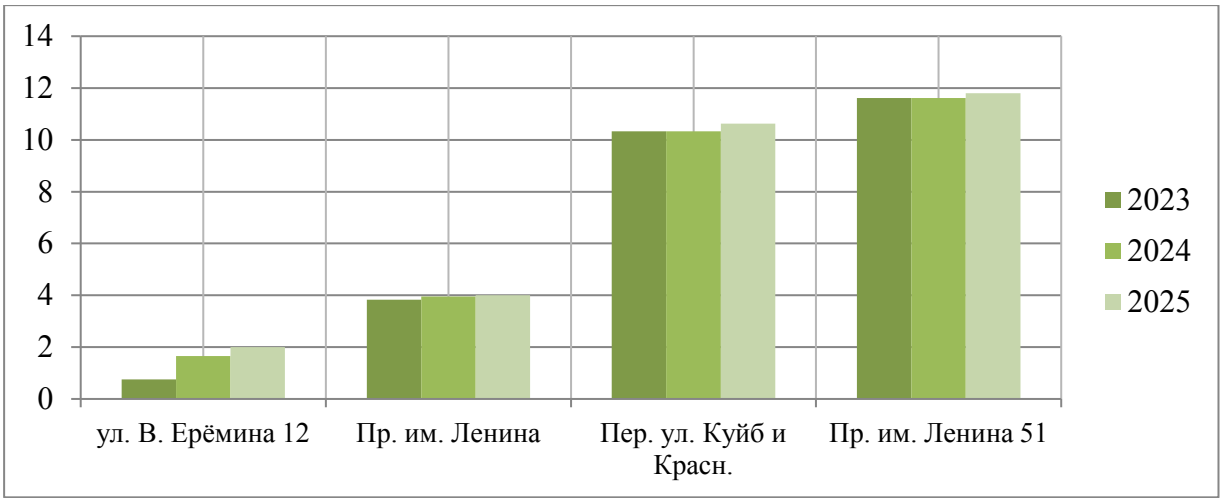



Рис. 1. Сравнение динамики роста дуба черешчатого в высоту (м) 2023–2025 гг.

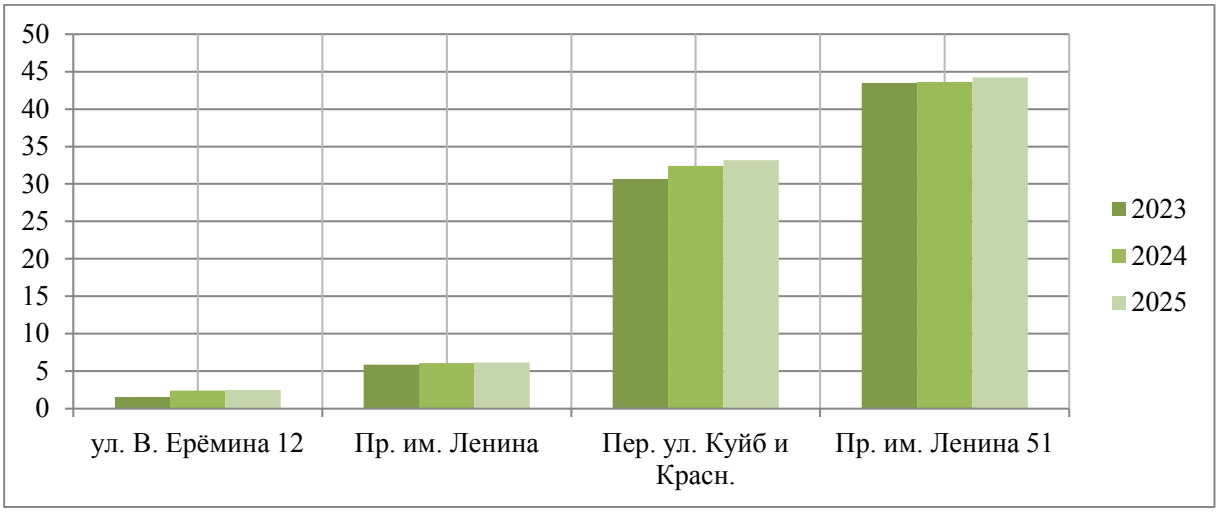



Рис. 2. Сравнение динамики роста диаметра ствола (см) дуба черешчатого 2023–2025 гг.

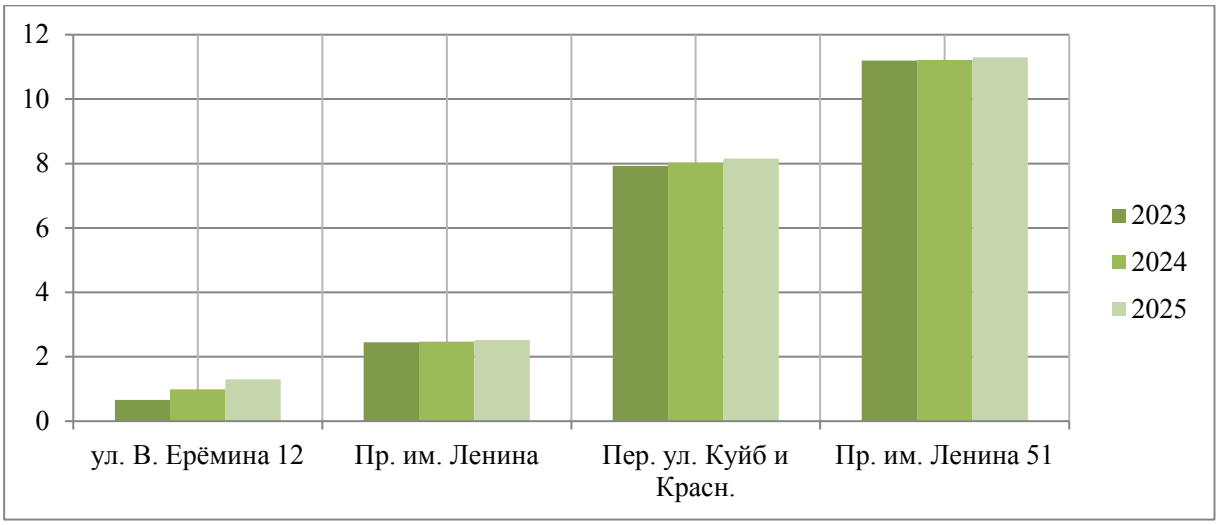



Рис. 3. Сравнение динамики роста диаметра кроны (м) дуба черешчатого 2023–2025 гг.

Таким образом, можно сделать следующие вывод:

1. Наблюдения за ростом и состоянием посадок дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на городских объектах Екатеринбурга в течение двух лет показали, что молодые посадки в возрасте 4–5 лет имеют значительные приросты, особенно по высоте, до 90 см, но не ежегодно.

2. Самые низкие годичные приросты имели растения в возрасте 7–10 лет на бульваре пр. Ленина. Здесь деревья имеют самый худший балл санитарного состояния – 2,4.

3. Наиболее высокие приросты, особенно по высоте, имели самые старые деревья – в дендропарке (ул. 8 марта), а также в Историческом Сквере – до 40 см.

4. Однако следует отметить, что все полученные данные, за исключением показателя по высоте у молодых растений, не являются достоверными, т. к. имеют большую ошибку среднего, что связано с малым количеством растений в выборке и ее недостоверностью.

*Список источников*

1. Карта Екатеринбурга и Свердловской области с улицами и номерами домов онлайн // Яндекс Карты : [сайт]. URL: https://yandex.ru/maps/ (дата обращения: 10.10.2025).

2. Аткина Л. И., Вишнякова С. В., Луганская С. Н. Реконструкция насаждений : учебно-методическое пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2015. 41 с.

3. Приложение, позволяющее измерять высоту объектов // Two Point Height : [сайт]. URL: https://two-point-height.en.softonic.com (дата обращения: 10.10.2025).

4. Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства Российской Федерации от 09.12.2020 г. № 2047 // Правительство России : [сайт]. URL: http://government.ru/docs/all/131407/ (дата обращения: 10.10.2025).

5. Коростелев И. Ф. Основы научных исследований в лесном хозяйстве. Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2011. 96 с.

*References*

1. Map of Yekaterinburg and Sverdlovsk region with streets and house numbers online // Yandex Maps : [website]. URL: https://yandex.ru/maps / (date of accessed: 10.10.2025).

2. Atkina L. I., Vishnyakova S. V., Luganskaya S. N. Reconstruction of plantings: an educational and methodical manual. Ekaterinburg : Publishing House of Ural State Forestry Engineering University, 2015. 41 p.

3. An application that allows you to measure the height of objects // Two Point Height : [website]. URL: https://two-point-height.en.softonic.com (date of date of accessed: 10.10.2025).

4. On the approval of the Rules of sanitary safety in forests : Decree of the Government of the Russian Federation dated 09.12.2020 № 2047 // The Russian Government : [website]. URL: http://government.ru/docs/all/131407 / (date of accessed: 10.10.2025).

5. Korostelev I. F. Fundamentals of scientific research in forestry. Ekaterinburg : Publishing House of Ural State Forestry Engineering University, 2011. 96 p.

Научная статья
УДК 712.41

# ПЛОТНОСТЬ ПОСАДКИ КУСТАРНИКОВ ПРИ СОЗДАНИИ НОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

**Татьяна Борисовна Сродных[1], Екатерина Сергеевна Никитина[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] tata.srodnykh@mail.ru
[2] kantien99@gmail.com

***Аннотация.*** В статье рассматриваются новые элементы ландшафтной архитектуры на объектах городского озеленения в центральной части Екатеринбурга. Всего исследовано 17 элементов, включая модули, массивы, низкие боскеты, партеры и газоны из кустарников. Они расположены на восьми объектах озеленения. Определены средняя высота, санитарное состояние, диаметр у шейки коря и плотность посадки для восьми видов кустарников.

***Ключевые слова:*** ландшафтная архитектура, городское озеленение, плотность посадки, санитарное состояние, декоративные кустарники

***Для цитирования:*** Сродных Т. Б., Никитина Е. С. Плотность посадки кустарников при создании новых элементов ландшафтной архитектуры // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 149−154.

Original article

# SHRUBS PLANTING DENSITY WHEN CREATING NEW LANDSCAPE ARCHITECTURE ELEMENTS

**Tatiana B. Srodnykh[1], Ekaterina S. Nikitina[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] tata.srodnykh@mail.ru
[2] kantien99@gmail.com

***Abstract.*** The article examines new landscape architecture elements at the urban greening sites in the central part of Ekaterinburg. A total of 17 elements

© Сродных Т. Б., Никитина Е. С., 2026

were examined, including modules, massifs, low bosquets, parterres and shrubs lawns. They were located at 8 landscaping sites. The average height, sanitary condition, diameter at the root collar and planting density for 8 species of shrubs were determined.

***Keywords:*** landscape architecture, urban landscaping, planting density, sanitary condition, ornamental shrubs

***For citation:*** Srodnykh T. B., Nikitina E. S. (2026) Plotnost' posadki kustarnikov pri sozdanii novyh elementov landshaftnoj arhitektury [Shrubs planting density when creating new landscape architecture elements]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 149–154. (In Russ).

Новые элементы ландшафтной архитектуры выходят за рамки традиционных форм элементов озеленения и типов объектов озеленения. Их возникновение связывают с глобализацией, перенасыщенностью городского пространства, климатическими и экологическими проблемами, популярностью современного искусства, минимализма [1]. Новые элементы представляют собой переходные, находящиеся на грани между традиционными живыми изгородями и массивами насаждения. Новые формы трансформируются из классических и почти забытых боскетов, а также являются переосмыслением партеров [2]. Растительные элементы ландшафтной архитектуры изменяются и развиваются в течение времени, поэтому необходимо разрабатывать технологии создания новых элементов для сохранения декоративности и функциональности насаждений. Одной из важных технологий является плотность посадки.

Цель нашего исследования состоит в определении плотности посадки разных видов кустарников в современных элементах ландшафтной архитектуры Екатеринбурга. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: определить видовой состав насаждений, измерить основные морфометрические параметры, оценить санитарное состояние и рассчитать плотность посадки кустарников в разных элементах ландшафтной архитектуры.

Объектами исследования были выбраны элементы озеленения в центральной части г. Екатеринбурга. Большинство из них расположено у новых жилых комплексов «Архитектон», «Тихвин», «Кандинский», «Форум-сити», «Свобода Резиденс», а также в современных скверах города – сквер им. К. Т. Бабыкина, сквер перед Управлением Свердловской железной дороги и Бульварная лента. Всего было обследовано восемь объектов городского озеленения, в них детально изучены 17 элементов ландшафтной архитектуры, среди которых мы выделили семь модулей, четыре массива, три низ-

ких боскета, два газона из кустарников, один партер из кустарников. У растений измерялись высота и диаметр шейки корня, санитарное состояние определялось согласно регламенту инвентаризации [3], рассчитывалась плотность посадки на 1 м$^2$.

На восьми объектах определены восемь используемых видов растений. Половина относятся к семейству *Rosaceae,* остальные – к разным семействам. Подробные результаты измерений представлены в таблице.

Основные средние параметры растений в элемнтах ландшаафтной архитектуры и плотность посадки

| № п/п | Наименование вида | Кол-во исследованных элементов, шт. | Санитарное состояние, балл | Высота, м | Диаметр, см | Плотность шт./м$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Cotoneaster lucidus* Schltdl | 7 | 1,2 | 0,8 | 1,4 | 7 |
| 2 | *Cornus alba* L. | 1 | 1,2 | 0,6 | 0,5 | 5 |
| 3 | *Hydrangea paniculata* Siebold f. «Phantom», «Vanille fraise» | 3 | 1,1 | 1 | 2,4 | 6 |
| 4 | *Hippophae rhamnoides* L | 2 | 1,3 | 2 | 5,5 | 3 |
| 5 | *Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Braun | 1 | 1,1 | 0,9 | 2 | 5 |
| 6 | *Spiraea* × *cinerea* Zabel f. Grefsheim | 1 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | 5 |
| 7 | *Spiraea japonica* L. f. «Golden princess», «Froebelii» | 5 | 1,4 | 0,45 | 0,6 | 9 |
| 8 | *Pinus mugo* Turra | 4 | 1,2 | 0,7 | 4,2 | 7 |

Растения имеют хорошее среднее санитарное состояние (от 1,1 до 1,4 баллов). Лучшие показатели (1,1 балл) отмечены у *Hydrangea paniculata* Siebold и *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun, что сигнализирует о подходящей плотности посадки и проводимых уходовых мероприятиях, а также у *Spiraea* × *cinerea* Zabel f. Grefsheim, встреченной в посадках 2023 г. *Cotoneaster lucidus* Schltdl, Cornus alba L. и *Pinus mugo* Turra имеют средний балл 1,2, при этом стоит сказать о замеченных выпавших экземплярах *Pinus mugo* Turra в элементах озеленения.

Плотность посадки *Cotoneaster lucidus* Schltdl варьирует от 2 до 20 шт. на м$^2$ (модульные посадки у ЖК «Кандинский»), чаще всего 6–7. При этом среднее санитарное состояние варьирует от 1,1 до 1,4 балла. Посадки с плотностью 20 шт. отличаются отсутствием сформированных скелетных ветвей, ежегодно стригутся на высоте около 1 м.

Средняя плотность *Hydrangea paniculata* Siebold составляет 6 шт. на м$^2$ и варьирует от 3 до 9 шт. С течением времени по мере увеличения роста и разрастания кустарников плотность выше четырех будет слишком высокой, что приведет к ухудшению состояния растений и их отпаду.

*Spiraea japonica* L. при разбросе плотности от 4 до 20 штук на м$^2$ имеет среднее санитарное состояние от 1,1 балла в большинстве посадок до 2,3 в модулях у ЖК «Кандинский». В данном случае помимо высокой плотности выявлена повышенная запыленность из-за проходящей рядом стройки.

По высоте преобладают посадки от 0,5 до 1 м, исключение составляют *Hippophae rhamnoides* L со средней высотой 2 м. Растения на исследованных элементах озеленения находятся в молодом возрасте, о чем говорят средние диаметры у шейки корня.

Наиболее часто используются *Cotoneaster lucidus* Schltdl – на семи объектах, растения рода *Spiraea* – шесть объектов, *Pinus mugo* Turra – четыре объекта, *Hydrangea paniculata* Siebold – три объекта (рисунок).




Новые элементы озеленения в г. Екатеринбурге

Преобладающие виды активно используются в классических и новых элементах ландшафтной архитектуры. Так, *Cotoneaster lucidus* Schltdl позволяет создавать четкие геометрические формы, преимущественно высотой

около 1 м, посадки *Pinus mugo* Turra формируют плотные вечнозеленые газоны и массивы. Красивоцветущие *Spiraea japonica* L. f. «Golden princess», «Froebelii», *Spiraea* × *cinerea* Zabel f. Grefsheim, *Hydrangea paniculata* Siebold f. «Phantom», «Vanille fraise» вносят яркие акценты.

Новые элементы ландшафтной архитектуры начали появляться на улицах города с 2015–2017 гг. В связи с молодым возрастом следует продолжать дальнейшее наблюдение за объектами для отслеживания состояния растений в динамике с течением времени. В модулях на улице у ЖК «Кандинский» замечены посадки с высокой плотностью (20 шт. на м$^2$), у *Cotoneaster lucidus* Schltdl при этом неправильно сформирована крона, т. к. кустарники не стриглись регулярно, что было замечено при визуальном осмотре в безлистном состоянии. В посадках *Pinus mugo* Turra имеются выпавшие растения, что мы связываем с высокой плотностью (7 шт. на м$^2$), а также в газонах на ул. Радищева присутствует повреждение снегоуборочной техникой.

Для растений рода *Spiraea,* а также *Hippophae rhamnoides* L и *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun плотность посадки на данный момент позволяет растениям сохранять декоративность и функциональность, т. к. количество растений на м$^2$ соответствует размерам растений. Для *Hydrangea paniculata* Siebold плотность со временем может оказаться слишком высокой.

Важно помнить о необходимости правильных уходовых мероприятий и регулярной стрижке для поддержания декоративности и хорошего санитарного состояния растений.

*Список источников*

1. Каверина Э. В. От сложности к простоте: причины возникновения новых форм в ландшафтной архитектуре // Проблемы и перспективы развития современной ландшафтной архитектуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2017, 2017. С. 53– 58.

2. Никитина Е. С., Сродных Т. Б. Новые формы в городской ландшафтной архитектуре – приемы, ассортимент // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2024 : материалы XIII Международной научно-практической конференции. Саратов ; Н. Новгород : Вавиловский университет ; НГАТУ, 2024. С. 131–137.

3. Регламент на работы по инвентаризации и паспортизации объектов озелененных территорий 1-й категории г. Москвы. М. : ГУП «Мосзеленхоз»; ФГУП «Институт организационных технологий в жилищно-коммунальном хозяйстве», 2007. 54 с.

*References*

1. Kaverina E. V. From the complex to the simple: the causes of novel decisions and approaches in landscape architecture // Problems and prospects of development of modern landscape architecture : materials of the scientific conference. Simferopol : PHPH “ARIAL”, 2017. P. 53–58.

2. Nikitina E. S., Srodnykh T. B. New forms in urban landscape architecture – techniques, assortment // Landscape architecture and environmental management: from the project to the economy – 2024 : materials of the XIII International Scientific and Practical Conference. Saratov ; N. Novgorod : Vavilov University ; NNSAU, 2024. P. 131–137.

3. Regulations on work on inventory and certification of green areas of the 1st category in Moscow. M. : SUE “Moszelenhoz” ; FSUP “Institute of Organizational Technologies in Housing and Public Utilities”, 2007. 54 p.

Научная статья
УДК 630.233

# ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ В ВЫРАЩИВАНИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ВБЛИЗИ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

**Светлана Карленовна Стеценко[1], Елена Михайловна Андреева[2], Геннадий Григорьевич Терехов[3]**
[1–3] Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
[1] stets_s@mail.ru
[2] e_m_andreeva@mail.ru
[3] terekhov_g_g@mail.ru

***Аннотация.*** Показано, что создание лесных культур сосны на нарушенных участках лесных земель в непосредственной близости к загородным жилым районам необходимо проводить с использованием посадочного материала, выращенного с применением биопрепаратов со стимулирующим действием. Биостимуляторы способствуют более высокой скорости восстановления насаждения, не загрязняя окружающую среду.

***Ключевые слова:*** лесные культуры, сосна обыкновенная, биостимуляторы, биопрепарты, Вэрва, Вэрва-ель

***Благодарности:*** работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН (№ 123112700125-1).

***Для цитирования:*** Стеценко С. К., Андреева Е. М., Терехов Г. Г. Применение биопрепаратов в выращивании сосны обыкновенной вблизи города Екатеринбурга // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 155−159.

Original article

# APPLICATION OF BIOPREPARATIONS IN THE CULTIVATING SCOTC PINE NEAR EKATERINBURG

**Svetlana K. Stetsenko[1], Elena M. Andreeva[2], Gennady G. Terekhov[3]**
[1–3] Botanical Garden of Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia
[1] stets_s@mail.ru
[2] e_m_andreeva@mail.ru
[3] terekhov_g_g@mail.ru

© Стеценко С. К., Андреева Е. М., Терехов Г. Г., 2026

***Abstract.*** It has been shown that the creation of pine forest crops on disturbed forest lands in close proximity to suburban residential complex must be carried out using planting material grown with the use of biopreparations with a stimulating effect. Biostimulants contribute to a higher rate of restoration of the plantation without environmental damage.

***Keywords:*** forest crops, Scots pine, biostimulants, biopreparations, Verva, Verva-spruce

***Acknowledgments:*** the work was carried out within the framework of the implementation of the state budgetary theme of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (no. 123112700125-1).

***For citation:*** Stetsenko S. K., Andreeva E. M., Terekhov G. G. (2026) Primeneniye biopreparatov v vyrashchivanii sosny obyknovennoy v vblizi g. Ekaterinburga [Application biopreparations in the cultivating of scotc pine near Ekaterinburg]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 155–159. (In Russ).

Формирование Екатеринбургской агломерации предполагает собой развитие промышленных объектов, а также жилых зон – ближних городов и коттеджных поселков [1]. Создание комфортной загородной среды проживания может обеспечить приток рабочей силы на производственные предприятия, которые в настоящий момент часто перемещаются за черту г. Екатеринбурга. Наличие зеленых зон в виде лесопарков или просто лесных насаждений создает благоприятную экологическую обстановку, что повышает привлекательность коттеджных поселков и малоэтажных жилых комплексов в пригородной зоне.

Одним из ближних, активно развивающихся в плане малоэтажного и коттеджного строительства городов является г. Березовский, Свердловская область. Лесные участки вокруг города, хотя и составляют «зеленую городскую зону», но в то же время находятся в аренде и на них может проводится заготовка древесины. При рубке, в большинстве случаев, не сохраняется подрост основной хвойной породы, который позволяет в дальнейшем восстановить ценное насаждение в короткие сроки [2]. Некоторые участки со сплошной вырубкой в данном районе в последние годы появились в связи с незаконной лесозаготовительной деятельностью (браконьерством). Лесные культуры, создаваемые на этих площадях, необходимо проводить с помощью посадочного материала с хорошим потенциалом роста и повышенной жизнеспособностью. Это позволит минимизировать мероприятия по дополнению культур, а быстрый рост будет способствовать ускоренному восстановлению лесных участков.

В рамках проведения экспериментальных исследований по изучению влияния на рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной биостимуляторов, полученных из хвойного сырья, были созданы два участка лесных культур: первый участок расположен в пешей доступности от ЖК «Уют-Сити» (на расстоянии 900 м), тип леса – сосняк разнотравный; второй участок вблизи коттеджного поселка «Европа» (расстояние 200 м), тип леса – сосняк ягодниковый.

Цель создания опытных лесных культур – изучить пролонгированное влияние однократной предпосевной обработки биостимуляторами на саженцы сосны обыкновенной в условиях леса. Лесокультурные площади располагаются на участках леса, переданных в аренду, ранее на них была проведена сплошная рубка.

Биопрепараты для предпосевной обработки сосны в лесном питомнике разработаны в Институте химии Коми НЦ УрО РАН на основе экстрактов хвойной зелени пихты (торговое название «Вэрва») и ели («Вэрва-ель») [3]. При проведении эксперимента биопрепараты испытывались в широком диапазоне доз от 0,01 до 0,5 мл/кг семян. Выращивание сеянцев выполняли в две ротации с 2019 по 2022 гг. на базе Балтымского лесного питомника (ГКУ СО «Березовское лесничество»). Посадку двухлетних сеянцев осуществляли в культуры в разные сроки: первый участок – в 2020 г. и второй – в 2022 г. Применение биопрепаратов в питомнике позволило значительно повысить качество посадочного материала сосны – у сеянцев в некоторых вариантах с обработкой Вэрва превышение показателя высоты над контрольным значением доходило до 47,8 %, с обработкой Вэрва-ель – до 26,1 %.

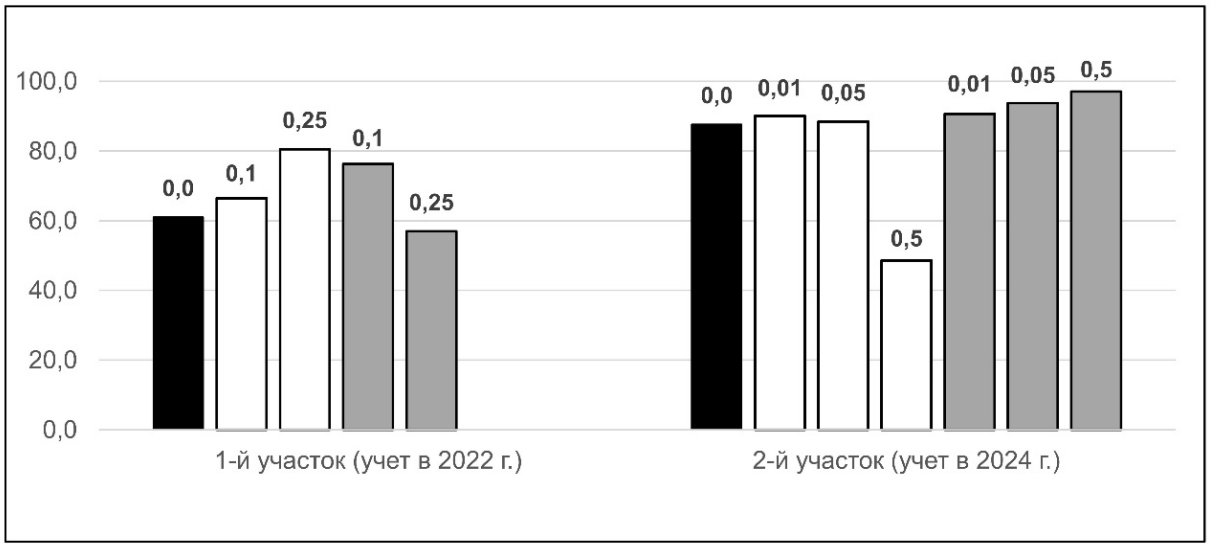
Как уже было указано выше, создание культур проводили в два временных периода. Учет приживаемости сосны в первом участке проводили в 2022 г., данные по второму участку получены в 2024 г. Вегетационные периоды по погодным условиям отличались между собой – период 2020–2021 гг. был жарким и засушливым (выпало на 24 % меньше осадков, чем в среднем), период 2022–2024 гг. был близок по погодным показателям к среднемноголетним значениям для нашего региона, а количество осадков во второй год роста саженцев на лесокультурной площади даже превышало норму.

Анализ приживаемости сосны в ранее созданных лесных культурах показал, что биостимуляторы оказали благоприятный эффект на сохранность саженцев в сложный погодный период с 2020 г. по 2022 г. (рисунок).

Во втором опытном участке приживаемость сосны была хорошая почти во всех вариантах, за исключением тех, где были выращены с обработкой семян препаратом Вэрва-ель в самой концентрированной дозе.

В первой опытной площади были измерены высота и диаметр стволика саженцев в конце первого вегетационного сезона. В контрольном варианте

они составили 13,1 см и 3,8 мм соответственно. В вариантах с биопрепаратами высота растений была в пределах 10,2–17,0 см, диаметр стволика – 3,2–4,4 мм. Уже на третий год роста показатель высоты саженцев при применении биопрепаратов увеличился на 42–52 см, в то время как контрольные растения выросли на 37 см. Диаметр стволика увеличился на 6,5 мм в контроле и на 6,9–10,8 мм в опытных вариантах. Таким образом, скорость роста у сосны при однократной обработке посевного материала биостимуляторами была выше, чем у растений без обработки.




Приживаемость опытных культур сосны, %.
Условные обозначения: ■ – контроль; □ – Вэрва-ель; ▭ – Вэрва.
В подписях данных указаны дозы биопрепаратов, мл/кг семян

Полные данные по изменению биометрических характеристик культур сосны во втором участке пока находятся в стадии мониторинговых исследований, результаты будут изложены в более поздних материалах.

В заключение можно сделать вывод о перспективности создания лесных культур сосны на нарушенных участках лесных земель в непосредственной близости к загородным жилым районам с использованием посадочного материала, выращенного с применением биопрепаратов со стимулирующим действием. Биостимуляторы способствуют более высокой скорости восстановления насаждения, не загрязняя окружающую среду. В отличие от участков с самосевом, которые являются хаотично расположенными куртинами с разновозрастными деревьями, лесные культуры отличаются равномерным распределением деревьев по площади, что повышает эстетику лесной территории.

*Список источников*

1. Екатеринбургская агломерация // Википедия : [сайт]. URL: https://-ru.wikipedia.org/wiki/Екатеринбургская_агломерация#cite_note-3 (дата обращения: 16.04.2025).
2. Естественное возобновление леса после рубок / Н. Н. Теринов, Е. М. Андреева, О. Н. Сандаков, В. И. Крюк // Леса России и хозяйство в них. 2015. № 3 (54). С. 15–20.
3. Чукичева И. Ю., Хуршкайнен Т. В., Кучин А. В. Природные регуляторы роста растений из хвойного сырья // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2018. № 3(24). С. 93–99.

*References*

1. Ekaterinburg agglomeration // Wikipedia : [website] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Екатеринбургская_агломерация#cite_note-3 (date of accessed: 16.04.2025).
2. Natural regeneration of forests after logging / N. N. Terinov, E. M. Andreeva, O. N. Sandakov, V. I. Kruk // Forests of Russia and the economy in them. 2015. No. 3 (54). P. 15–20.
3. Chukicheva I. Y., Khurshkainen T. V., Kuchin A.V. Natural plant growth regulators from coniferous raw materials // Innovatika i expertiza: scientific papers. 2018. No. 3(24). P. 93–99.

Научная статья
УДК 574.24

# ОЦЕНКА ОТНОСИТЕЛЬНОГО ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТОПОЛЯ ДРОЖАЩЕГО (*POPULUS TREMULA* L.) В ПРЕДЕЛАХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НИЖНЕВАРТОВСКА ХМАО – ЮГРЫ

**Андрей Сергеевич Томилов[1], Татьяна Викторовна Сторчак[2], Андрей Алексеевич Кулагин[3]**
[1–3] Нижневартовский государственный университет, Нижневартовск, Россия
[1] andrew.istomin400@gmail.com
[2] tatyanastorchak@yandex.ru
[3] kulagin-aa@mail.ru

***Аннотация.*** В статье представлены результаты оценки относительного жизненного состояния (ОЖС) тополя дрожащего (*Populus tremula* L.) в городе Нижневартовске. Исследование проводилось в сентябре 2025 г. на площадках в различных зонах города. Использована методика оценки ОЖС В. А. Алексеева [3]. Результаты говорят о значительном негативном влиянии факторов среды на состояние древесных осиновых насаждений.

***Ключевые слова:*** тополь дрожащий, оценка относительного жизненного состояния, древесные растения урбанизированных территорий, промышленное и городское загрязнение

***Для цитирования:*** Томилов А. С., Сторчак Т. В., Кулагин А. А. Оценка относительного жизненного состояния тополя дрожащего (*Populus tremula* L.) в пределах урбанизированной территории города Нижневартовска ХМАО – Югры // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 160–167.

© Томилов А. С., Сторчак Т. В., Кулагин А. А., 2026

Original article

# ASSESSMENT OF THE RELATIVE VITALITY STATE OF THE ASPEN (*POPULUS TREMULA* L.) WITHIN THE URBANIZED TERRITORY OF NIZHNEVARTOVSK, KHMAO – YUGRA

**Andrey S. Tomilov[1], Tatiana V. Storchak[2], Andrey A. Kulagin[3]**
[1–3] Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia
[1] andrew.istomin400@gmail.com
[2] tatyanastorchak@yandex.ru
[3] kulagin-aa@mail.ru

***Abstract.*** This article presents the results of an assessment of the relative vitality state (RVS) of the aspen (Populus tremula L.) in Nizhnevartovsk. The research was conducted in September 2025 at sites in various zones of the city. The RVS was determined using the method of V.A. Alekseev [3]. The results indicate a significant negative impact of environmental factors on the state of aspen plantations.

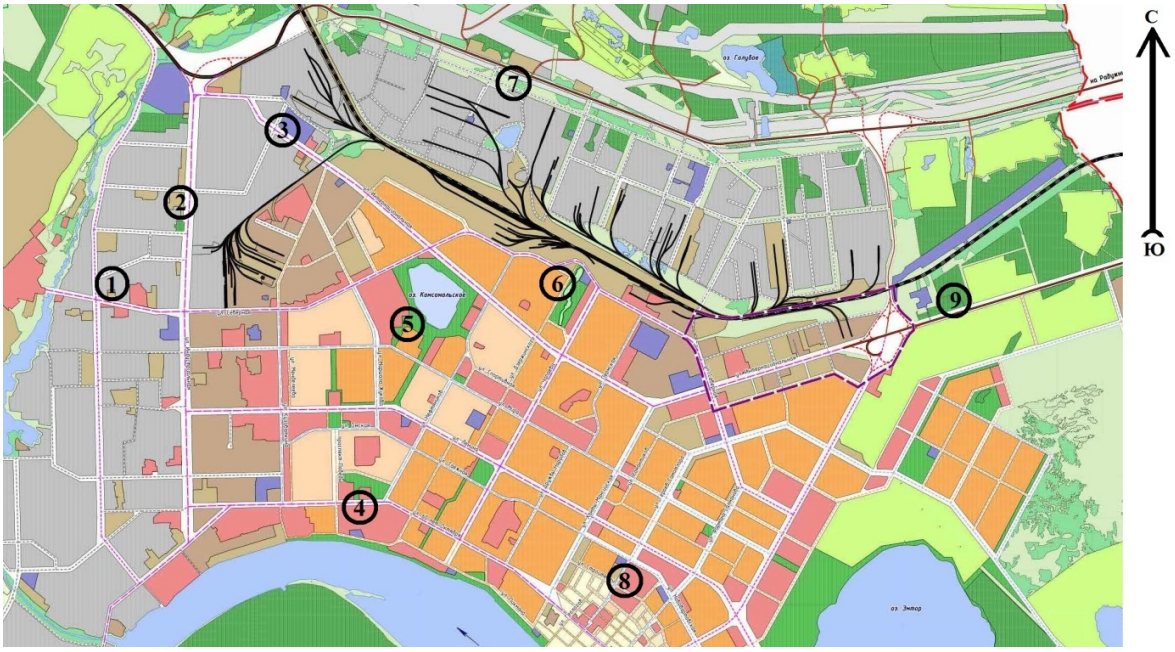
***Keywords:*** aspen, assessment of the relative vitality state, woody plants of urbanized territories, industrial and urban pollution

***For citation:*** Tomilov A. S., Storchak T. V., Kulagin A. A. (2026) Ocenka otnositelnogo zhiznennogo sostoyaniya topolya drozhaschego (*Populus tremula* L.) v predelakh urbanizirovannoj territorii goroda Nizhnevartovska KHMAO – Yugry [Assessment of the relative vitality state of the aspen (*Populus tremula* L.) within the urbanized territory of Nizhnevartovsk, KHMAO – Yugra]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 160–167. (In Russ).

Древесные растения являются эффективными биоиндикаторами, следовательно, ключевыми объектами экологического мониторинга урбанизированных территорий [1]. Для оценки жизненного состояния и степени повреждения древесных растений в условиях города Нижневартовска, характеризующегося суровым северным климатом, в качестве объекта исследований была выбрана осина (*Populus tremula* L.). Город расположен на правом берегу р. Оби, в ее среднем течении, в пределах Западно-Сибирской равнины. К основным источникам загрязнения атмосферы в Нижневартовске относятся: городские котельные, выбросы от сжигания попутного

нефтяного газа, выхлопные газы автомобильного транспорта и выбросы Нижневартовской ГРЭС [2].

**Материалы и методы исследования**. Исследование проводилось в период с 6 по 14 сентября 2025 г. Объектом исследования выступали одновозрастные древесные насаждения осины (*Populus tremula* L.), произрастающие в границах города Нижневартовска. Для обеспечения репрезентативности данных, территория города была зонирована на четыре сектора: западный промышленный узел, северный промышленный узел, центральная часть города с жилой застройкой 1960-1990 гг. и район новостроек в восточной части города. В пределах этих секторов было заложено девять пробных площадок (рисунок) со средней площадью 600 м$^2$, расположенных с учетом охвата всех выделенных зон и минимизации краевого эффекта.




Карта г. Нижневартовска с расположением пробных площадок

Краткая характеристика пробных площадок:

1) ул. Авиаторов, приаэропортовая территория, непосредственная близость к автомагистрали с интенсивным движением;

2) ул. Индустриальная, зона непосредственного влияния промплощадки ООО «СамотлорНефтеПромХим»;

3) ул. Интернациональная, придорожная полоса в районе северо-западного въезда в город;

4) ул. 60 лет Октября, участок исторических посадок в районе застройки первой очереди;

5) Озеро Комсомольское, рекреационная зона, испытывающая умеренную рекреационную нагрузку;

6) ул. Дзержинского, территория, прилегающая к старому городскому кладбищу;

7) Автодорога Нижневартовск – Радужный, участок в полосе отвода крупной автомагистрали (Северный широтный коридор);

8) ул. Нововартовская, локация в жилом районе вблизи католического храма;

9) Северо-восточный въезд в город, придорожная территория на ключевой транспортной развязке.

Относительное жизненное состояние (ОЖС) осины оценивали по методике В. А. Алексеева [3]. Для каждой пробной площадки предварительно проводили таксономическое и геоботаническое описание растительных ярусов. ОЖС определяли в два этапа: сначала проводили визуальную диагностику каждого дерева с отнесением к одной из категорий жизненного состояния (здоровые, ослабленные, сильно ослабленные, отмирающие), затем рассчитывали интегральный индекс для пробной площадки по формуле:

$$L_n = \frac{100 \times n_1 + 70 \times n_2 + 40 \times n_3 + 5 \times n_4}{N}, \quad (1)$$

где: $L_n$ – относительное жизненное состояние древостоя, по числу деревьев;

$n_1$ – количество здоровых деревьев на пробной площадке;

$n_2$, $n_3$, $n_4$ – то же для ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев соответственно;

*100, 70, 40, 5* – коэффициенты, выражающие жизненное состояние здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев на пробной площадке, %;

$N$ – общее количество деревьев в пределах пробной площадке.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Microsoft Excel 2007.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда научно-технологического развития Югры в рамках научного проекта № 2025-604-04.

**Результаты проведенных исследований**. Проведенные геоботанические описания показали, что растительные сообщества на пробных площадках характеризуются бедным видовым разнообразием. При проведении исследования, на пробных площадках фиксировались растения в мохово-лишайниковом, травянисто-кустарниковом, кустарниковом и древесном ярусах. Представленные растения [4] в вышеупомянутых ярусах приведены в табл. 1.

*Таблица 1*

Растения на пробных площадках в мохово-лишайниковом, травянисто-кустарниковом, кустарниковом и древесном ярусах

| Пробная площадка | Растения в мохово-лишайниковом ярусе | Растения в травянисто-кустарниковом ярусе | Растения в кустарниковом ярусе | Растения в древесном ярусе |
|---|---|---|---|---|
| 1 | МС | ШИ, ХП, ИЧ, Кл | СС, РС, Ос, БП | СС, Ос, БП |
| 2 | МС | ШИ, ХП, ОТ, Кл, КрД | СС, РС, ЕО | СО, Ос, БП |
| 3 | МС | ШИ, ХП, ОТ | СС, РС, БП | СС, Ос, БП |
| 4 | МС | ШИ, ХП, ОТ, ДЛ, ВП, КД | Ос, БП | Ос, БП |
| 5 | МС | ОТ, ХЗ, ИЧ, Кл | ОО, БП, СО | СО, Ос, БП |
| 6 | МС | ОТ, Кл, Пд | ШИ, РС | СО, Ос, БП |
| 7 | МС | ШИ, ХП, ОТ, ИЧ, Кл, Бр | СС, РС, Ос, БП, ШИ, Бр, СО | СС, СО, Ос, БП |
| 8 | МС | ХП, ОТ, ИЧ, ХЗ, Кл | СС, РС, Ос, СО | Ос, БП |
| 9 | МС | ХП, ОТ, ИЧ, Кл | ШИ, Ос, БП, СО | СО, Ос, БП |

*Примечание*: МС – мох сфагнум (*Sphagnum sp.*), ОТ – овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea*), ИЧ – Иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium*), Кл – клевер ползучий (*Trifolium repens*), ХП – хвощ полевой (*Equisetum arvense*), ХЗ – хвощ зимующий (*Equisetum hyemale*), Пд – подорожник большой (*Plantago major*), ШИ – шиповник иглистый (*Rosa acicularis*), ДЛ – донник лекарственный (*Melilotus officinalis*), ВП – вьюнок полевой (*Convolvulus arvens*is), СС – сосна сибирская (*Pinus sibirica*), СО – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), Ос – осина (*Populus tremula*), БП – береза пушистая (*Betula pubescens*), РС – рябина сибирская (*Sorbus sibirica*), ББ – багульник болотный (*Ledum palustre*), Бр – брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), КрД – крапива двудомная (*Urtica dioica*), КД – карагана древовидная (*Caragana arborescens*), ЕО – ель обыкновенная (*Picea abies*).

На всех пробных площадках в мохово-лишайниковом ярусе доминирует мох сфагнум (*Sphagnum* sp.), что может свидетельствовать о переувлажнении территории. Травяно-кустарниковый ярус представлен ограниченным набором видов, типичных для антропогенно нарушенных местообитаний, обильно представлены: овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea*), Иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium*), клевер ползучий (*Trifolium repens*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*), подорожник большой (*Plantago major*). Древесный ярус, кроме осины, включает березу пушистую (*Betula pubescens*), на отдельных площадках – сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris*) и сосну сибирскую (*Pinus sibirica*).

Результаты оценки относительного жизненного состояния осины демонстрирует ее критическое состояние на большей части урбанизированной территории Нижневартовска. Анализ данных, представленных в табл. 2, позволяет выделить три группы пробных площадок по состоянию древостоя:

1. Площадки с катастрофически низким ОЖС (40–45 %). К этой группе относятся большинство исследуемых точек (площадки 1, 2, 3, 5, 7, 9), где 100 % деревьев классифицированы как «сильно ослабленные» (исключение площадка 1, где «сильно ослабленных» 96 %). Индекс ОЖС находится в диапазоне 40–45 %, что указывает на глубокую степень угнетения растений. Эти площадки расположены в зонах интенсивного техногенного воздействия: вблизи промышленных предприятий (площадка 2), крупных автомагистралей (площадки 1, 3, 7, 9).

2. Площадки с удовлетворительным ОЖС (70 %). На площадках 4 и 8 зафиксированы 100 % «ослабленных» деревьев с индексом ОЖС 70 %. Это состояние является тревожным, но существенно лучше, чем в первой группе. Данные площадки расположены в жилых районах с менее интенсивным транспортным и промышленным воздействием.

3. Площадка с отличным ОЖС (100 %). Площадка 6 (район старого кладбища) является исключением, демонстрируя 100 % здоровых деревьев. Данная площадка характеризуется ограниченной рекреационной нагрузкой, отсутствием непосредственного влияния крупных дорог и промышленных объектов, что создает благоприятные условия для роста осины.

*Таблица 2*

Характеристика общего жизненного состояния осины в городе Нижневартовск

| Пробная площадка | Количество деревьев, % | | | | $L_n$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | здоровые | ослабленные | сильно ослабленные | отмирающие | |
| 1 | 0 | 4 | 96 | 0 | 45 |
| 2 | 0 | 0 | 100 | 0 | 40 |
| 3 | 0 | 0 | 100 | 0 | 40 |
| 4 | 0 | 100 | 0 | 0 | 70 |
| 5 | 0 | 0 | 100 | 0 | 40 |
| 6 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 7 | 0 | 0 | 100 | 0 | 40 |
| 8 | 0 | 100 | 0 | 0 | 70 |
| 9 | 0 | 0 | 100 | 0 | 40 |

Средний интегральный индекс ОЖС по городу составляет 54 %, что подтверждает преобладание «ослабленных» и «сильно ослабленных» растений в древостоях. Визуальными симптомами угнетения, отмеченными на большинстве площадок, являются изреженность крон, наличие сухобочин и отмерших сучьев, а также повреждение листовых пластин в виде хлорозов

и некрозов, степень которых в ряде случаев достигала 21 % от площади листовой пластинки.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что комплекс негативных факторов городской среды (загрязнение атмосферы и почвы, транспортная нагрузка, нерегулируемая рекреация) в условиях северного климата приводит к значительному угнетению и ослаблению насаждений тополя дрожащего в городе Нижневартовске.

Можно сделать следующие выводы:

1. Средний индекс относительного жизненного состояния (ОЖС) осины на урбанизированной территории г. Нижневартовска составляет 54 %, что свидетельствует о преобладании ослабленных (категория «сильно ослабленные») деревьев. Здоровые насаждения являются исключением и встречаются единично.

2. Снижение индекса ОЖС осины связано с морфологическими нарушениями: изреженностью и асимметрией крон, массовым усыханием скелетных ветвей (сухобочинность), а также хлорозов и некрозов на листовых пластинках, площадь повреждения которых в отдельных случаях достигает 21 %.

3. Анализ пространственного распределения показателей ОЖС выявил зависимость состояния осины от уровня антропогенной нагрузки. Наиболее угнетенные древостои (ОЖС 40–45 %) приурочены к зонам интенсивного техногенного воздействия: вблизи промышленных узлов и магистральных автодорог. Относительно лучшие показатели (70 %) зафиксированы в жилых районах со сниженной транспортной и промышленной нагрузкой.

4. Для улучшения состояния городских насаждений необходима реализация комплекса мер: использование здорового посадочного материала; соблюдение нормативных расстояний при посадке; обеспечение регулярного ухода, включающего удаление сухостоя и конкурентного подлеска.

5. Несмотря на угнетенное состояние, факт выживания осины в условиях техногенного загрязнения свидетельствует о ее высокой устойчивости. Это свойство позволяет рассматривать данный вид не только как индикатор загрязнения, но и как потенциальный объект для мониторинга накопления поллютантов (тяжелых металлов) в городских экосистемах, что задает практический вектор для дальнейших исследований.

*Список источников*

1. Фролов А. К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. СПб. : Наука, 1998. 327 с.

2. Экология Ханты-Мансийского автономного округа / Под ред. В. В. Плотникова. Тюмень : СофтДизайн, 1997. 288 с.

3. Алексеев В. А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л. : Наука, 1990. С. 38–54.

4. Определитель растений Ханты-Мансийского Автономного Округа / И. М. Красноборов [и др.] ; под ред. И. М. Красноборова. Екатеринбург : Издательство «Баско». 2006. 304 с.

*References*

1. Frolov A. K. The environment of a large city and the life of plants in it. St. Petersburg : Scienc, 1998.

2. Ecology of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug / Edited by V. V. Plotnikov. Tyumen : SoftDesign, 1997. 288 p.

3. Alekseyev V. A. Some issues of diagnosis and classification of damaged by pollution forest ecosystems. Forest ecosystems and atmospheric pollution. Leningrad : Science, 1990. P. 38–54.

4. Plant determinant of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug / I. M. Krasnoborov [et al.] ; edited by I. M. Krasnoborov. Ekaterinburg : Basko Publishing House. 2006. 304 p.

Научная статья
УДК 711.61

# СКВЕРЫ ГОРОДА НИЖНЕГО ТАГИЛА, СОЗДАННЫЕ В НАЧАЛЕ XX ВЕКА

**Татьяна Ивановна Фролова[1], Елизавета Дмитриевна Жирякова[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] frolovati@m.usfeu.ru
[2] zhiryakova.lizochka@bk.ru

***Аннотация.*** Статья посвящена результатам изучения скверов Нижнего Тагила XX столетия. В исследовании применен анализ архивных документов, картографических материалов, выполнено натурное обследование территорий скверов и проведен анализ их современного состояния. В процессе установлена необходимость реконструкции скверов.

***Ключевые слова:*** исторические скверы, озеленение, планировочная структура

***Для цитирования:*** Фролова Т. И., Жирякова Е. Д. Скверы города Нижнего Тагила, созданные в начале XX века // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 168−174.

Original article

# NIZHNYY TAGIL GARDEN SQUARES, CREATED AT THE BEGINNING OF THE 20TH CENTURY

**Tatiana I. Frolova[1], Elizaveta D. Zhiryakova[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] frolovati@m.usfeu.ru
[2] zhiryakova.lizochka@bk.ru

***Abstract.*** The article is devoted to the results of the researching Nizhny Tagil garden squares of the 20th century. The research analyzed archival documents and cartographic materials, as well as a field survey of the garden squares' territories and analyzed their current condition. The research revealed the need for the reconstruction of the garden squares.

© Фролова Т. И., Жирякова Е. Д., 2026

***Keywords:*** historical garden squares, landscaping, planning structure
***For citation:*** Frolova T. I., Zhiryakova E. D. (2026) Skvery goroda Nizhnii Tagil sozdannye v nachale xx veka [Nizhnyy Tagil graden squares, created at the beginning of the 20th century]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 168–174. (In Russ).

Городские скверы при плотной разрастающейся и увеличивающейся застройке не снижают свою значимость, и даже увеличивают ее [1]. Города Урала обладают богатой историей, исторические скверы – важная часть культурного наследия, благодаря их изучению можно проанализировать планировочные решения и композицию озеленяемых территорий, обеспечить их сохранение, а также разработать современные проекты реконструкции [2].

Нижний Тагил – один из старейших промышленных центров России, чья история связана с отраслями обрабатывающей промышленности: черной металлургии, тяжелым машиностроением и химической промышленностью. Основанный в 1722 г. как поселение при демидовских заводах в 1919 г. получил звание города [3]. Вместе с этим началось активное формирование системы озеленения, первых скверов.

Цель исследования – анализ истории создания и современного состояния скверов Нижнего Тагила, разработанных в XX в. В ходе исследования будут изучены исторические данные формирования скверов в городе и научная литература по данному вопросу, проанализированы планировочные особенности, а также оценено современное состояние скверов.

Первыми скверами XX в. являются: Комсомольский, Пионерский и сквер Рабочей молодежи, появившиеся благодаря деятельности агрономов-любителей, в первую очередь К. О. Рудого [4]. Расположены они в Ленинском районе микрорайона Центр. Местоположение скверов отображено на рис. 1 [5].

На основе анализа карт 1920 г. и архивных материалов мы выяснили, что на территории нынешних скверов была расположена Базарная площадь и после 1924 г. ее преобразовали в озелененную территорию (рис. 2). Площадь разделили на три зоны: центральную часть планировали отвести под культурные учреждения, по бокам предполагалось разбить два сквера, слева – Комсомольский, а с правой стороны – сквер Красной Армии, после переименованный в Пионерский. А на месте бывшей Дровяной площади расположился сквер рабочей молодежи [4].

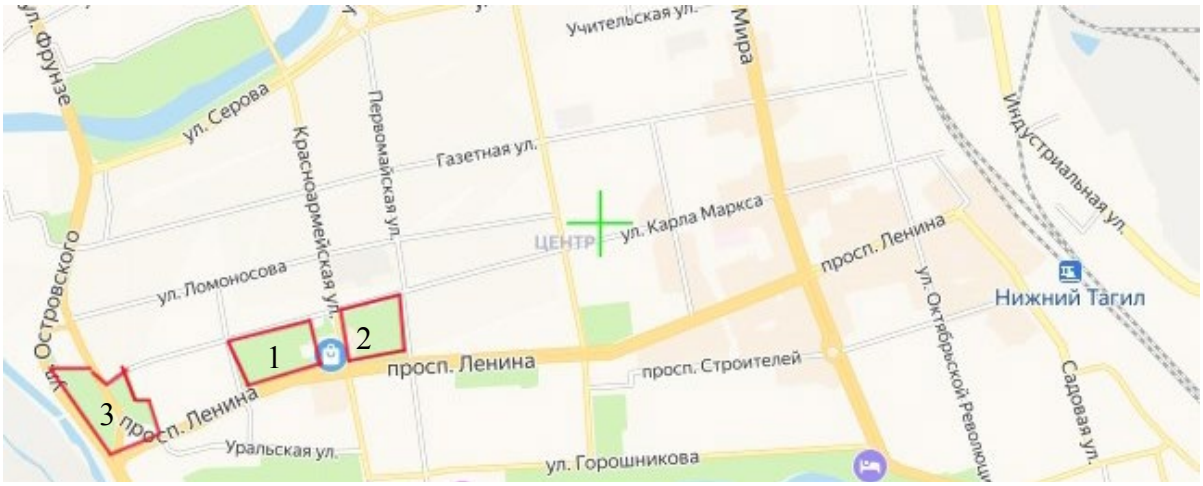



Рис. 1. Расположение скверов в черте микрорайона Центр: 1 – Комсомольский сквер, 2 – Пионерский сквер, 3 – сквер Рабочей молодежи

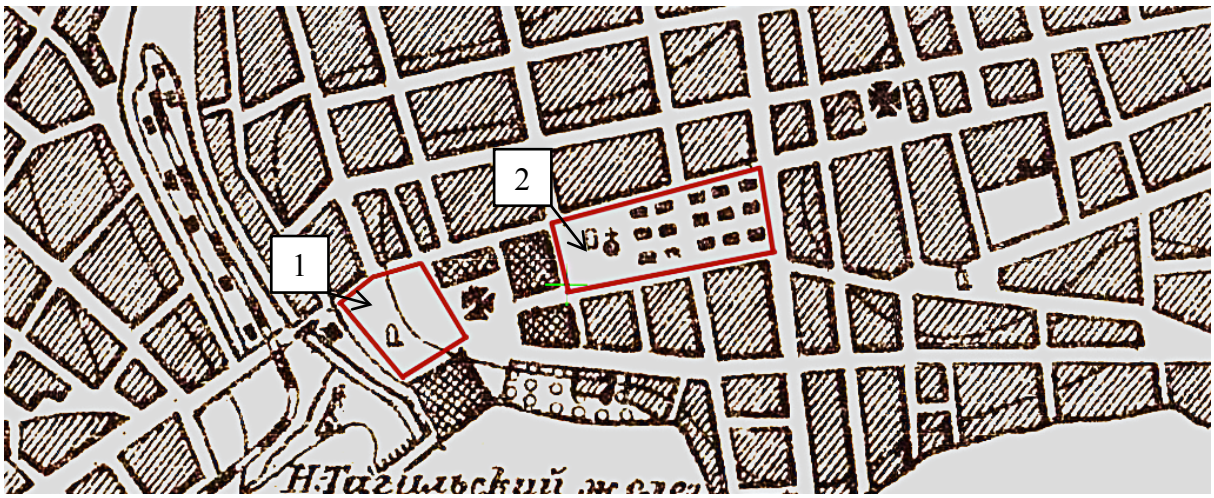



Рис. 2. Карта 1920 г.: 1 – Дровяная площадь, 2 – Базарная площадь

Изначально Комсомольский сквер получил название сквер «Свобода» в честь памятника павшим за свободу, переделанного из памятника Александру II в начале 1920 г. После сквер передали комсомольцам в качестве подшефного объекта, т. к. рабочих рук не хватало, именно поэтому конечное название сквера стало «Комсмольский».

Сквер выполнен в регулярной стилистике, имеет квадратную форму с двумя пересекающимися аллеями, в центре которых был расположен фонтан «Каменный цветок». Поначалу скульптуры цветка там не было, просто торчала труба с распылителем на конце, затем расположили фигуру русалки. После 1940-х гг. фигуру русалки меняют на скульптуру цветка, выполненную студентами камнерезного отделения Уральского училища прикладного искусства. Территория сквера была обнесена штакетником, входов было четыре, каждый был устроен с воротами, которые запирались сторожами. По историческим данным по аллеям высаживались кусты

сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.), которые радовали горожан своим цветением, а также черемуха Маака (*Padus maackii* (Rupr.) Kom.), яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.) и рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.). Также в сквере располагались парковые скульптуры рабочих и учащейся молодежи.

Пионерский сквер закладывался одновременно с Комсомольским, но реализовался проект гораздо позже, т. к. там проходило старое русло реки Тагил, и территория постоянно подтапливалась. Для решения данной проблемы солдаты привозили и распределяли шлак высотой в три метра, чтобы поднять уровень земли. Название сквера изменялось ни один раз, сначала он получил название сквер Красной Армии, т. к. с 1917 по 1918 гг. там находился штаб Красной Армии. После в 1950-х гг. сквер Красной Армии и Комсомольский объединили в один и назвали Городским. Но затем снова разделили на Комсомольский и Пионерский, первый – в честь комсомольцев Нижнего Тагила, там планировалось разместить им памятник, второй собирались использовать как опытную площадку городского Дома пионеров.

Планировка сквера Пионерского также регулярная, заключенная в квадрат. Дорожно-тропиночная сеть сформирована в виде пятиконечной звезды с круглой площадкой в центре. Территория обнесена штакетником и украшена парковыми скульптурами. Озеленение представлено теми же видами древесно-кустарниковой растительности: яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.), черемуха Маака (*Padus maackii* (Rupr.) Kom.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.) и рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.).

Сквер Рабочей молодежи расположен на другом берегу р. Тагил от Демидовского завода. Он должен был стать зеленой завесой от дымовых отходов с завода. Сквер имел также квадратную форму, с тремя пересекающимися диагоналями, в центре с круглой площадкой, чуть правее создана еще одна площадка, где размещен памятник В. И. Ленину «Ильич жив в заветах». После массовой застройки в 1950–1960-х гг. создавались дополнительные транспортные пути, что привело к разделению сквера на две части. Озеленение территории выполнено такими видами: береза повислая (*Betula pendula Roth* (B. verrucosa Ehrh.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.).

Основные характеристики скверов указаны в табл. 1. Современное состояние скверов, изменения в планировке и площади можно заметить после анализа карт 1962 и 1925 гг. (рис. 3, рис. 4).

*Таблица 1*

Функциональное значение и год формирования скверов

| Наименование сквера | Функциональное значение | Площадь, га | Год создания |
|---|---|---|---|
| Комсомольский сквер | Транзитная, рекреационная, декоративная | 3 | 1924 |
| Пионерский сквер | Транзитная, рекреационная, декоративная | 2,3 | 1934 |
| Сквер Рабочей молодежи | Транзитная, декоративная | 3,4 | 1930 |

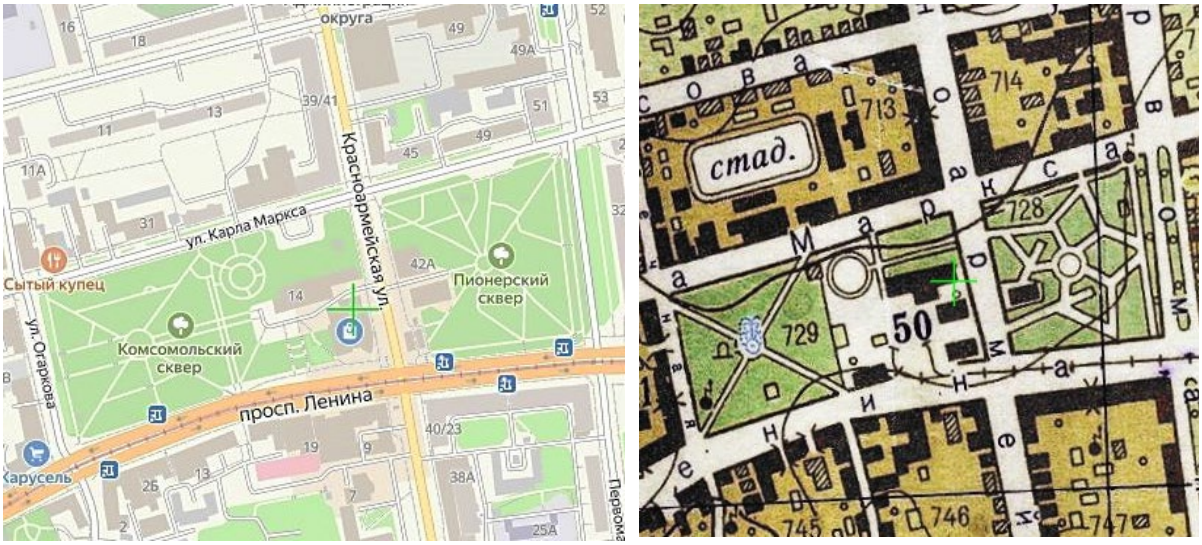



Рис. 3. Комсомольский и Пионерский сквер на карте 1962 г. и 2025 г.




Рис. 4. Сквер рабочей молодежи на карте 1962 г. и 2025 г.
Граница исследуемого объекта

Современное состояние Комсомольского и Пионерского сквера претерпело значительные изменения по сравнению с ранее описанным периодом. Многие элементы, составлявшие архитектурно-художественный облик, были утрачены, такие как парковые скульптуры, декоративные ограждения. Но появились и новые: памятник Николаю Никитичу Демидову, парковая скульптура «Газетчик» и монумент памятный камень.

Также произведено изменение в планировке территории, появились новые дорожки, дополнительные площадки. Заметно ухудшилось состояние малых архитектурных форм – скамеек, фонарей, фонтана, многие требуют реставрации, либо полной замены. Наблюдается проблема старения зеленых насаждений: значительная часть деревьев относится к старовозрастным, что негативно сказывается на их декоративных и экологических функциях. Таким образом, общий вид и функциональность общественных пространств требуют восстановления и комплексной реконструкции.

Сквер Рабочей молодежи стал единственным подвергшимся реконструкции. Планировка была полностью изменена, территорию разделили на три части, некоторые диагональные пешеходные дорожки стали автомобильными. Самый маленький участок сквера треугольной формы и правый вытянутый были реконструированы. В ходе работ проведена замена старого асфальта на тротуарную плитку, обустроен цветник и высажены цветочные композиции, а также декоративные кустарниковые группы. Центральным элементом является массивный гранит – монумент установлен в память основателям города – Демидовым, а также сохранен памятник В. И. Ленину. Левая часть сквера является просто зеленой полосой с единственным тротуаром, который ведет к зеленому мосту и проходной Старого Демидовского завода.

*Список источников*

4. Баранов Д. С., Сродных Т. Б. Анализ видового состава насаждений сквера перед ТЦ «Пассаж» (Екатеринбург) // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XV Всероссийской научно-технической конференции. Екатеринбург, 2019. С. 333–335.

5. Сравнительный анализ планировки старых и новых скверов города Екатеринбурга = Comparative analysis of the layout of old and new squares in the city of Ekaterinburg / Т. Б. Сродных, П. С. Протазанова, Д. Н. Морозова, Е. С. Никитина // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург, 2025. С. 160–166.

6. О городе // Нижний Тагил : [сайт]. URL: https://ntagil.org/gorod/ (дата обращения: 15.09.2025).

7. Кужильный Д., ВолковС. Главная улица города: от экспериментальных саженцев до главных городских скверов (часть 6). URL: http://xn--80aaisacvtsild2o.xn--p1ai/history/tagil_labirint_2017_06_10.htm (дата обращения: 21.09.2025).

8. Нижний Тагил на карте РККА : [сайт]. URL: https://retromap.ru/0120092_1419208_z18_57.907878,59.95608 (дата обращения: 22.09.2025).

*References*

1. Baranov D. S. Srodnykh T. B. Analysis of the species composition of the squares in front of the passage shopping center (Ekaterinburg) / Scientific creativity of youth to the forestry complex of Russia : proceedings of the XV All-Russian Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg, 2019. P. 333–335.

2. Comparative analysis of the layout of old and new squares in the city of Ekaterinburg / T. B. Srodnykh, P. S. Protazanova, D. N. Morozova, E. S. Nikitina // Effective reaction to modern challenges of the international between human and nature, humans and technologies : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 160–166.

3. About the city // Nizhny Tagil : [website]. URL: https://ntagil.org/gorod/ (date of accessed: 15.09.2025).

4. Kuzhilny D., Volkov S. The main street of the city: from experimental seedlings to the main city squares (Part 6). URL: http://xn--80aaisacvtsild2o.xn--p1ai/history/tagil_labirint_2017_06_10.htm (date of accessed: 21.09.2025).

5. Nizhny Tagil on the the Workers' and Peasants' Red Army map : [website]. URL: https://retromap.ru/0120092_1419208_z18_57.907878,59.95608 (date of accessed: 22.09.2025).

Научная статья
УДК-712-3

# СИСТЕМА ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА ШАДРИНСКА КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Татьяна Ивановна Фролова[1], Полина Сергеевна Протазанова[2], Анастасия Алексеевна Жернакова[3]**
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] frolovati@m.usfeu.ru
[2] protazanovaps@m.usfeu.ru
[3] anastasiazernakova707@gmail.com

***Аннотация.*** В статье кратко рассматривается история, а также система озеленения города Шадринска Курганской области. Описаны основные виды объектов озеленения: парки, скверы и прибрежные зоны. Отмечены наиболее распространенные виды деревьев и кустарников, произрастающих в городе. Выявлена основная проблематика территорий.

***Ключевые слова:*** озеленение, зеленые насаждения, благоустройство

***Для цитирования***: Фролова Т. И., Протазанова П. С., Жернакова А. А. Система озеленения города Шадринска Курганской области // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 175−179.

Original article

# THE LANDSCAPING SYSTEM OF SHADRINSK, THE KURGAN REGION

**Tatiana I. Frolova[1], Polina S. Protazanova[2] Anastasia A. Zhernakova[3]**
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] frolovati@m.usfeu.ru
[2] protazanovaps@m.usfeu.ru
[3] anastasiazernakova704@gmail.com

© Фролова Т. И., Протазанова П. С., Жернакова А. А., 2026

***Abstract.*** This article briefly examines the history and landscaping system of Shadrinsk, the Kurgan region. It describes the main types of landscaping: parks, squares, and coastal areas. It also identifies the most common tree and shrub species growing in the city. The main problems facing these areas are also identified.

***Keywords:*** landscaping, green plantations, improvement

***For citation:*** Frolova T. I., Protazanova P. S., Zhernakova A. A. (2026) Sistema ozeleneniya g. Shadrinska Kurganskoj oblasti [The landscaping systems of Shadrinsk, Kurgan region]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii. [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 175–179. (In Russ).

Зеленый каркас в структуре малых и средних городов Урала имеет не маловажное значение для экологического равновесия региона. Шадринск является вторым по численности населения городом в Курганской области – около 72 тыс. человек. Шадринск был основан в XVII в., он обладает богатой историей и многочисленными памятниками архитектуры. В структуре городского озеленения Шадринска включены различные типы озеленения: парки, скверы, бульвары и набережные. Однако в условиях антропогенной нагрузки и недостаточного финансирования возникают проблемы содержания и развития зеленых территорий.

Целью исследования является изучение существующей системы озеленения города Шадринска, выявление основных особенностей и составление рекомендаций.

Задачи исследования:

1. Анализ исторической справки.
2. Анализ системы озеленения города.
3. Определение преобладающих видов, произрастающих в структуре городского озеленения

Объектами исследования являются: Городской сад им. М. Ф. Кельдюшева, Экопарк Гагаринский, Сквер Победы, Аллея Славы, прибрежные зоны вдоль реки Исеть, насаждения жилых кварталов и дворовых территорий, защитными зелеными полосами вдоль транспортных магистралей.

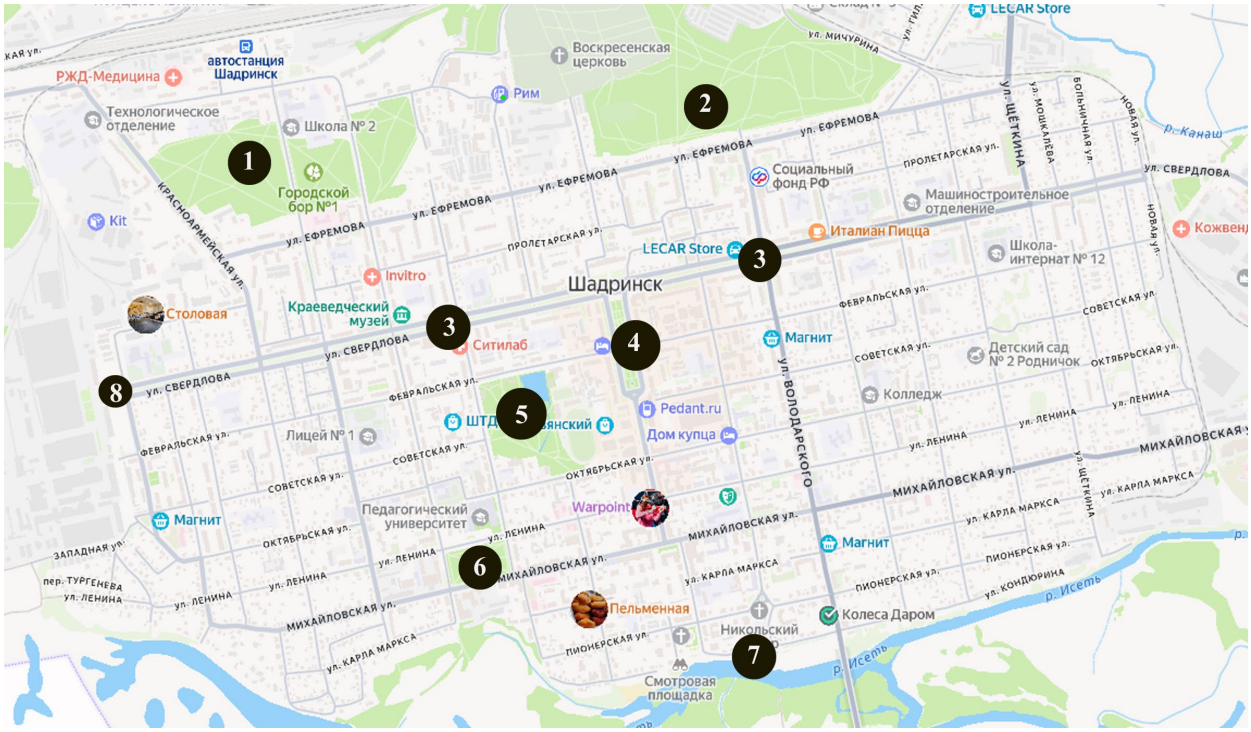
Был проведен анализ состава насаждений городских элементов озеленения Шадринска, составлены картографические схемы с указанием месторасположения объектов исследования.

Город Шадринск является одним из старейших населенных пунктов Зауралья. Заложенный в 1662 г. у реки Исеть, этот населенный пункт стал слободой для переселенцев и одновременно ключевым оборонным укреплением, контролирующим юго-восточные подступы к Русскому государству. Со временем слобода превратилась в торгово-ремесленный центр, а в 1781 г. Шад-

ринск получил статус уездного города [1, 2]. Благодаря удобному расположению на перекрестке торговых путей город развивался как центр ремесел, земледелия и торговли. В XIX в. он стал известен своими ярмарками, кожевенным и мукомольным производством. Сегодня Шадринск является важнейшим культурным, образовательным и промышленным центром региона.

Зеленые территории в истории и системе формирования города всегда играли значимую роль: в XIX–XX вв. здесь создавались сады и бульвары, в советский период активно формировались парки культуры и отдыха, а в современное время ведется работа по сохранению и реконструкции зеленого фонда [3].

Город расположен на реке Исеть, его площадь составляет около 49 км². Месторасположения элементов зеленого каркаса Шадринска представлена на рисунке.




Месторасположение объектов озеленения: 1 – городской бор № 1; 2 – продолжение городского бора № 1; 3 – Аллея ветеранов; 4 – сквер 50-летия победы; 5 – Городской сад им. Кельдюшева; 6 – сквер воинской славы; 7 – Набережная им. Носилова; 8 – сквер им. Каплунова [4]

Среди древесных насаждений наиболее распространены следующие породы: тополь бальзамический (*Populus balsamifera*) – активно использован в озеленении улиц и дворовых территорий; липа мелколистная (*Tília cordata*), береза повислая (*Betula pendula*), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), клен ясенелистный (*Acer negundo*) – широко распространился во всех участках города, в том числе самосевом; ель сибирская (*Picea obovata*) – используется в озеленении парков, а также у административных

зданий, сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) – распространена в городском бору, ива прутовидная (*Salix viminalis*) – широко распространена вдоль прибрежных территорий.

Наиболее часто встречающиеся кустарники представлены следующими видами: сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris)* – традиционный элемент посадок в скверах и дворовых участках; кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus*) – используется для создания живых изгородей; Шиповник морщинистый (*Rosa rugosa*) – используется для создания живых изгородей и для укрепления почвы на рельефный участках.

В ходе анализа территорий было выявлено, что значительная часть насаждений – липы, тополя, березы – достигли возраста биологической спелости, а также наблюдаются недостаточная санитарная обрезка и отсутствие обновления древесно-кустарниковых посадок.

Распределение зеленых зон в городе – неравномерное, в центральной части преобладает жилая, коммерческая и административная застройки и недостаточно зон рекреации. А также наблюдается низкий уровень благоустройства территорий, а именно: отсутствие современных малых архитектурных форм, дорожек и освещения.

Система озеленения города Шадринска играет важную роль в обеспечении благоприятной экологической обстановки и создании комфортной среды для жителей. Но зеленого каркаса в городе недостаточно. Возможные подходы и пути решения данной проблемы: использование «нетрадиционных» зеленых зон – озеленение крыш; вертикальное озеленение – использование лиан и ампельных растений, а также озеленение террас; ревитализация набережной – создание благоустроенных пешеходных зон; создание «зеленых» коридоров вдоль дорог, соединяющих парки и скверы; оптимизация существующих пространств – превращение заброшенных территорий и пустырей в скверы и парки [5].

При условии модернизации существующих объектов и закладки новых насаждений возможно повышение рекреационной привлекательности города, улучшение здоровья населения.

*Список источников*

1. Шадринский краеведческий музей : [сайт]. URL: https://shadr-museum.ru (дата обращения: 05.10.2025).

2. Региональные краеведческие и туристические сайты – сведения об историческом пути, переименованиях и развитии города : [сайт]. URL: https://visitshadrinsk.ru/?page_id=39&utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 05.10.2025).

3. Сродных Т. Б. Становление системы озеленения г. Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2009. № 3 (34). С. 48–53.

4. Яндекс Карты : [сайт]. URL: https://clck.ru/3RDBi2 (дата обращения: 10.01.2026).

5. Аткина Л. И., Булатова Л. В. Нормирование и размещение озелененных территорий общего пользования г. Екатеринбурга // Пермский аграрный вестник. 2017. № 4 (20). С. 145–152.

*References*

1. Shadrinsk Museum of Local History : [website]. URL: https://shadr-museum.ru (date of accessed: 05.10.2025).

2. Regional history and tourism websites – information about the historical path, renamings, and development of the city : [website]. URL: https://visit-shadrinsk.ru/?page_id=39&utm_source=chatgpt.com (date of accessed: 05.10.2025).

3. Srodnykh T. B. Formation of the landscaping system of Ekaterinburg // Forests of Russia and economy of them. 2009. No. 3 (34). P. 48–53.

4. Yandex Maps : [website]. URL: https://clck.ru/3RDBi2 (date of accessed: 10.01.2026).

5. Atkina L. I., Bulatova L. V. Rationing and placement of green areas for public use in Ekaterinburg // Perm Agrarian Bulletin. 2017. No. 4 (20). P. 145–152.

Научная статья
УДК 504.7 (571.64)

# САХАЛИНСКИЙ ЭКСПЕРИМЕТ НА ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ. КАК ОБЕСПЕЧИТЬ УГЛЕРОДНУЮ НЕЙТРАЛЬНОСТЬ В ОТДЕЛЬНО ВЗЯТОЙ ОБЛАСТИ

**Владимир Васильевич Чекашев[1], Валерия Олеговна Пракина[2]**
[1, 2] Научно-производственное объединение «Свердлесэкология», Екатеринбург, Россия
[1, 2] slek@list.ru

***Аннотация.*** В статье рассматривается перенос модели, заложенной в Сахалинском эксперименте на Свердловскую область. Приводятся данные по объемам выбросов и поглощений на ее территории (2017 г.). Рассматривается возможности увеличения поглотительной способности лесов за счет расширения использования ВИЭ – «ТЭКУС».

***Ключевые слова:*** Сахалинский эксперимент, Свердловская область, ТЭКУС, глобальное потепление

***Для цитирования*:** Чекашев В. В., Пракина В. О. Сахалинский эксперимент на территории Свердловской области. Как обеспечить углеродную нейтральность в отдельно взятой области // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 180−186.

Original article

# SAKHALIN EXPERIMENT ON THE TERRITORY OF THE SVERDLOVSK REGION. HOW TO ENSURE CARBON NEUTRALITY IN ONE REGION

**Vladimir V. Chekashev[1], Valeria O. Prakina[2]**
[1, 2] Sverdlesekologiya Research and Production Association, Ekaterinburg, Russia
[1, 2] slek@list.ru

© Чекашев В. В., Пракина В. О., 2026

***Abstract.*** This article considers the transfer of the model laid down in the Sakhalin experiment to the Sverdlovsk region. Data on emissions and absorption volumes on its territory (2017) are presented. The possibilities for increasing forest absorption capacity by expanding use of renewable energy sources thermal engineering characteristics of fuel lump elements (TECFLE) are explored.

***Keywords*:** Sakhalin experiment, the Sverdlovsk region, TECFLE global warming

***For citation:*** Chekashev V. V., Prakina V. O. (2026) Saxalinskij eksperiment na territorii Sverdlovskoj oblasti. Kak obespechit' uglerodnuyu nejtral'nost' v otdel'no vzyatoj oblasti [Sakhalin experiment on the territory of the Sverdlovsk region. How to ensure carbon neutrality in one region]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 180–186. (In Russ).

Глобальное потепление – научно-установленный факт.

Температура планеты повысилась на 1,5°, что выявило серьезные угрозы для выживания человечества на планете в случае непринятия мер по сокращению выбросов углекислого и других парниковых газов.

Мировое сообщество проделало большую работу по предотвращению развития негативного сценария. В 1997 г. заключили Киотский протокол, где были заложены механизмы для достижения цели: в т. ч. международная торговля квотами, а также установили максимальные лимиты по выбросам парниковых газов для каждой страны участницы.

В 2015 г. было принято Парижское соглашение, целью которого стало удержание повышения глобальной температуры в пределах 1,5–2° по сравнению с доиндустриальным периодом.

В России с конца 1990-х гг. проводят серьезную работу по созданию нормативных актов по декарбонизации экономики. Были приняты следующие законодательные акты по регуляции углеродного рынка в России:

1) утверждена климатическая Доктрина Российской Федерации;
2) принят Закон об основных направлениях политики Российской Федерации в области климата;
3) последний документ – Указ Президента Российской Федерации от 6 августа 2025 г. № 547 «О сокращении выбросов парниковых газов».

В этом документе Президент поручил Правительству обеспечить к 2035 г. сокращение выбросов парниковых газов до 65–67 % относительно уровня 1990 г. с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов, иных естественных экологических систем и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития России, ее недискриминационного доступа к оборудованию и технологиям, необходимым для сокращения (предотвращения) выбросов и (или) увеличения их поглощения.

Главная цель России – достичь нулевого уровня выбросов к 2060 г.

Для реализации этой цели организован Сахалинский климатический эксперимент – эксперимент, проводимый в России по достижению углеродной нейтральности в отдельно взятом регионе – Сахалинская область [1].

Эксперимент начался в сентябре 2022 г. и продлится до конца 2028 г. Его результатом, кроме достижения углеродной нейтральности, должна стать внятная система торговли выбросами углекислого газа. Планируется, что в дальнейшем она будет работать во всех регионах.

На Сахалине у предприятий, которые превышают установленные квоты на выбросы, будет два варианта. Первый – докупить недостающие углеродные единицы у климатических проектов. Второй – просто заплатить в бюджет штраф за каждую тонну CO2-экв. сверх нормы. Цена – 1 тыс. руб. за углеродную единицу.

В России только зарождается регулируемый углеродный рынок. Его прототипом станет Сахалинский эксперимент, цель которого достичь углеродной нейтральности региона к 2025 г.

В конце сентября 2022 г. в России состоялась первая пилотная сделка по купле-продаже углеродных единиц на Национальной товарной бирже. Одним из покупателей стала компания «СовТех Волго-Вятка» (входит в группу «Сбер»), которая приобрела 10 единиц по средневзвешенной цене в ₽1 тыс. за одну углеродную единицу. Эмитентом углеродных единиц стала сахалинская компания «ДальЭнергоИнвест», которая построила солнечную станцию на острове Итуруп.

Исходные данные для эксперимента: годовые выбросы CO2 – около 12,3 млн т (2021 г.), поглощение – 11,1 млн т.

В эксперименте приняли 50 предприятий, чьи выбросы превышают 50 тыс. т углекислого газа.

В сентябре 2023 г. были утверждены квоты на выбросы для 35 компаний. За эти годы состоялось несколько сделок по продаже углеродных единиц.

В апреле 2025 г. власти Сахалинской области заявили о досрочном достижении углеродной нейтральности. Регион стал первым регионом России, достигшим углеродной нейтральности.

Выбросы углекислого газа по Свердловской области составляют 107 млн т, или 25 т на каждого жителя области. Этот показатель вдвое больше, чем в среднем по России, и в четыре раза больше, чем в мире (таблица) [2].

Сравнительная характеристика двух регионов

| | Сахалин | Свердловская область |
|---|---|---|
| Население | 458 тыс. чел | 4269 тыс. чел |
| Площадь | 87101 кв. км | 194226 кв. км |
| Выбросы CO2 | 12,3 млн т | 107 млн т |
| Поглощение | 11,1 млн т | 40 млн т |

Необходимо сократить CO2 до нейтральности – 67 млн тонн.

Сахалин добился углеродной нейтральности за три года ежегодно сокращая выбросы на 0,7 млн т. Свердловская область за оставшиеся до 2060 г. должна сокращать выбросы или увеличить поглотительную способность лесов суммарно по 2 млн т ежегодно, или 67 млн т в целом.

Существуют три сценария решения поставленной задачи. Сокращение достигается только за счет увеличения поглотительной способности лесов. Здесь два пути: экстенсивный и интенсивный.

Экстенсивный предполагает увеличение площадей, занятых лесом, в 2,5 раза (посадка). Учитывая, что 80 % области уже занято лесами, ресурсов для этого варианта практически нет.

Интенсивный предполагает заметное увеличение поглощающей способности с 1 га с 1 т сегодня до 2–3 т, которые необходимы. Учитывая большой объем работ и затрат, вряд ли это будет выполнимо.

Сокращение выбросов парниковых газов за счет модернизации экономики трудно достижимо в значительных объемах и также требует больших вложений.

Гибридный предполагает использование и сокращение выбросов и увеличение поглощений в экономически доступных пределах. Кроме этого, применить широкое использование экономических механизмов регулирования (торговля квотами и др.).

В Свердловской области имеется высокий интеллектуальный потенциал для реализации проекта. Здесь работает известный ученый – Владимир Андреевич Усольцев, доктор наук, автор одной из методик учета поглощения углекислого газа лесами. С 2011 г. создан и работает карбоновый полигон УрФУ. Двадцать лет назад (2006 г.) создан Общественный Совет по проблеме глобального потепления. В 2006 г. в Екатеринбурге была проведена первая в России международная конференция по климату с участием представителя вице-президента США, лауреата Нобелевской премии по климату, Альберта Гор.

**Некоторые особенности реализации климатических программ в Свердловской области.** В Свердловской области нет угольных месторождений. Весь уголь завозится из угольных месторождений России и Казахстана. Значительные средства расходуются на перевозку угля от места добычи до потребителя.

Годовое потребление топлива составляет более 30 млн т условного топлива.

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – незначительно.

Почти вся электрическая и большая часть тепловой энергии вырабатывается централизовано.

Вместе с тем, на территории области находится до 1 200 малых котельных, работающих в основном на угольном топливе и дровах.

Все это обязывает обратить внимание на такой источник энергии, как древесина и производство из ее возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Известны возобновляемые источники из древесины в виде пеллет, топливных брикетов, дров и т. д. Обладая определенными достоинствами, они имеют значительные недостатки (большие затраты энергии на их производство, сложные технологии, значительный углеродный след и др.).

Этих недостатков нет в новом виде продукта – ТЭКУС (топливный элемент кусковой), патент №78634 [3].

Сырьем для его производства является низкосортная лиственная древесина. В области имеются ресурсы в объеме – 7,5 млн $м^3$. Производство ТЭКУС не требует дорогого оборудования. Затраты на изготовление ТЭКУС минимальны. На изготовление 1 кг ТЭКУС на автоматизированной линии СЛЭК затрачивается 6–9 сек, при мощности электродвигателя – 3 кВт.

Широкое внедрение проекта позволяет заменить 4–5 млн т каменного угля и сократить выбросы углекислого газа на 6–7 млн т [4].

Имеется опыт выпуска ТЭКУС на опытно-производственном участке в поселке Юшала, Тугулымского района Свердловской области.

С внедрением ТЭКУС суммарная поглощающая способность лесов Свердловской области может повыситься с 40 млн т до 46 млн т, или на 15 %.

Торговля квотами на международном рынке при цене 30 долларов за одну тонну может дать области до 180–200 млн долларов ежегодно.

В Свердловской области свыше 70 % территории занимают леса. Их общий запас составляет более 2 млрд $м^3$.

Ежегодная расчетная лесосека – 24 млн $м^3$, в том числе 10 млн $м^3$ – по хвойному хозяйству, 14 млн $м^3$ – по лиственному.

Освоение расчетной лесосеки неполное и составляет в целом 40 %, или 9 млн $м^3$, в т. ч. по лиственному хозяйству 20 %, или 2,8 млн $м^3$.

Около 15 млн $м^3$ древесины ежегодно извлечены из хозяйственного оборота и обречены на гниение.

Процесс гниения аналогичен процессу горения. При гниении этого объема древесины выделяется около 10 млн т углекислого газа, а выделяемое при этом тепловая энергия – рассеивается.

Не вырубленная древесина потенциально содержит в своем составе ценные сортименты, например фанерный кряж, который использовать как топливо нерационально.

Если исключить фанерное сырье, то объем потенциального сырья для производства тепловой энергии составит около 7,5 млн $м^3$.

Вес этой древесины в абсолютно сухом виде составит около 4 млн т.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Достижение углеродной нейтральности – это многофакторный процесс, требующий взаимного проникновения мероприятий по снижению уровня выбросов на промышленных предприятий и мер по увеличению поглотительной способности лесов путем использования экономических механизмов проекта

2. Реальным резервом для сокращения выбросов является более полное использование расчетной лесосеки для производства ВИЭ.

3. Исполнение проекта в Свердловской области будет проходить по гибридному варианту.

4. Свердловская область имеет все ресурсы, необходимые для достижения углеродной нейтральности

*Список литературы*

1. О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации: Федеральный закон ль 06.03.20022№34-ФЗ // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_411051/ (дата обращения: 12.01.2026).

2. Кадастр выбросов и поглощений парниковых газов Свердловской области, 2019. URL: https://expert-ural.com/articles/k-eksperimentu-po-dostizheniyu-uglerodnoy-neytralnosti-prisoedinyaetsya-ural.html (дата обращения: 12.01.2026).

3. Исследование теплотехнических характеристик топливных кусковых элементов (ТЭКУС) // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий : материалы XV международной научно-технической конференции. Екатеринбург, 2024. С. 617–621.

4. Энергетический потенциал древесины Свердловской области. Пути оптимизации // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий : материалы XVI международной научно-технической конференции. Екатеринбург, 2025.

*References*

1. On conducting an experiment to limit greenhouse gas emissions in Certain subjects of the Russian Federation : Federal Law No. 34-FZ dated 06.03.20022 // ConsultantPlus : [website]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_411051 / (date of accessed: 12.01.2026).

2. Inventory of greenhouse gas emissions and removals in the Sverdlovsk region, 2019. URL: https://expert-ural.com/articles/k-eksperimentu-po-dosti-zheniyu-uglerodnoy-neytralnosti-prisoedinyaetsya-ural.html (date of accessed: 12.01.2026).

3. Research of thermal engineering characteristics of fuel cells (fuel cells) // Effective response to modern challenges, taking into account the interaction of man and nature, man and technology : proceedings of the XV International Scientific and Technical Conference. Esa-Edinburgh, 2024. P. 617–621.

4. Energy potential of wood in the Sverdlovsk region. Ways of optimization // Effective response to modern challenges, taking into account the interaction of man and nature, man and technology : materials of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg, 2025.

Научная статья
УДК 634.721

# ОПЫТ ПО УКОРЕНЕНИЮ ЧЕРЕНКОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ С РАЗЛИЧНЫМИ СТИМУЛЯТОРАМИ КОРНЕОБРАЗОВАНИЯ

**Артем Игоревич Чермных[1], Алексей Сергеевич Клинов[2], Кристина Павловна Новоселова[3]**
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] chermnyhai@m.usfeu.ru
[2] alexklinov2002@gmail.com
[3] krisvspcv@mail.ru

***Аннотация.*** В исследовании приведены данные по укореняемости семи сортов смородины черной из коллекции УСЛК им. Л. И. Вигорова. Приведено сравнение двух стимуляторов корнеобразования, в качестве контроля использовалась вода. Дана оценка состояния черенков.

***Ключевые слова*:** зеленый черенок, укоренение, стимулятор, смородина черная, индолил-3-масляная кислота, 1-нафтилуксусная кислота

***Для цитирования:*** Чермных А. И., Клинов А. С., Новоселова К. П. Опыт по укоренению черенков смородины черной с различными стимуляторами корнеобразования // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 187−191.

Original article

# EXPERIENCE ON THE ROOTING BLACK CURRANT CUTTINGS WITH VARIOUS ROOT FORMATION STIMULANTS

**Artem I. Chermnykh[1], Alexey S. Klinov[2], Kristina P. Novoselova[3]**
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] chermnyhai@m.usfeu.ru
[2] alexklinov2002@gmail.com
[3] krisvspcv@mail.ru

© Чермных А. И., Клинов А. С., Новоселова К. П., 2025

***Abstract.*** The research presents data on the rootability of seven black currant varieties from the collection of the L. I. Vigorov UGMC. Two rooting stimulants are compared, with water serving as a control. The condition of the cuttings is assessed.

***Keywords:*** green cuttings, rooting, stimulator, black currant, indole-3-butyric acid, 1-naphthylacetic acid

***For citation:*** Chermnykh A. I., Klinov A. S., Novoselova K. P. (2026) Opyt po ukoreneniyu cherenkov smorodiny chernoy s razlichnymi stimulyatorami korneobrazovaniya [Experience on the rooting black currant cuttings with various root formation stimulants]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 187–191. (In Russ).

Активное развитие садоводства и питомниководства в России рождает большой спрос на хорошо размножаемые сорта и методики, позволяющие с минимальными затратами сил и средств получить максимально возможное количество качественного посадочного материала. Благоприятные условия для бурного развития питомниководческих организаций и ежегодное повышение спроса на продукцию позволяет надеяться, что производимый материал найдет своего потребителя на внутреннем рынке [1].

В стране прогнозируется и уже заметны большие изменения в сфере растениеводства, выделяются гранты, субсидии, привлекаются частные инвестиции. Все это делает работы по исследованиям в теме размножения растений чрезвычайно актуальной [2, 3].

Отмечается, что в настоящее время и в ближайшем будущем особенно остро будет стоять вопрос об ускоренных методиках размножения растений. При этом важно, чтобы полученный посадочный материал отвечал всем нормам и стандартам, а также был максимально устойчив к инфекционным поражениям [3–6].

Целью работы стало сравнение эффективности применения двух стимуляторов корнеобразования при укоренении черенков смородины черной.

**Объекты и методика исследований.** Опыт проводился на территории Ботанического сада «Уральский сад лечебных культур им. Л. И. Вигорова». Объектами исследований послужили семь сортов смородины черной. Заготовленные в июле 2024 г. ветви нарезали на черенки с сохранением 1–3 междоузлия на каждом черенке. Черенки связывались в пучки и выдерживались в растворе базальной частью на протяжении трех часов в трех вариантах:

1) вода;
2) 0,05% р-р индолил-3-масляной кислоты;
3) 0,05% р-р 1-нафтилуксусной кислоты.

Укоренение проводилось в теплице с ежедневным поливом. Перед посадкой грунт был обеззаражен раствором перманганата калия в концентрации 0,05 %.

В ходе опыта проводился подсчет укоренившихся черенков каждого сорта и определялся процент укореняемости. Также определялся балл облиственности по шкале от 1 до 5, где 1 – наименьшая оценка и 5 – наивысшая.

**Результаты и обсуждение.** Учет укоренившихся черенков проводился 23–24 октября 2024 г., данные учета приведены в табл. 1

*Таблица 1*

Укореняемость черенков смородины черной при размножении зеленым черенком

| Наименование сорта | Укореняемость, % | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ИМК[1] | НУК[2] | Контроль (вода) | Среднее по сорту |
| Детскосельская | 89,5 | 97,1 | 87,5 | 91,4 |
| Дальневосточная | 81,6 | 66,7 | 82,8 | 77,0 |
| Сладкоплодная | 80,0 | 69,0 | 83,3 | 77,4 |
| Душистая | 88,2 | 83,3 | 90,9 | 87,5 |
| Лунная | 92,7 | 93,0 | 92,3 | 92,7 |
| Загадка | 84,0 | 81,4 | 84,1 | 83,2 |
| Багира | 86,7 | 71,1 | 50,0 | 69,3 |
| Среднее по варианту опыта | 86,1 | 80,2 | 81,6 | – |
| *Примечание:* 1– 0,05 % р-р индолил-3-масляной кислоты; 2– 0,05 % р-р 1-нафтилуксусной кислоты | | | | |

Из данных табл. 1 видно варьирование доли укоренившихся черенков при использовании различных стимуляторов. При сравнении средних результатов по варианту опыта (стимулятору) видно, что наибольшая доля укоренившихся черенков получена при использовании ИМК – 86,1 %, средний в контроле – 80,2 % и наихудший при применении НУК. В тоже время при сравнении сорта и стимулятора количество укорененных черенков отмечено у сорта Детскосельская с НУК – 97,1 %, Лунная с НУК – 93,0 % и Лунная с ИМК 92,7 %.

На успешность процесса корнеобразования влияет масса факторов, в числе которых прежде всего соблюдение технологии черенкования и налаженные процессы последующего полива, проветривания. Также важны особенности отдельных сортов, гранулометрические характеристики грунта и прочее [7].

В работе проведена оценка общего состояния растения, присвоен балл облиственности, данные приведены в табл. 2.

*Таблица 2*

Балл облиственности укорененного черенка

| Наименование сорта | Балл состояния | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ИМК[1] | НУК[2] | Контроль (вода) | ср. по сорту |
| Детскосельская | 2,8 | 2,8 | 3,3 | 3,0 |
| Дальневосточная | 2,1 | 2,0 | 2,5 | 2,2 |
| Сладкоплодная | 1,9 | 1,6 | 2,3 | 1,9 |
| Душистая | 3,5 | 2,5 | 3,5 | 3,2 |
| Лунная | 2,8 | 2,8 | 3,2 | 2,9 |
| Загадка | 2,7 | 2,3 | 2,6 | 2,5 |
| Багира | 1,9 | 2,6 | 2,9 | 2,5 |
| Среднее по всем сортам | 2,5 | 2,4 | 2,9 | 2,6 |
| *Примечание*: 1– 0,05 % р-р индолил-3-масляной кислоты; 2– 0,05 % р-р 1-нафтилуксусной кислоты | | | | |

Из приведенных в таблице данных видно, что наивысший средний балл облиственности отмечен у контрольных черенков – 2,9, наименьший средний – у черенков с НУК – 2,4. При сравнении ИМК и НУК видно, что черенки, выдержанные в ИМК, имеют большую оценку, чем НУК. Наивысший балл отмечен у контроля.

Собранные в ходе исследования данные показывают важность выбора не только видов и сортов растений для размножения, но и подбор оптимальных методик черенкования этих растений.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Наилучшее укоренение отмечено у сортов Лунная, Детскосельская и Душистая – 92,7, 91,4 и 87,5 % соответственно, во всех вариантах опыта.

2. Сравнивая ИМК и НУК, можно сделать вывод, что доля укоренившихся черенков у ИМК больше по отдельным сортам, и в среднем по результатам опытов – 86,1 % (ИМК) и 80,2 % (НУК).

3. Сорта Душистая, Детскосельская и Лунная имеют также и наибольший балл облиственности – 3,2, 3,0 и 2,9 соответственно.

## *Список источников*

1. Анализ состояния и перспективные направления развития питомниководства и садоводства / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуров, О. В. Кондратьева [и др.]. М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2019. 88 с.

2. Борисова А. А. Научное обеспечение селекционно-питомниководческих центров. Организация питомников различных категорий и форм собственности: матер. презентации на семинаре-совещании «Инновационные технологии для промышленного проектирования плодовых и ягодных культур в Российской Федерации (17–19 апреля 2018 г.). М., 2018. 41 с.

3. Куликов И., Борисова А., Тумаева Т. На пороге вхождения в цивилизованный рынок // Селекция, семеноводство и генетика. 2018. № 3. С. 15–17.

4. ГОСТ Р 53044–2008. Материал плодовых и ягодных культур посадочный. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2009. 11 с.

5. ГОСТ Р 53135–2008. Посадочный материал плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных, цитрусовых культур и чая. М. : Стандартинформ, 2009. 41 с.

6. ГОСТ 34231–2017. Материал посадочный плодовых и ягодных культур. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2017. 11 с.

7. 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.

*References*

1. Analysis of the state and promising directions of development of nurseries and horticulture / V. F. Fedorenko, N. P. Mishurov, O. V. Kondratieva [et al.]. M. : Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex, 2019. 88 p.

2. Borisova A. A. Scientific support for breeding and nursery centers. Organization of nurseries of various categories and forms of ownership: materials of the presentation at the seminar-meeting “Innovative technologies for industrial design of fruit and berry crops in the Russian Federation” (April 17–19, 2018). M., 2018. 41 p.

3. Kulikov I., Borisova A., Tumaeva T. On the threshold of entering the civilized market // Selection, seed production and genetics. 2018. No. 3. P. 15–17.

4. GOST R 53044–2008. Planting material of fruit and berry crops. Terms and definitions. M. : Standartinform, 2009. 11 p.

5. GOST R 53135–2008. Planting material of fruit, berry, subtropical, nut, citrus crops and tea. M. : Standartinform, 2009. 41 p.

6. GOST 34231–2017. Planting material of fruit and berry crops. Terms and definitions. M. : Standartinform, 2017. 11 p.

7. 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 of them. 2025. No. 2 (93). P. 78–87.

Научная статья
УДК 634.71

# ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОРТОВ КНЯЖЕНИКИ ШВЕДСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО САДА ИМЕНИ Р. И. ШРЕДЕРА

**Антон Игоревич Чудецкий[1], Артем Олегович Сахаров[2], Андрей Владимирович Савин[3]**
[1] Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия
[2, 3] Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия
[1] a.chudetsky@mail.ru
[2] artemsakharov8@gmail.com
[3] savinandrey20061@yandex.ru

***Аннотация.*** В статье представлены результаты фенологических наблюдений за сортами княженики обыкновенной (*Rubus arcticus* L.) шведской селекции (Anna, Beata, Linda, Sofia) в условиях интродукции в Дендрологическом саду имени Р. И. Шредера (г. Москва). Установлены сроки наступления ключевых фенологических фаз. Отмечена адаптированность изученных сортов к условиям умеренного климата.

***Ключевые слова:*** княженика, *Rubus arcticus,* фенология, сорт, селекция

***Для цитирования:*** Чудецкий А. И., Сахаров А. О., Савин А. В. Фенологические особенности сортов княженики шведской селекции в условиях Дендрологического сада имени Р. И. Шредера // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 192–197.

© Чудецкий А. И., Сахаров А. О., 2026

Original article

# PHENOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SWEDISH-SELECTED ARCTIC BRAMBLE VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE DENDROLOGICAL GARDEN NAMED BY R. I. SHROEDER

**Anton I. Chudetsky[1], Artyom O. Sakharov[2], Andrey V. Savin[3]**
[1] Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia
[2, 3] Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia
[1] a.chudetsky@mail.ru
[2] artemsakharov8@gmail.com
[3] savinandrey20061@yandex.ru

***Abstract.*** The article presents the results of phenological observations of Swedish-selected arctic bramble (*Rubus arcticus* L.) varieties (Anna, Beata, Linda, Sofia) introducted in the conditions of the dendrological garden named by R. I. Shroeder (Moscow). The timing of key phenological phases was established. Adaptability of the researched varieties to temperate climate conditions is confirmed.

***Keywords:*** arctic bramble, *Rubus arcticus,* phenology, variety, selection

***For citation:*** Chudetsky A. I., Sakharov A. O., Savin A. V. (2026) Fenologicheskie osobennosti sortov knyazheniki shvedskoy selektsii v usloviyakh dendrologicheskogo sada imeni R. I. Sredera [Phenological characteristics of Swedish-selected arctic bramble varieties in the conditions of the dendrological garden named by R. I. Shroeder]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 192– 197. (In Russ).

В настоящее время существует необходимость в обеспечении продовольственной безопасности страны отечественным посадочным материалом. Важную роль в ее реализации играет развитие плодоовощного и ягодного направления, в т. ч. за счет внедрения высокоценных культур, адаптированных к условиям различных регионов России. Особое внимание в последние годы уделяется северным ягодным культурам, традиционно относящимся к группе дикорастущих, но обладающим высоким потенциалом для культивирования. Плоды таких растений, как клюква, голубика, брусника, морошка и княженика, отличаются большим содержанием антиоксидантов и витаминов, что определяет их высокую пищевую, диетическую

и лекарственную ценность. В условиях растущего спроса на экологически чистую и функциональную продукцию интерес к этим видам существенно возрастает как со стороны потребителей, так и со стороны производителей [1–3].

Одной из перспективных культур является княженика, или костяника арктическая (*Rubus arcticus* L.), – травянистое корневищное растение из семейства Розовые (*Rosaceae*) с ароматными, богатыми биологически активными веществами ягодами. Несмотря на ограниченный ареал естественного произрастания, княженика является перспективной для введения в культуру в регионах с умеренным и северным климатом, включая Центральную Россию. В настоящее время существуют сорта финской, шведской и российской селекции [2, 3, 5]. Успешное культивирование княженики требует глубокого понимания ее биологических особенностей, в первую очередь – фенологических фаз развития. Точное знание сроков наступления ключевых стадий вегетации – от пробуждения почек до созревания плодов – позволяет своевременно проводить агротехнические мероприятия: вносить удобрения в периоды интенсивного роста, осуществлять профилактические и лечебные обработки против болезней и вредителей, активность которых приурочена к определенным фенофазам, а также минимизировать стрессовые воздействия.

Исследования проводились в Дендрологическом саду имени Р. И. Шредера (г. Москва) в 2025 г. В качестве объектов исследований изучались сорта княженики шведской селекции – Anna, Beata, Linda, Sofia. Растения были высажены в траншеи глубиной и шириной 40 см, заполненные кислым верховым торфом. Отмечались ключевые фенологические фазы развития растений: начало и завершение бутонизации, начало и конец цветения, а также начало формирования, окрашивания и полного созревания плодов.

Начало вегетации у всех изученных сортов (Anna, Beata, Sofia, Linda) наступило одновременно – 12 марта. В дальнейшем вегетативный рост протекал равномерно, и к концу апреля все растения достигли стадии активного нарастания побегов.

Фаза бутонизации началась у сортов Anna, Sofia и Linda 5 мая, в то время как у сорта Beata она началась в тот же день, но продолжалась значительно дольше – до 23 мая, тогда как у остальных сортов массовая бутонизация завершилась к 16 мая. Это указывает на более растянутый по времени процесс закладки цветковых почек у сорта Beata. Цветение началось 20 мая у сортов Anna и Sofia, 18 мая – у сорта Linda (ранний срок созревания) и 24 мая – у Beata (поздний срок созревания). Массовое цветение у всех сортов наблюдалось с 20 по 28 мая, а окончание – 28 мая, за исключением Beata, у которого цветение завершилось на один день позже. Таким образом, сорт Linda оказался наиболее ранним по началу цветения, а Beata – наиболее поздним.

Фаза завязывания плодов началась у всех сортов 30 мая, однако ее продолжительность варьировала: у Anna и Beata она длилась 2–3 дня, у Sofia и Linda – до 5 июня. Переход к фазе налива плодов пришелся на период со 2 по 4 июня. Начало окрашивания плодов отмечено 4 июня у сорта Anna, 9 июня – у Beata, Sofia и Linda. Уже 16 июня у сортов Anna, Sofia и Linda отмечались единичные случаи созревания, тогда как у Beata – только 25 июня, что подтверждает ее позднеспелую природу. Массовое созревание началось 23 июня у Anna, Sofia и Linda, и 28 июня – у Beata. Продолжительность периода массового созревания составила около двух недель. Завершение плодоношения и начало вторичной вегетации отмечены 15 июля у всех сортов, за исключением Beata, у которого плодоношение закончилось на неделю раньше – 7 июля. Дальнейший рост новых побегов проходил интенсивно до конца июля, после чего наступило замедление роста.

Полученные данные о сроках наступления ключевых фенофаз имеют важное практическое значение для оптимизации агротехнических приемов: внесения удобрений, проведения фитосанитарных обработок, приуроченных к чувствительным периодам развития растений, а также организации уборки урожая. Результаты могут быть использованы при выращивании княженики в Европейской части России в схожих природно-климатических условиях. Результаты существующих научных исследований по ускоренному получению посадочного материала княженики [5–10] позволяют определить перспективы размножения изученных сортов для промышленного садоводства.

*Список источников*

1. Залесов С. В., Годовалов Г. А., Коростелев А. С. Недревесная продукция леса. Изд. 4-е, пер. и доп. М. : Юрайт, 2019. 351 с.

2. Теория и практика размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений Rubus arcticus L., Oxycoccus palustris Pers. и Vaccinium angustifolium Ait. / С. С. Макаров, В. С. Виноградова, Г. В. Тяк, Н. А. Бабич. Караваево : Костромская ГСХА, 2021. 394 с.

3. Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений / С. С. Макаров, М. Т. Упадышев, Р. С. Хамитов [и др.]. М. : Колос-с, 2023. 152 с.

4. Размножение и культивирование княженики арктической (Rubus arcticus L.) / Г. В. Тяк, С. С. Макаров, Е. А. Калашникова, А. В. Тяк // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 52. С. 95–99.

5. Коренев И. А., Тяк Г. В., Макаров С. С. Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения (in vitro) // Лесохозяйственная информация. 2019. № 3. С. 180–189.

6. Макаров С. С., Кузнецова И. Б., Смирнов В. С. Совершенствование технологии клонального микроразмножения княженики арктической (Rubus arcticus L.) // Лесохозяйственная информация. 2018. № 4. С. 91–97.

7. Влияние освещения на ризогенез ягодных растений при клональном микроразмножении / С. С. Макаров, С. А. Родин, И. Б. Кузнецова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51, № 3. С. 520–528.

8. Получение посадочного материала Rubus arcticus L. Методом клонального микроразмножения / С. С. Макаров, Г. В. Тяк, И. Б. Кузнецова [и др.] // ИВУЗ. Лесной журнал. 2021. № 6. С. 89–99.

9. Применение освещения различного спектрального диапазона при клональном микроразмножении лесных ягодных растений / С. С. Макаров, М. Т. Упадышев, И. Б. Кузнецова [и др.] // ИВУЗ. Лесной журнал. 2022. № 6. С. 82–93.

10. Клональное микроразмножение лесных ягодных растений рода Rubus / С. С. Макаров, М. Т. Упадышев, Н. Р. Сунгурова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2024. Т. 54, № 1. С. 60–70.

*References*

1. Zalesov S. V., Godovalov G. A., Korostelev A. S. Non-wood forest products. 4th ed. trans. and add. M. : Urait, 2019. 351 p.

2. Theory and practice of reproduction and plantation cultivation of forest berry plants Rubus arcticus L., Oxycoccus palustris Reg. and Vaccinium angustifolium Ait. / S. S. Makarov, V. S. Vinogradova, G. V. Tyak, N. A. Babich. Karavaevo : Kostroma State Agricultural Academy Publ., 2021. 394 p.

3. Prospects for industrial cultivation and biotechnological methods of reproduction of forest berry plants / S. S. Makarov, M. T. Upadyshev, R. S. Khamitov [et al.]. M. : Kolos-s, 2023. 152 p.

4. Reproduction and cultivation of the arctic bramble (Rubus arcticus L.) / G. V. Tyak, S. S. Makarov, E. A. Kalashnikova, A. V. Tyak // Fruit and Berry Growing in Russia. 2018. Vol. 52. P. 95–99.

5. Korenev I. A., Tyak G. V., Makarov S. S. Creation of new cultivaras of forest berry plants and prospects for its intensive reproduction (in vitro) // Forestry Information. 2019. No. 3. P. 180–189.

6. Makarov S. S., Kuznetsova I. B., Smirnov V. S. Improving the technology of clonal micropropagation of arctic bramble (Rubus arcticus L.) // Forestry Information. 2018. No. 4. P. 91–97.

7. The influence of lighting on the rhizogenesis of berry plants during clonal micropropagation / S. S. Makarov, S. A. Rodin, I. B. Kuznetsova [et al.] // Techniques and technology of food production. 2021. Vol. 51, No. 3. P. 520–528.

8. Obtaining the planting material of Rubus arcticus L. by the method of clonal micropropagation / S. S. Makarov, G. V. Tyak, I. B. Kuznetsova [et al.] // NHEI Forest Journal. 2021. No. 6. P. 89–99.

9. Application of illumination of various spectral ranges in clonal micropropagation of forest berry plants / S. S. Makarov, M. T. Upadyshev, I. B. Kuznetsova [et al.] // NHEI Forest Journal. 2022. No. 6. P. 82–93.

10. Clonal micropropagation of forest berry plants of the genus Rubus / S. S. Makarov, M. T. Upadyshev, N. R. Sungurova [et al.] // Techniques and technology of food production. 2024. Vol. 54, No. 1. P. 60–70.

Научная статья
УДК 631.53

# ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ ИССЫК-КУЛЬСКОГО ЛЕСХОЗА РЕСПУБЛИКИ КЫРГЫЗСТАН

**Нурстан Мадылканович Чынгожоев[1], Нурсултан Бакытбекович Кубатбеков[2], Сергей Вениаминович Залесов[3]**
[1, 2] Научно-производственный центр исследований лесов имени П. А. Гана Национальной академии наук Кыргызской Республики, Бишкек, Кыргызстан
[3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] nurstan@mail.ru
[2] n.kubatlekov92@gmail.kom
[3] zalesovsv@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** Проанализированы площади питомников и количество выращиваемого посадочного материала различных древесно-кустарниковых видов в Иссык-Кульском лесхозе Республики Кыргызстан. Сокращение продуцирующей площади питомников и выхода посадочного материала требует пересмотра отношения к агротехнике выращивания. Рекомендуется создать арборетум для определения перспективности интродуцентов, начать выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой и строго соблюдать технологию выращивания сеянцев и саженцев.

***Ключевые слова****:* Кыргызстан, лесной питомник, сеянцы, саженцы

***Для цитирования****:* Чынгожоев Н. М., Кубатбеков Н. Б., Залесов С. В. Выращивание посадочного материала в лесных питомниках Иссык-Кульского лесхоза Республики Кыргызстан // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 198−206.

© Чынгожоев Н. М., Кубатбеков Н. Б., Залесов С. В., 2026

Original article

# CULTIVATION OF PLANTING MATERIAL IN THE FOREST NURSERIES OF THE ISSYK-KUL FORESTRY ENTERPRISE OF THE REPUBLIC OF KYRGYZSTAN

**Nurstan M. Chingozhoev[1], Nursultan B. Kubatbekov[2], Sergey V. Zalesov[3]**
[1, 2] Scientific and production center of research of forests. P. A. Ghana National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan
[3] Ural State Forestry University, Ekaterinburg, Russia
[1] yurig.bespalov.79@mail.ru
[2] zamdir@kldk.altailes.com
[3] zalesovsv@m.usfeu.ru

***Abstract.*** The areas of nurseries and the quantity of cultivated planting material of various tree and shrub species in the Issyk-Kul forestry of the Republic of Kyrgyzstan are analyzed. The reduction of the producing area of nurseries and the yield of planting material requires a revision of the attitude to agricultural cultivation techniques. It is recommended to create an arboretum to determine the prospects of introducers, start growing planting material with a closed root system and strictly follow the technology of growing seedlings and seedlings.

***Keywords:*** Kyrgyzstan, forest nursery, seedlings, saplings
***For citation:*** Chyngozhoev N. M., Kubatbekov N. B., Zalesov S. V. (2026) Vyrashhivanie posadochnogo materiala v lesnyx pitomnikax Issyk-Kul'skogo lesxoza Respubliki Ky`rgy`zstan [Cultivation of planting material in the forest nurseries of the Issyk-Kul forestry enterprise of the Republic of Kyrgyzstan]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 198–206. (In Russ).

Территория Иссык-Кульского лесхоза Республики Кыргызстан, где проводились исследования, характеризуется жесткими лесорастительными условиями. Последнее объясняется тем, что указанный район расположен на южном склоне хребта Кунгей-Алатау в диапазоне высот от 1608 до 4500–5000 м над уровнем моря. Для территории лесхоза характерна вертикальная поясность, что проявляется в расположении на высоте от 1800 до 3200 м над уровнем моря еловых лесов с лугостепями и лугами на северных склонах гор, степей и лугостепей на южных склонах. Выше лесного пояса расположены субальпийский пояс с разнотравьем и зарослями стланиковой арчи (видов рода *Juniperus* L.), а еще выше – альпийский пояс с альпийским разнотравьем и кобрезиевыми лугами.

Количество осадков увеличивается с запада на восток в зависимости от высоты над уровнем моря. На каждый километр продвижения с запада на восток осадков выпадает на высоте до 2300 м на 2 мм больше, от 2300 до 2500 – на 1,5 мм, на высоте от 2500 до 2800 м над уровнем моря – на 1 мм.

Продолжительность вегетационного периода в среднем составляет 138 дней. Доминирование склонов крутизной 15–45$^0$ предопределяет преобладание мелких почв и опасность развития эрозионных процессов.

Если учесть, что лесистость Республики Кыргызстан составляет 4,32 %, а роль лесов в выполнении водоохранных, водорегулирующих и почвозащитных и других экологических функций общеизвестна, то становится понятной актуальность проведения работ по лесовосстановлению и лесоразведению.

К сожалению, наблюдающиеся изменения климата в сторону аридизации, в сочетании с жесткими лесорастительными условиями и высокими антропогенными нагрузками, особенно выпасом скота, существенно снижают возможности естественного лесовозобновления. Не случайно в жестких лесорастительных условиях создаются лесные культуры [1–5], в том числе с закрытой корневой системой [6, 7]. При этом искусственный способ лесовосстановления обуславливает необходимость выращивания значительного количества посадочного материала.

Цель исследований – проанализировать выращивание посадочного материала в 2001 и 2013 гг. и дать предложения по повышению эффективности работы в данном направлении.

В основу исследований положены научные и ведомственные материалы, данные лесоустройства и результаты собственных исследований авторов.

Установлено, что в 2001 г. в Иссык-Кульском лесхозе было 11 питомников, из которых посадочный материал выращивался в семи. При этом два питомника «Чон-суу» и «Аэродром» использовались для выращивания сельскохозяйственных культур, а еще два «Кичи-Ак-суу-шлагбаум» и «Тегермент» были запущены и не использовались по прямому назначению. Данные о действующих питомниках приведены в табл. 1.

*Таблица* 1

Площадь действующих в Иссык-Кульском лесхозе питомников по данным на 2001 год, га

| Название питомника | Площадь | | Культивируемая пара | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | общая | продуцирующая | С | Е | Д | Кл | В | Б | Т | Плодовые | Прочие |
| Григорьевское лесничество | | | | | | | | | | | |
| Семеновка | 18,4 | 1,51 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0,03<br>0 | 0,01<br>0 | 0,06<br>0 | 0,11<br>0 | 0<br>0,94 | 0,10<br>0 | 0,06<br>0,20 |
| Ананьевское лесничество | | | | | | | | | | | |
| Чет-Байсорун | 12,7 | 3,62 | 0,06<br>0,18 | 0,03<br>0,07 | 0,03<br>0 | 0,02<br>0,02 | 0,03<br>0,02 | 0,05<br>0,03 | 0<br>1,84 | 0,26<br>0,68 | 0,01<br>0,29 |
| Кичи-Ак-Суу | – | 1,03 | 0<br>0 | 0<br>1,03 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 |
| Урюктинское лесничество | | | | | | | | | | | |
| Чон-Урюкты | 2,5 | 1,94 | 0,04<br>0,06 | 0,69<br>1,06 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0,09 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 |
| Чон-Байсорун | 1,2 | 0,43 | 0<br>0 | 0,03<br>0,07 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0,11 | 0,22<br>0 | 0<br>0 |
| Ачык-Таш | 0,03 | 0,02 | 0<br>0 | 0,02<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 |
| Орто- | 1,1 | 0,13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Урюкты | – | – | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,12 | 0 | 0 |
| Всего | 35,93 | 8,68 | 0,10<br>0,24 | 0,77<br>2,24 | 0,06<br>0 | 0,03<br>0,02 | 0,09<br>0,02 | 0,16<br>0,12 | 0<br>3,01 | 0,58<br>0,68 | 0,07<br>0,49 |

*Примечание*: Числитель – площадь посевного отделения, знаменатель – школьного; С – сосна обыкновенная, Е – ель тянь-шаньская, Д – дуб черешчатый, Кл – клен, В – вяз, Б – береза, Т – тополь

Материалы табл. 1 наглядно свидетельствуют, что продуцирующая часть действующих питомников составляет лишь 24,2 % от общей площади. При этом на долю посевных отделений приходится 21,4 %, а на долю школьных отделений – 78,6 % продуцирующей площади лесных питомников. При этом все действующие питомники были постоянными за исключением временного питомника «Ачык-Таш» площадью 0,03 га.

К сожалению, к 2013 г. Положение с лесными питомниками не улучшилось (табл. 2).

*Таблица* 2

Площадь действующих лесных питомников по данным 2013 г., га

| Площадь | | Культивируемые породы | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| об-щая | про-дуци-рую-щая | Ск | С | Ет | Ек | П | Б | В | Тб | Тп | Лох | К | Д | Туя | Г | Бир. | Я |
| Григорьевское лесничество<br>Лесной питомник «Семеновка» | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18,4 | 0,395 | 0<br>0,04 | 0<br>0 | 0,03<br>0,07 | 0,02<br>0,03 | 0<br>0 | 0,02<br>0,02 | 0<br>0 | 0<br>0,1 | 0<br>0 | 0,014<br>0 | 0,015<br>0 | 0,016<br>0 | 0<br>0,02 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 |
| Ананьевское лесничество | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17,3 | 0,922 | 0<br>0 | 0,01<br>0 | 0,17<br>0 | 0,006<br>0 | 0,005<br>0 | 0,06<br>0,025 | 0,02<br>0 | 0<br>0,24 | 0<br>0,24 | 0,022<br>0 | 0,039<br>0 | 0,01<br>0 | 0,005<br>0,01 | 0,01<br>0,01 | 0<br>0,01 | 0,01<br>0,02 |
| Урюктинское лесничество | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,20 | 1,20 | 0<br>0,09 | 0<br>0,03 | 0,35<br>0,31 | 0<br>0,14 | 0<br>0,02 | 0,08<br>0,10 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0,05<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0,03 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 |
| Урюктинский айылный аймак | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,087 | 0,087<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0,037 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0,05 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 | 0<br>0 |
| Всего в Иссык-Кульском лесхозе | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36,982 | 2,604 | 0<br>0,13 | 0,01<br>0,03 | 0,55<br>0,417 | 0,026<br>0,17 | 0,005<br>0,02 | 0,16<br>0,195 | 0,02<br>0 | 0<br>0,34 | 0<br>0,24 | 0,036<br>0 | 0,104<br>0 | 0,026<br>0 | 0,005<br>0,06 | 0,01<br>0,01 | 0<br>0,01 | 0,01<br>0,02 |

*Примечание*: Числитель – площадь посевного отделения, знаменатель – школьного; Ск – сосна крымская, С – сосна обыкновенная, Ет – ель тянь-шаньская, Ек – ель колючая, П – пихта, Б – береза, В – вяз, Тб – тополь белый, Тп – тополь пирамидальный, Лох – лох узколистный, К – каштан, Д – дуб, Г – груша, Бир. – бирючина, Я – яблоня

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что если общая площадь питомников практически не изменилась, то продуцирующая площадь с 2001 по 2013 гг. уменьшилась на 6,078 га, или на 70,0 %. При этом площадь посевных отделений составила 36,9 % от продуцирующей площади.

В то же время увеличился ассортимент выращиваемого посадочного материала до 15 видов.

Сокращение площади питомников объясняется сложностями посадочного материала, а также недостаточным финансированием. Известно, что вынос питательных элементов с посадочным материалом приводит к обеднению почвы, а использование удобрений – дорогостоящее мероприятие [8–12].

Указанное вызывает необходимость анализа выхода стандартного материала. Исследования показали, что фактический выход посадочного материала с единицы площади зависит от древесной породы (табл. 3).

*Таблица* 3

Количество выращенного посадочного материала и его фактический выход в лесных питомниках Иссык-Кульского лесхоза в разные годы, тыс. шт.

| Древесная порода | Выращено сеянцев | | Плановый выход с 1 га | | Фактический выход с 1 га | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | однолетних | двухлетних и старше | однолетних | двухлетних и старше | однолетних | двухлетних и старше |
| 2001 г. | | | | | | |
| Ель тянь-шаньская | 238 | 314 | 2700 | 1000 | 3400 | 1963 |
| Дуб черешчатый | – | 3 | – | 400 | – | 150 |
| Береза повислая | – | 17 | – | 400 | – | 213 |
| Плодовые | 43 | 37 | 300 | 250 | 253 | 195 |
| Итого | 281 | 371 | 3000 | 2050 | 3653 | 2521 |
| 2012 г. | | | | | | |
| Ель тянь-шаньская | 117,0 | 223,0 | 2700 | 1800 | 1950,0 | 2123,8 |
| Дуб черешчатый | 1,0 | – | 500 | 400 | 100,0 | – |
| Береза повислая | – | 26,1 | 700 | 400 | – | 435,0 |
| Каштан | 0,113 | 0,400 | 350 | 300 | 22,6 | 100,0 |
| Лох узколистный | 0,300 | – | 400 | 300 | 200,0 | 0 |
| Яблоня | 2,5 | – | 350 | 300 | 250,0 | – |
| Груша | 2,0 | – | 350 | 300 | 200,0 | – |
| Итого | 122,9 | 249,5 | 5350 | 3800 | 2722,6 | 2658,8 |

Материалы табл. 3 свидетельствуют, что количество выращиваемого посадочного материала в 2012 г. Сократилось по сравнению с 2001 г. На 279,6 тыс. шт. (42,9 %). При этом ассортимент видов не сократился и сокращение произошло преимущественно за счет сеянцев ели тянь-шаньской.

Особо следует отметить, что по большинству видов фактический выход посадочного материала оказался ниже плановых показателей, что вызывает необходимость совершенствования технологии выращивания.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Территория Иссык-Кульского лесхоза Республики Кыргызстан расположена в горных условиях с жесткими лесорастительными условиями.

2. Изменение климата в сторону аридизации резко усложняет естественное возобновление. Кроме того, на успешность естественного возобновления негативное влияние оказывают антропогенные нагрузки.

3. Основным способом лесовосстановления является искусственный, при этом крутизна склонов и доминирование мелких почв затрудняют создание лесных культур и требуют разработки оригинальных технологий их создания.

4. Несмотря на значительные потребности в посадочном материале объемы выращивания последнего сокращаются.

5. Сокращение количества выращиваемых сеянцев (саженцев) объясняется недостатком финансирования, выделяемого на внесение удобрений, и совершенствование технологии выращивания посадочного материала.

6. В целях обеспечения лесокультурного производства качественным посадочным материалом следует рекомендовать наряду с общеизвестными предложениями, такими как внесение удобрений и соблюдение агротехники выращивания, расширить ассортимент выращиваемых видов, включая интродуценты, и начать выращивание саженцев (сеянцев) с закрытой корневой системой.

7. Для проверки перспективности интродуцируемых древесных видов рекомендуется создать арборетум.

*Список источников*

1. 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.

2. 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.

3. Опыт создания лесных культур на солонцах хорошей лесопригодности / С. В. Залесов, О. В. Толкач, И. А. Фрейберг [и др.] // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21, № 9. С. 42–47.

4. Бачурина А. В., Залесов С. В., Толкач О. В. Эффективность лесной рекультивации нарушенных земель в зоне влияния медеплавильного производства // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24, № 6. С. 67–71.

5. Лесохозяйственное направление рекультивации полигонов добычи рассыпного золота / А. И. Петров, В. С. Котова, Р. А. Осипенко [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2 (85). С. 16–23. DOI: 10.51318/FRET. 2023.37.61.002.

6. Опыт создания лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой на гарях Алтайского края / А. А. Гоф, Е. В. Жигулин, С. В. Залесов [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 12 (90). Ч. 2. С. 125–130. DOI: 10.23670/IRJ.2019.90.12.073.

7. Оплетаев А. С., Жигулин Е. В., Залесов С. В. Опыт многоротационного выращивания контейнерного посадочного материала для искусственного лесовосстановления в теплицах с регулируемым микроклиматом // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 2. С. 151–156. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-2-152-157.

8. 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: www science-education.ru/120-14823 (дата обращения: 17.07.2025).

9. 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.

10. Залесов С. В., Фролова Е. А., Лисина Е. И. Возможности использования нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала в лесных питомниках // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 2. С. 104–107.

11. 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.

12. 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. https://doi.org/10.23670/IRJ. 2020.93.3.011.

*References*

1. Freiberg I. A., Zalesov S. V., Tolkach O. V. Experience of creating artificial plantations in the forest-steppe of the Trans-Urals. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2012. 121 p.

2. Formation of artificial plantations on the ash dump of the Reftinskaya GRES / S.V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. A. Zverev [et al.] // IVUZ “Forestry Journal”. 2013. No. 2. P. 66–73.

3. Experience of creating forest cultures on solonetz soils of good forest suitability / S. V. Zalesov, O. V. Tolkach, I. A. Freiberg [et al.] // Ecology and Industry of Russia. 2017. Vol. 21. No. 9. P. 42–47.

4. Bachurina A. V., Zalesov S. V., Tolkach O. V. Efficiency of Forest Reclamation of Disturbed Lands in the Zone of Copper Smelting Impact // Ecology and Industry of Russia. 2020. Vol. 24, No. 6. P. 67–71.

5. Forestry Direction of Reclamation of Placer Gold Mining Sites / A. I. Petrov, V. S. Kotova, R. A. Osipenko [et al.] // Forests of Russia and Management in Them. 2023. No. 2 (85). P. 16–23. DOI: 10.51318/FRET. 2023.37.61.002.

6. Experience of creating forest crops using seedlings with a closed root system in burnt-out areas of the Altai Territory / A. A. Gof, E. V. Zhigulin, S. V. Zalesov [et al.] // International Research Journal. 2019. No. 12 (90). Part 2. Pp. 125–130. DOI: 10.23670/IRJ.2019.90.12.073.

7. Opletaev A. S., Zhigulin E. V., Zalesov S. V. Experience of multi-rotation cultivation of container planting material for artificial reforestation in greenhouses with a controlled microclimate // Conifers of the boreal zone. 2023. Vol. XLI, No. 2. P. 151–156. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-2-152-157.

8. The Effect of Unconventional Fertilizer Application on the Growth of Scots Pine (Pinus sylvestris L.) Seedlings / S. V. Zalesov, A. G. Magasumova, E. P. Platonov [et al.] // Modern Problems of Science and Education. 2014. No. 6. URL: www science-education.ru/120-14823 (date of accessed: 17.07.2025).

9. Zalesov S. V., Magasumova A. G., Frolova E. A. Efficiency of Unconventional Fertilizer Application in Growing Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Planting Material // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. No. 2 (132). P. 45–48.

10. Zalesov S. V., Frolova E. A., Lisina E. I. Possibilities of using unconventional fertilizers in growing planting material in forest nurseries // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2015. No. 2. P. 104–107.

11. Rakhimzhanov A. N., Zalesov S. V., Zarubina L. V. Experience of melioration of dark chestnut continuous soils of the Ak Kaiyn forest nursery // International Research Journal. 2020. No. 7 (97). Part 1. P. 145–150.

12. Opletaev A. S., Zalesov S. V., Zhigulin E. V. The state of forest nurseries in the Sverdlovsk region // International Research Journal. 2020. No. 3 (93). Part 1. P. 77–84. https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.93.3.011.

Научная статья
УДК 630.43

# ОЦЕНКА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ, ПРОЙДЕННЫХ ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

**Павел Валерьевич Щеплягин[1], Александра Владимировна Щеплягина[2], Валерьян Николаевич Луганский[3]**
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] shchepliagin@yandex.ru
[2] ananinaav@m.usfeu.ru
[3] luganskiyvn@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** Проведена оценка санитарного состояния насаждений, пройденных лесными пожарами различной интенсивности. Выявлено, что с увеличением интенсивности лесного пожара увеличивается балл санитарного состояния насаждений. Закономерность при определенных условиях позволяет использовать показатель интенсивности в качестве критерия очередности проведения санитарно-оздоровительных мероприятий, предотвращая тем самым деструкцию насаждений.

***Ключевые слова:*** лесной пожар, интенсивность, деструкция, средневзвешенная категория санитарного состояния

***Для цитирования:*** Щеплягин П. В., Щеплягина А. В., Луганский В. Н. Оценка санитарного состояния насаждений, пройденных лесными пожарами различной интенсивности // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 207−213.

© Щеплягин П. В., Щеплягина А. В., Луганский В. Н., 2026

Original article

# ASSESSMENT OF THE SANITARY CONDITION OF THE PLANTATIONS AFFECTED BY FOREST FIRES OF DIFFERENT INTENSITY

**Pavel V. Shcheplyagin[1], Alexandra V. Shcheplyagina[2], Valerian N. Luganskiy[3]**
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] shchepliagin@yandex.ru
[2] ananinaav@m.usfeu.ru
[3] luganskiyvn@m.usfeu.ru

***Abstract.*** The assessment of the sanitary condition of the plantations affected by forest fires of different intensity has been carried out. It was revealed that with an increase in the intensity of a forest fire, the score of the sanitary condition of the plantations increases. This pattern, under certain conditions, allows it possible to use the intensity indicator as a criterion for the priority of sanitary and health measures, thereby preventing the destruction of plantations.

***Keywords:*** forest fire, intensity, destruction, average weighted category of sanitary condition

***For citation:*** Shcheplyagin P. V., Shcheplyagina A. V., Lugansky V. N. (2026) Ocenka sanitarnogo sostoyania nasagdeniy posle lesnich pojarov razlichnoy intensivnosti [Assessment of the sanitary condition of the plantations affected by forest fires of different intensity]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 207–213. (In Russ).

Являясь природным ресурсом, лес играет важную роль в различных сферах народного хозяйства. Рациональное использование этого ресурса возможно при наличии объективной информации о количественных и качественных характеристиках объекта деятельности. Как известно, один из факторов негативного воздействия на лесные насаждения – пожары [1–3]. Исключение лесных пожаров из жизни леса невозможно, поскольку они, помимо деструктивного воздействия, также способствуют процессам естественного возобновления [4, 5]. Поэтому следует понимать, что борьба с лесными пожарами заключается в минимизации его ущерба. После прохождения лесного пожара лес ослабевает, а его товарная пригодность постепенно снижается [6]. Таким образом, появляется необходимость в своевременном определении погибающих насаждений [7].

Для исследования использовались пробные площади (ПП) 2022 и 2024 гг. закладки, участки которых были пройдены устойчивыми низовыми пожарами различных лет давности. Таксационная характеристика данных ПП приведена в табл. 1.

Состояние насаждений оценивалась по общепринятой методике определения санитарного состояния насаждений, по каждой породе, после чего определялась средневзвешенная категория санитарного состояния насаждения в целом [8]. Результаты отражены в табл. 2.

Последствия от лесного пожара могут быть различными, в зависимости от характеристик самого пожара, природно-климатических условий местности и лесоводственно-таксационных показателей [9]. В нашем случае, условия произрастания идентичны – исследования проводились в относительно чистых сосняках, в условиях Средне-Уральского таежного лесного района, тип леса – сосняк ягодниковый. Пожары же были различной интенсивности. Так, ПП-1 и ПП-17 были пройдены пожаром высокой интенсивности, ПП-22 и ПП-13 – средней, ПП-15 и ПП-25 – слабой.

*Таблица* 1

Таксационная характеристика ПП

| № ПП | Состав | Порода | Возраст, лет | Средние | | Класс Бонитета | Относительная полнота | Запас, $м^3$/га |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Диаметр, см | Высота, м | | | |
| Сосняк ягодниковый | | | | | | | | |
| 1 | 10СедБ | Сосна | 113 | 33,4 | 25,4 | 2 | 0,5 | 468 |
| | | Береза | – | 28,0 | 21,4 | | 0,0 | 5 |
| | **Итого** | – | – | – | – | – | **0,5** | **474** |
| 17 | 9С1Б | Сосна | 118 | 42,1 | 23,3 | 3 | 0,4 | 462 |
| | | Береза | – | 28,8 | 23,0 | | 0,0 | 23 |
| | **Итого** | – | – | – | – | – | **0,4** | **485** |
| 22 | 10С+Б | Сосна | 137 | 28,9 | 22,6 | 3 | 0,8 | 398 |
| | | Береза | – | 17,2 | 19,2 | | 0,0 | 12 |
| | **Итого** | – | – | – | – | – | **0,8** | **409** |
| 13 | 10СедБ | Сосна | 92 | 36,9 | 25,7 | 2 | 0,6 | 386 |
| | | Береза | – | 20,0 | 21,5 | | 0,0 | 1 |
| | **Итого** | – | – | – | – | – | **0,6** | **387** |
| 15 | 7С3Б | Сосна | 137 | 40,9 | 25,2 | 3 | 0,5 | 281 |
| | | Береза | – | 36,9 | 21,4 | | 0,2 | 79 |
| | **Итого** | – | – | – | – | – | **0,8** | **361** |
| 25 | 9С1Б | Сосна | 87 | 27,4 | 21,7 | 3 | 0,7 | 329 |
| | | Береза | – | 23,8 | 20,0 | | 0,1 | 35 |
| | **Итого** | – | – | – | – | – | **0,8** | **363** |

Анализируя табл. 2, мы видим, что средневзвешенная категория санитарного состояния насаждений (СКС) имеет различные показатели. Так, при высокой интенсивности пожара, СКС насаждений составляет 4,4 и 4,5, что характеризует насаждения как усыхающие. Данные лесные участки были

пройдены устойчивым низовым пожаром 2021 г., из чего следует, что на момент получения данных насаждения ослаблены уже как четыре года.

*Таблица* 2

Распределение запаса деревьев по породам и категориям санитарного состояния, %

| Интенсивность пожара | № ПП | Порода | Категория санитарного состояния | | | | | СКС |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | | Сосняк ягодниковый | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Высокая | 1 | Сосна | 0 | 0 | 7 | 43 | 49 | 4,4 |
| | | Береза | 0 | 0 | 71 | 0 | 29 | 3,6 |
| | | **По насаждению =** | | | | | | **4,4** |
| | 17 | Сосна | 0 | 0 | 0 | 41 | 59 | 4,6 |
| | | Береза | 0 | 19 | 39 | 0 | 42 | 3,7 |
| | | **По насаждению =** | | | | | | **4,5** |
| Средняя | 22 | Сосна | 0 | 39 | 42 | 6 | 12 | 2,9 |
| | | Береза | 0 | 35 | 59 | 0 | 6 | 2,8 |
| | | **По насаждению =** | | | | | | **2,9** |
| | 13 | Сосна | 3 | 35 | 23 | 15 | 24 | 3,2 |
| | | Береза | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3,0 |
| | | **По насаждению =** | | | | | | **3,2** |
| Слабая | 15 | Сосна | 7 | 37 | 43 | 12 | 1 | 2,6 |
| | | Береза | 0 | 58 | 40 | 0 | 2 | 2,4 |
| | | **По насаждению =** | | | | | | **2,6** |
| | 25 | Сосна | 0 | 39 | 42 | 6 | 12 | 2,9 |
| | | Береза | 0 | 35 | 59 | 0 | 6 | 2,8 |
| | | **По насаждению =** | | | | | | **2,9** |

Участки ПП-22 и ПП-13 были пройдены устойчивым низовым пожаром 2022 и 2023 гг. соответственно, и их СКС составляет 2,9 и 3,2, что относит их к сильно ослабленным насаждениям. На момент получения данных, с прохождения лесного пожара, насаждения ослаблены три и два года соответственно. Устойчивым низовым пожаром слабой интенсивности были пройдены участки ПП-15 и ПП-25, и их СКС равняется 2,6 и 2,9, что меньше, чем при прохождении пожаром средней интенсивности, однако по шкале определения санитарного состояния насаждений все еще характеризует их как сильно ослабленные. При этом пожаром данные участки были пройдены в 2019 и 2022 гг. соответственно.

Таким образом, интенсивность лесного пожара значительно влияет на показатель средневзвешенной категории санитарного состояния. Для минимизации послепожарного ущерба необходимо своевременно определять

участки, требующие санитарно-оздоровительных мероприятий. Основываясь на результатах исследования, одним из критериев своевременного определения таких участков следует считать интенсивность лесного пожара.

Сделаем следующие выводы:

1) для эффективного проведения лесохозяйственных мероприятий, в части охраны лесов от пожаров, необходимо иметь актуальную информацию о количественных и качественных характеристиках участков, занятых лесной растительностью;

2) своевременная оценка санитарного состояния и проведение санитарно-оздоровительных мероприятий позволяет предотвратить деструктивные процессы из-за воздействия лесных пожаров на лесные насаждения;

3) при определенных условиях интенсивность лесного пожара может оказывать значительное влияние на изменение санитарного состояния насаждений, поэтому показатель интенсивности может быть использован в качестве критерия порядка обследования участков, пройденных лесными пожарами. Так, при прохождении пожара высокой интенсивности СКС насаждений составляет от 4,4 до 4,5, при средней интенсивности – от 2,9 до 3,2, а при слабой интенсивности – от 2,6 до 2,9.

*Список источников*

1. Архипов Е. В., Залесов С. В. Динамика лесных пожаров в Республике Казахстан и их экологические последствия // Аграрный вестник Урала. 2017. № 4 (15 В). С. 10–15.

2. Залесов С. В., Платонов Е. П., Платонов Е. Ю. Пожары и их последствия в Западной Сибири. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. 191 с.

3. Шубин Д. А., Залесов С. В. Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края. Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. 127 с.

4. Особенности лесовосстановительного процесса гарей малых площадей в лесостепной и таежной зонах Тюменской области / А. В. Данчева, С. В. Залесов, К. Э. Рапопорт, А. Р. Янишева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. № 252. С. 40–54. DOI 10.21266/2079-4304.2025.252.40-54.

5. Архипов Е. В., Залесов С. В. Минимизация послепожарного ущерба в сосняках после низовых лесных пожаров // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 1 (80). С. 26–36.

6. Горимость лесов Уральского федерального округа и эффективность охраны их от пожаров / Е. С. Залесова, А. С. Оплетаев, Е. Ю. Платонов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2017. № 2(61). С. 47–56.

7. Сравнительный анализ последствий лесных пожаров на территории Российской Федерации / Л. Е. Кузнецов, А. А. Кректунов, И. М. Секерин [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 4(87). С. 69–77. DOI 10.51318/FRET.2023.87.4.007.

8. Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 года № 2047 // Гарант : [сайт]. URL: https://base.garant.ru/75037636/ (дата обращения: 13.01.2026).

9. Влияние основных лесоводственно-таксационных показателей на санитарное состояние деревьев сосны обыкновенной на участках, пройденных низовым пожаром (в условиях ноябрьского лесничества ЯНАО) / А. С. Попов, Г. В. Анчугова, Н. В. Луганский [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2016. № 4 (59). С. 13–20.

10. Залесов С. В., Миронов М. П. Обнаружение и тушение лесных пожаров. Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2004. 138 с.

*References*

1. Arkhipov E. V., Zalesov S. V. Dynamics of forest fires in the Republic of Kazakhstan and their environmental consequences // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 4 (15 R). P 10–15.

2. Zalesov S. V., Platonov E. P., Platonov E. Yu. Fires and their consequences in Western Siberia. Ekaterinburg : USFEU, 2022. 191 p.

3. Shubin D. A., Zalesov S. V. Consequences of forest fires in the pine forests of the Priobsky water protection pine-birch forest district of the Altai Territory. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2016, 127 p.

4. Features of the reforestation process of harems of small areas in the forest-steppe and taiga zones of the Tyumen region / A. V. Dancheva, S. V. Zalesov, K. E. Rapoport, A. R. Yanisheva // Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy. 2025. № 252. P. 40–54. DOI 10.21266/2079-4304.2025.252.40-54.

5. Arkhipov E. V., Zalesov S. V. Minimization of post-fire damage in pine forests after low-level forest fires // Forests of Russia and economy in them. 2022. No. 1 (80). P. 26–36.

6. The burning nature of the forests of the Ural Federal District and the effectiveness of their protection from fires / E. S. Zalesova, A. S. Opletaev, E. Y. Platonov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2017. № 2(61). P. 47–56.

7. Comparative analysis of the consequences of forest fires on the territory of the Russian Federation / L. E. Kuznetsov, A. A. Krektunov, I. M. Sekerin [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 4(87). P. 69–77. DOI 10.51318/FRET.2023.87.4.007.

8. On approval of the Rules of sanitary safety in fore : Decree of the Government of the Russian Federation dated December 9, 2020 No. 2047 // Garant : [website]. URL: https://base.garant.ru/75037636 / (date of accessed: 13.01.2026).

10. The influence of the main forestry and taxation indicators on the sanitary condition of common pine trees in areas covered by a grass-roots fire (in the conditions of the Noyabrsky forestry area of the Yamalo-Nenets Autonomous District) / A. S. Popov, G. V. Anchugova, N. V. Lugansky [et al.] // Forests of Russia and econoomy in them. 2016. № 4(59). P. 13–20.

11. Zalesov S. V., Mironov M. P. Detection and extinguishing of forest fires. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2004. 138 p.

Научная статья
УДК 630.931

# К ВОПРОСУ О ПРАВОВОМ СТАТУСЕ ЛЕСНЫХ ПАРКОВ

**Александра Владимировна Щеплягина[1], Валерьян Николаевич Луганский[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] ananinaav@m.usfeu.ru
[2] luganskiyvn@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** Лесной парк – наиболее распространенная и одна из основных территориальных единиц для рекреационной деятельности в мегаполисах. В условиях высоких рекреационных нагрузок на данные природные комплексы, а также несовершенства нормативно-правовых актов, эффективное управление этими территориями затруднено. В настоящей публикации рассмотрены правовые аспекты правового статуса данных территорий.

***Ключевые слова:*** лесной парк, лесопарковый зеленый пояс, городские леса, зеленые зоны, лесопарковые зоны

***Для цитирования:*** Щеплягина А. В., Луганский В. Н. К вопросу о правовом статусе лесных парков // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 214−220.

Original article

# ON THE ISSUE OF THE LEGAL STATUS OF FOREST PARKS

**Alekxandra V. Shcheplyagina[1], Valerian N. Luganskiy[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] ananinaav@m.usfeu.ru
[2] luganskiyvn@m.usfeu.ru

***Abstract.*** A forest park is the most widespread and one of the main territorial units for recreational activities in the megacities. In conditions of high recreational loads on these natural complexes, as well as imperfections in regulatory legal acts, effective management of these territories is difficult. This publication discusses the legal issues related to the legal status of forest parks.

© Щеплягина А. В., Луганский В. Н., 2026

***Keywords:*** forest park, forest park greenbelt, urban forests, green zones, forest park zones

***For citation:*** Shcheplyagina A. V., Luganskiy V. N. (2026) K voprosu o pravovom statuse lesnyh parkov. [On the issue of the legal status of forest parks]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 214–220. (In Russ).

Экономическое развитие Российской федерации тесно связано с процессом урбанизации – ростом городского населения. По данным переписи 2020 г., в городах проживает примерно три четверти россиян [1]. При этом урбанизация негативно влияет как на природные комплексы, так и на качество жизни человека. Городская среда характеризуются преобладанием антропогенных ландшафтов, высоким уровнем загрязнения окружающей среды и распространением «болезней урбанизации» (группа заболеваний, связанных с перенаселением и загрязнением окружающей среды) [2].

В данном случае зеленые насаждения на городской территории являются важнейшим фактором жизнеобеспечения и выполняют ряд функций: регуляция теплового режима городской среды, улучшение качества воздуха, его ионизация, снижение концентрации пыли и газообразных веществ в атмосфере, а также уменьшение шумового воздействия на человека [3].

В рамках отдыха в природных и природно-антропогенных комплексах, направленных на восстановление физического и психоэмоционального состояния, а также на компенсацию негативных последствий трудовой деятельности и проживания в неблагоприятных условиях, человек осуществляет рекреационную деятельность.

Наиболее частой и практически основной организационной единицей для массового отдыха населения крупных городов служит лесопарк.

Зачастую рекреация в лесных экосистемах на территории городской среды превышает их возможности к самовосстановлению. Рекреационные нагрузки, превышающие предельно допустимые ее значения, способствуют вытаптыванию моховолишайникового и травяного покрова, спрессовыванию подстилки; уничтожению подроста, снижению биометрических параметров ассимиляционного аппарата и, как следствие, снижению биологической устойчивости насаждений и защитных функций. Кроме рекреационной деятельности, негативное воздействие на природные комплексы также оказывает расширение городских зон, транспортных магистралей; активное развитие дачного и коттеджного строительства и др. [4].

К сожалению, на сегодняшний день в Российской федерации эффективное управление данными территориями, способствующее сохранению лесных экосистем, в сочетании с созданием условий для обеспечения отдыха

жителей города – осложнено. Многие проблемы обусловлены наличием пробелов в нормативно-правовой базе на федеральном уровне.

В частности, в законодательстве Российской Федерации на федеральном уровне отсутствует понятие «лесной парк».

Обратимся к понятиям данным в научной литературе, в региональных законодательных актах, в ОСТ, ГОСТ и рекомендациях по изысканиям и проектированию лесопарков [5–7]. Во всех определениях подчеркивается в первую очередь рекреационная значимость, обеспечивающая возможность отдыха в естественной природной среде, а также благоустроенность территории. В дальнейшей трактовке в интерпретации данного термина возникают различия:

– территориальное прикрепление лесных парков – неоднозначно. В одних определениях указывается, что лесные парки располагаются на внутригородской и загородной территории, в других только на загородной, во многих трактовках определение не содержит территориального прикрепления;

– в ряде трактовок лесной парк определяется как природный комплекс, без уточнения о составе его компонентов, в других источниках лесной парк определяется как лес, лесной массив, либо просто как территориальная единица;

– во всех определениях функции данных территорий различны, или кроме рекреационной функции, остальные функции не указаны вовсе. Некоторые определения дополнены такими функциями, как архитектурно-художественные, санитарно-гигиенические, оздоровительные, познавательные и лесохозяйственные функции.

Также стоит отметить, что, согласно Лесному кодексу РФ, к лесам, выполняющим лесопарковые функции, относятся следующие категории защитных лесов: городские леса, расположенные в границах муниципальных образований, а также зеленые и лесопарковые зоны на пригородных территориях.

Согласно данным таблицы, видно возникающее дублирование правовых режимов этих категорий. Анализ законодательства показывает, что цели установления лесопарковых и зеленых зон практически идентичны целям, определенным для городских лесов. Это свидетельствует о совпадении их функционального значения, что порождает дублирование правовых режимов и усложняет их эффективное использование.

В постановлении Правительства РФ от 14 декабря 2009 г. № 1007 «Об утверждении Положения об определении функциональных зон…» указано, что «лесопарковые и зеленые зоны могут устанавливаться на землях лесного фонда, землях обороны и безопасности, на которых расположены леса, а также в городских и сельских поселениях, в которых расположены леса (за исключением городских лесов)», что исключало наложение категорий защитных лесов, при этом в документе была прописана методика определения площади лесопарковой и зеленой зоны. С 2020 г. документ утратил силу.

Различия в правовом режиме в категориях защитных лесов

| Виды деятельности | Категория защитных лесов | | |
|---|---|---|---|
| | Городские леса | Леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов | |
| | | Леса, расположенные в лесопарковых зонах | Леса, расположенные в зеленых зонах |
| Использование токсичных химических препаратов; | запрещено | | |
| Осуществление видов деятельности в сфере охотничьего хозяйства | запрещено | | запрещено, если осуществление указанных видов деятельности влечет за собой проведение рубок лесных насаждений или создание объектов охотничьей инфраструктуры |
| Ведение сельского хозяйства | запрещено | | запрещено, за исключением сенокошения и пчеловодства, а также возведение изгородей в целях сенокошения и пчеловодства |
| Разведка и добыча полезных ископаемых | запрещено | | |
| Строительство объектов капитального строительства | запрещено, за исключением велосипедных, велопешеходных, пешеходных и беговых дорожек, лыжных и роллерных трасс, если такие объекты являются объектами капитального строительства, и гидротехнических сооружений | | запрещено, за исключением гидротехнических сооружений, линий связи, линий электропередачи, подземных трубопроводов; |

На смену данному документу постановлением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2019 года № 1755 утверждены «Правила изменения границ земель, на которых располагаются леса…» В данном документе отсутствуют пояснения, на землях каких категорий могут располагаться зеленые и лесопарковые зоны, включенные в прежний документ, нет также и пунктов с требованиями по установлению площади зеленых и лесопарковых зон.

Значимость несовершенства нормативно-правовых актов возрастает в условиях трансформации социально-экономических отношений, затрагивающих вопросы собственности, взаимодействия между федеральными и региональными органами власти, разработки и корректировки планов развития городов и переоценки общественных приоритетов. В процессе реализации градостроительных инициатив задачи по формированию природных экосистем либо полностью игнорируются, либо рассматриваются как второстепенные этапы территориального освоения. Расширение городской территории за счет пригородных зон приводит к необратимым трансформациям в экологии урбанизированной территории.

Опираясь на данные проблемы Правительство Российской Федерации, в 2016 г. в целях реализации граждан на благоприятную среду в федеральный закон «Об охране окружающей среды» ввело статью о лесопарковых зеленых поясах (ЛЗП) – зонах с ограниченным режимом природопользования, и иной хозяйственной деятельности.

В основе данного нововведения лежит положение о том, что лесные массивы и территории зеленого фонда в пределах городских поселений, которые примыкают к лесам или представляют собой с ними единую природную систему. Городские леса, лесопарковые зоны и другие зеленые территории могут быть объединены в единую сеть для более эффективного выполнения экологических задач. Это также предоставит местным властям больше возможностей для защиты таких территорий от застройки. Однако до внесения изменений в федеральный закон уже была возможность установления зоны с особыми условиями использования (лесопарковые и зеленые зоны, особо охраняемые природные территории). Наложение одного обременения на другое не изменит уже существующие права и обязанности землепользователей, а лишь усложнит применение положений законодательства.

Однако, гл. 9 закона «Об охране окружающей среды» не лишена отдельных недостатков. Понятие, изложенное в ст. 62.1, не содержит перечня земель, которые могут быть включены в лесопарковый зеленый пояс. Предполагается, что в состав данных территорий могут входить земли лесного, водного фонда, особо охраняемые территории, земли сельскохозяйственного назначения и др.

Такие различия в трактовке термина, а таже отсутствие определения в законодательстве на федеральном уровне, способствуют неопределенности в правовом статусе данных территорий и трудностям в управлении, охране и проектировании, а также совпадению и наложению режимов территорий различного статуса.

Так, по состоянию на 2025 г. лесные парки г. Екатеринбурга имеют тройной статус: городские леса, лесные парки – особо охраняемые природные территории областного значения, а также составляют часть лесопарко-

вого зеленого пояса [8]. При наложении данных статусов возникают сложности при назначении и своевременном проведение лесохозяйственных мероприятий.

Для устранения проблем, связанных с эффективным управлением данными территориями целесообразно внести изменения в законодательство, направленные на четкое разграничение правового режима и функционального назначения городских лесов, лесопарковых и зеленых зон. Необходимо детально определить в ст. 62 Федерального закона «Об охране окружающей среды» круг территорий, входящих в лесопарковый зеленый пояс, и исключить из данного круга территорий земли особо охраняемых территорий. Эффективное функционирование лесных парков требует дальнейшего развития нормативно-правовой базы, что позволит обеспечить гармоничное сочетание использования данных территорий и их охраны.

*Список источников*

1. Итоги ВПН-2020. Том 1 Численность и размещение населения // Федеральная служба государственной статистики : [сайт]. URL: https://rosstat.gov.ru/vpn/2020/Tom1_Chislennost_i_razmeshchenie_naseleniya (дата обращения: 01.08.2025).

2. Стольберг Ф. В. Экология города. Киев : Либра, 2000. 464 с.

3. Бухарина И. Л., ЖуравлеваА. Н., Болышова О. Г. Городские насаждения: экологический аспект. Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2012. 206 с.

4. Данчева А. В., Залесов С. В., Коровина В. С. Оценка состояния сосновых древостоев в городских лесах города Тюмени (на примере экопарка «Затюменский») // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. 41, № 4. С. 293–299. DOI 10.53374/1993-0135-2023-4-293-299.

5. Шевелина И. В., Коростелев И. Ф., Нагимов З. Я. История образования и устройства лесопарков Екатеринбурга // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2008. № 3. С. 107–110.

6. ГОСТ Р 57938–2017. Национальный стандарт Российской Федерации. «Лесное хозяйство. Термины и определения» : утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 21.11.2017 № 1791-ст. М. : Стандартинформ, 2017.

7. ОСТ 56-84-85 Использование лесов в рекреационных целях. Термины и определения. М. : Изд. фиц., 1986. 7 с.

8. Иматова И. А., Юдина П. С. Особенности формирования лесопаркового зеленого пояса вокруг города Екатеринбурга // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 83−89.

*References*

1. The results of the national population census 2020. Volume 1 Population size and location // Federal State Statistics Service : [website]. URL: https://rosstat.gov.ru/vpn/2020/Tom1_Chislennost_i_razmeshchenie_naseleniya (date of accessed: 01.08.2025).

2. Stolberg F. V. Ecology of the city. Kiev : Libra, 2000. 464 p.

3. Bukharina I. L., Zhuravleva A. N., Bolyshova O. G. Urban plantings: an ecological aspect. Izhevsk : Udmurt University Publishing House, 2012. 206 p.

4. Dancheva A. V., Zalesov S. V., Korovina V. S. Assessment of pine vital states in the urban forests of the Tyumen city (on the example of Zatyumensky ecopark) // Conifers of the boreal area. 2023. Vol. 41, No. (4). P. 293–299. https://doi.org/10.53374/1993-0135-2023-4-293-299.

5. Shevellina I. V., Korostelyov I. F., Nagimov Z. Ya. History of establishment and structure of forest parks in the city of Ekaterinburg have been presented // Bulletin of MSFU – Forest Bulletin. 2008, No. 3. P. 107–110.

6. GOST R 57938-2017. The national standard of the Russian Federation. "Forestry. Terms and definitions" : approved and put into effect by Order of Rosstandart dated 11/21/2017 No. 1791-art. M. : Standartinform, 2017.

7. OST 56-84-85 Use of forests for recreational purposes. Terms and definitions. M. : Ed. fitz., 1986. 7 p.

8. Imatova I. A., Yudina P. S. Specifics of the formation of a forest park green belt around the city of Ekaterinburg // Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 83–89.

Научная статья
УДК 630.182.47./48:630.627.3

# ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ФИТОМАССА ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОД ВЛИЯНИЕМ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ КАРАСЬЕ-ОЗЕРСКОГО ЛЕСНОГО ПАРКА

**Шорена Элгуджевна Микеладзе[1], Наталья Павловна Бунькова[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] shorena210@mail.ru
[2] bunkovanp@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** Приведен анализ влияния рекреационного воздействия на видовое разнообразие и надземную фитомассу живого напочвенного покрова по ценотипам на семи постоянных пробных площадях. Данные свидетельствуют о том, что отрицательные изменения в фитомассе живого напочвенного покрова происходят с увеличением доли участия в видовом разнообразии луговых и лесных синантропов. Также проявляется снижение количества лесных видов под влиянием рекреационной нагрузки.

***Ключевые слова:*** живой напочвенный покров, лесной парк, рекреационная нагрузка, видовое разнообразие, фитомасса

***Для цитирования:*** Микеладзе Ш. Э., Бунькова Н. П. Видовое разнообразие и фитомасса живого напочвенного покрова под влиянием рекреационного воздействия в условиях Карасье-Озерского лесного парка // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 221−228.

© Микеладзе Ш. Э., Бунькова Н. П., 2026

Original article

# SPECIES DIVERSITY AND PHYTOMASS OF THE LIVE SUBSOIL COVER UNDER THE INFLUENCE OF RECREATIONAL IMPACT IN THE CONDITIONS OF KARASYE-OZERSKY FOREST PARK

**Shorena E. Mikeladze[1], Natalia P. Bunkova[2]**

[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

[1] shorena210@mail.ru

[2] bunkovanp@m.usfeu.ru

***Abstract.*** The analysis of the effect of recreational exposure on the species diversity and aboveground phytomass of living ground cover by cenotypes in seven permanent sample areas is presented. The data indicate that negative changes in the phytomass of living ground cover occur with an increase in the share of participation in the species diversity of meadow and forest synanthropes. There is also a decrease in the number of forest species under the influence of recreational activity.

***Keywords:*** living ground cover, forest park, recreational load, species diversity, phytomass

***For citation:*** Mikeladze Sh. E., Bun'kova N. P. (2026) Vidovoe raznoobrazie i fitomassa zhivogo napochvennogo pokrova pod vliyaniem rekreacionnogo vozdejstviya v usloviyax Karas'e-ozerskogo lesnogo parka [Species diversity and phytomass of the living ground cover under the influence of recreational impact in the conditions of the Karasye-Ozersky forest park]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 221–228. (In Russ).

В настоящие время в Карасье-Озерском лесном парке рекреационная инфраструктура развита очень слабо. Однако в нем достаточно сформирована дорожно-тропиночная сеть для транзитного пешеходного перемещения и прогулок. Это можно объяснить тем, что лесной парк представляет собой лесополосу, вытянутую вдоль автомобильной и железной дорог. Вследствие чего лесной парк больше служит для рекреантов проходной территорией. Длина парка составляет около 3000 м, а ширина – 300 м.

Также лесной парк является самым неухоженным по сравнению с другими четырнадцатью лесными парками г. Екатеринбурга: отсутствие элементов благоустройства (лавочки, урны), запущенная территория (бурелом,

ветровал и др.) и образование свалок мусора. Все это приводит к ослаблению рекреационной устойчивости лесных насаждений на территории лесного парка [1].

Одним из первых под антропогенное отрицательное воздействие попадает живой напочвенный покров (ЖНП). У растений нарушается процесс роста, что приводит к образованию карликовой формы с неправильным ветвлением и маленькими листьями [2].

Некоторые исследователи отмечают, что меняется видовой состав живого напочвенного покрова, и это приводит к появлению луговых и лесных синанторпов в лесу [3]. Данный процесс происходит постепенно с постоянным нарастанием. Соответственно, встает вопрос о сохранении устойчивости лесного комплекса к рекреационным нагрузкам.

Изучение видового разнообразия и фитомассы ЖНП на исследуемых участках позволит выявить качественные и количественные характеристики, а также флористическое разнообразие растительного покрова [4].

Видовой состав – это совокупность видов, которые сосуществуют на одном участке. Показатель видового состава является главным параметром растительного сообщества, раскрывающий его экологические особенности формирования. Исследование показателей видового разнообразия и надземной фитомассы ЖНП поможет установить влияние рекреационного воздействия на травянистый покров.

Исследования проводили на семи постоянных пробных площадях (ППП) в условиях сосняков в Карасье-Озерском лесном парке в соответствии с требованиями методики [5].

Для изучения живого напочвенного покрова были заложены учетные площадки (УП). Площадки закладывали в пределах границы ППП по диагонали в каждую строну в количестве 20 шт. размером 50×50 см. В соответствии с установленной методикой все укосы, находящиеся внутри УП, срезали под корень. Сбор растений проводили в средине июля – в максимальный вегетационный период их роста и развития. Срезанные растения живого напочвенного покрова складывали в заранее подготовленные паркеты с указанием номера ППП и УП. В лабораторных условиях у каждого собранного растения определяли вид и его принадлежность к семейству [6]. Далее все растения распределили по группам ценотипов: луговые, лесные, лесолуговые, лесные синантропы и луговые синантропы.

Учет рекреационной нагрузки проводили в соответствии с временной методикой [7]. В пределах каждой ППП провели в будни и выходные дни учет рекреантов: утром – с 09:00 до 10:00, днем – с 12:00 до 13:00 и вечером – с 17:00 до 18:00, учитывая комфортную и дискомфортную погоду в разные сезоны года. Расчет показателя среднегодовой единовременной рекреационной нагрузки (чел./га) позволил определить степень рекреационного воздействия по группам: фоновая – до 0,01 чел./га, низкая – от 0,01 до

0,05 чел./га, средняя – от 0,06 до 0,10 чел./га и сильная – от 0,11 чел./га и выше.

Данные по видовому разнообразию и надземной фитомассе ЖНП со степенью рекреационного воздействия в условиях Карасье-Озерского лесного парка представлены в таблице.

На территории исследуемого лесного парка видовое разнообразие предложено 56-ю видами живого напочвенного покрова.

Видовое разнообразие и фитомасса живого напочвенного покрова в зависимости от рекреационного воздействия в условиях Карасье-Озерского парка

| Показатели | №ППП | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | Степень рекреационного воздействия, чел./га | | | | | | |
| | сильная | сильная | сильная | сильная | средняя | средняя | средняя |
| | 1,48–2,86 | 1,14–2,49 | 0,66–2,00 | 0,67–0,99 | 0,49–0,79 | 0,57–0,53 | 0,69–0,73 |
| Лесные виды | | | | | | | |
| Количество видов, шт./га/% | 8<br>34,78 | 8<br>42,11 | 3<br>30,00 | 11<br>45,83 | 13<br>40,63 | 9<br>37,50 | 6<br>46,15 |
| Наземная фитомасса, кг/га/% | 12,80<br>81,56 | 3,03<br>32,89 | 1,98<br>21,65 | 8,66<br>57,37 | 9,42<br>59,44 | 5,94<br>36,41 | 2,44<br>33,15 |
| Луговые виды | | | | | | | |
| Количество видов, шт./га/% | 4<br>17,39 | 3<br>15,79 | 1<br>10,00 | 3<br>12,50 | 4<br>12,50 | 5<br>20,83 | 3<br>23,08 |
| Надземная фитомасса, кг/га/% | 0,58<br>3,72 | 0,19<br>2,11 | 1,11<br>12,20 | 0,98<br>6,52 | 0,33<br>2,08 | 0,70<br>4,30 | 0,18<br>2,43 |
| Лесолуговые виды | | | | | | | |
| Количество видов, шт./га/% | 3<br>13,04 | 3<br>15,79 | 3<br>30,0 | 6<br>25,00 | 6<br>18,75 | 2<br>8,33 | 2<br>15,38 |
| Надземная фитомасса, кг/га/% | 0,72<br>4,56 | 0,21<br>2,24 | 1,62 17,64 | 3,19<br>21,16 | 4,41<br>27,79 | 4,98<br>30,54 | 0,51<br>6,88 |
| Лесные синантропы | | | | | | | |
| Количество видов, шт./га/% | 2<br>8,70 | 2<br>10,53 | 2<br>20,00 | 1<br>4,17 | 3<br>9,38 | 0<br>0,00 | 0<br>0,00 |
| Надземная фитомасса, кг/га/% | 0,19<br>1,20 | 0,02<br>0,22 | 1,99 21,81 | 0,69<br>4,60 | 0,61<br>3,86 | 0,00<br>0,00 | 0,00<br>0,00 |
| Луговые синантропы | | | | | | | |
| Количество видов, шт./га/% | 6<br>26,09 | 3<br>15,79 | 1<br>10,00 | 3<br>12,50 | 6<br>18,5 | 8<br>33,33 | 2<br>15,38 |
| Надземная фитомасса, кг/га/% | 1,41<br>8,95 | 5,75<br>65,52 | 2,44<br>26,69 | 1,56<br>10,35 | 1,08<br>6,83 | 4,68<br>28,74 | 4,24<br>57,54 |
| Всего | | | | | | | |
| Количество видов, шт./га/% | 23<br>100 | 19<br>100 | 10<br>100 | 24<br>100 | 32<br>100 | 24<br>100 | 13<br>100 |
| Надземная фитомасса, кг/га/% | 15,69<br>100 | 9,20<br>100 | 9,13<br>100 | 15,09<br>100 | 9,13<br>100,00 | 15,85<br>100,00 | 7,36<br>100 |

Анализ таблицы свидетельствует о том, что степень рекреационного воздействия на четырех постоянных пробных площадях (ППП-1, ППП-2, ППП-3 и ППП-4) – сильная, а на ППП-5, ППП-6, ППП-7 – средняя. Таким образом, это доказывает преобладание высокой степени рекреационной нагрузки на территории лесного парка.

Можно отметить, что на всех ППП при сильной и средней степенях рекреационного воздействия доминирует группа ценотипов – лесные виды. Их количество варьируются от трех до тринадцати шт./га, а надземная фитомасса – от 21,65 до 81,56 кг/га/%. При этом на каждой ППП присутствуют растения, относящиеся к группе синантропных видов, что свидетельствует о существенных рекреационных нагрузках.

Таким образом, на ППП-1 и ППП-2 при сильной степени рекреационного воздействия количество видов в группе «лесные» составляет восемь шт./га, а показатель надземной фитомассы варьируется от 34,78 до 42,11 кг/га/%. Представителем группы лесных видов на этих ППП являются с наибольшей массой Сныть обыкновенная *(Aegopodium podagraria L.)*. При этом присутствуют группы лесных и луговых синантропов. Количество луговых синантропов на ППП-1 составляет шесть шт./га, надземная фитомасса – 8,95 кг/га/%. На ППП-2 количество луговых синантропов составляет три шт./га с надземной фитомассой 65,52 кг/га/%. В группе «лесные синантропы» на ППП-1 и ППП-2 количество видов – две шт./га, надземная фитомасса варьируется от 0,22 до 1,20 кг/га/%. В группах луговые и лесолуговые ценотипы присутствует незначительное количество видов, которое варьируется от трех до четырех шт./га, надземная фитомасса – от 2,11 до 4,56 кг/га/%.

На ППП-3 при сильной степени рекреационного воздействия присутствует незначительное количество видов во всех группах от одного до трех шт./га, надземная фитомасса варьирует от 17,64 до 26,69 кг/га/%. На данной ППП можно отметить, что в группе лесные синантропы количество видов составляет две шт./га с надземной фитомассой 21,81 кг/га/%. В группе луговые синантропы количество видов – одна шт./га с надземной фитомассой 26,69 кг/га/%. Это можно объяснить тем, что лесные синанторпы представлены подмаренником мягким *(Galium mollugo* L.*)* и подмаренником северным *(Galium boreale* L.*),* луговые представлены одним видом – трахелиумом голубым *(Trachelium caeruleum* L.*)*, он растет мощным кустом и с крепкими стеблями, что придает вес по сравнению с родом Подмаренник (*Galium*).

На ППП-4 при сильной степени рекреационного воздействия в группе лесных ценотипов количество видов составляет одиннадцать шт./га с надземной фитомассой 57,37 кг/га/%. Количество лесолуговых видов – шесть шт./га с надземной фитомассой 21,16 кг/га/%. Количество луговых синантропов составляет три шт./га, на их массу приходится 10,35 кг/га/%. Основным представитель данной группы на ППП является крапива двудомная *(Urtica dioica* L.*)*. В группу «лесные синантропы» входит подмаренник северный *(Galium boreale* L.*)* с массой 4,60 кг/га/%. Наличие данных видов

на исследуемом участке свидетельствует о сильном рекреационном воздействии.

Группа лесных ценотипов на ППП-5 представлена 13 видами (шт./га) с надземной фитомассой 40,63 кг/га/%. Основными видами на ППП являются сныть обыкновенная *(Aegopodium podagraria* L.), медуница лесная *(Pulmonaria officinalis* L.*)* и плевроциум Шребера *(Pleurozium Mitt.).* Количество луговых и лесолуговых видов варьирует от четырех до шести шт./га, при этом масса существенно различается. В группе луговых видов масса составляет 2,08 кг/га/%, в лесолуговых – 27,79 кг/га/%. Это можно объяснить тем, что представителями первой группы является чина весенняя и Осока провислая, во второй – Вероника дубравная *(Veronica chamaedrys* L.*),* коротконожка лесная *(Brachypodium sylvaticum* Huds.*)* и вейник обыкновенный *(Calamagrostis epigejos* L.*).* Количество видов в группах луговые и лесные синантропы варьирует от трех до шести шт./га, с массой в первой группе – 6,83 кг/га/% и во второй – 3,68 кг/га/%. Что свидетельствует об увеличении рекреационной нагрузки на ППП.

На ППП-6 И ППП-7 при средней степени рекреационного воздействия количество видов в лесной группе варьируется от шести до девяти шт./га, с надземной фитомассой – от 33,15 до 36,41 кг/га/%. Представителями данной группы на ППП-6 являются герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.) и плагиомниум остроконечный (*Plagiomnium cuspidatum* Hedw.), на ППП-7 – Хвощ лесной *(Equisetum sylvaticum* L.). Количество видов в луговой группе ценотипов варьируется от трех до пяти шт./га. Надземная фитомасса на двух ППП варьируется от 2,43 до 4,30 кг/га/%. В лесолуговой группе на ППП-6 и ППП-7 количество видов составляет две шт./га, но надземная фитомасса на ППП-6 составляет 30,54 кг/га/%, на ППП-7 – 6,88 кг/га/%. Существенную разницу в массе создают виды на первой ППП полевица побегоностная (*Agrostis stolonifera* L.) и осока сероватая (*Carex canescens* L.). Также можно отметить, что на данных ППП отсутствует группа лесных синантропов. При этом в группе «луговые синантропы» на ППП-6 количество видов составляет восемь шт./га с фитомассой 28,74 кг/га/%, на ППП-7 – шесть шт./га с фитомассой 57,54 кг/га/%. Это можно объяснить тем, что на ППП-7 основным видом является крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), что является показателем существенного рекреационного воздействия на двух ППП.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Карасье-Озерский лесной парк является одним из самых неблагоустроенных, но имеет высокую рекреационную посещаемость.

2. В районе исследования всего произрастает 56 видов живого напочвенного покрова, что свидетельствует о скудном видовом разнообразии при повышенном рекреационном воздействии.

3. Наличие луговых (одиннадцать видов) и лесных синантропов (три вида), небольшое количество лесных, луговых, лесолуговых видов свидетельствует о влияние рекреационного воздействия в районе исследования

на ППП. Так, при увеличении степени рекреационного воздействия видовое разнообразие лесных и лесолуговых видов ЖНП уменьшается, их надземная фитомасса также снижается. При этом увеличивается доля лесных и луговых синантропов, соответственно, их надземная фитомасса увеличивается.

*Список источников*

1. Швалева Н. П., Залесов С. В. Количественные и качественные показатели лесной подстилки в условиях лесопарков Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2009. № 2 (32). С. 37–44.

2. Бунькова Н. П., Залесов С. В. Ведение лесного хозяйства в рекреационных лесах. Екатеринбург : УГЛТУ, 2024. 129 с.

3. Тимофеева В. В., Синькевич С. М. Особенности рекреационной трансформации флоры, живого напочвенного покрова и динамики прироста городских ельников // Лесной вестник. 2025. Т. 29, № 4. С. 52–63.

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

5. Основы фитомониторинга. Изд. 3-е, доп. и перераб. / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, Е. С. Залесова [и др.]. Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. 90 с.

6. Определитель сосудистых растений Среднего Урала / П. Л. Горчаковский [и др.]. М. : Наука, 1994. 525 с.

7. Гос. ком. СССР по лесному хозяйству: Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. М., 1987. 33 с.

*References*

1. Shvaleva N. P., Zalesov S. V. Quantitative and qualitative indicators of forest litter in the conditions of Yekaterinburg forest parks // Forests of Russia and agriculture in them. 2009. Issue 2 (32). P. 37–44.

2. Bunkova N. P., Zalesov S. V. Forestry in recreational forests. Ekaterinburg : UGLTU, 2024. 129 p.

3. Timofeeva V. V., Sinkevich S. M. Features of recreational transformation of flora, living ground cover and growth dynamics of urban spruce forests // Forest Bulletin. 2025. Vol. 29, No. 4. P. 52–63.

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

5. Fundamentals of phytomonitoring: a textbook, 3rd edition, supplemented and revised / N. P. Bunkova, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova [et al.]. Ekaterinburg : UGLU, 2020. 90 p.

6. Determinant of vascular plants of the Middle Urals / P. L. Gorchakovsky [et al.]. M. : Nauka, 1994. 525 p.

7. State Committee USSR Forestry Commission: A temporary methodology for determining recreational loads on natural complexes in the organization of tourism, excursions, mass daily recreation and the time norms of these loads. M., 1987. 33 p.

# ИНЖЕНЕРНЫЕ
# И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ:
# СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ
# И ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКА

Научная статья
УДК 676.058.2

# ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПРОДОЛЬНО-РЕЗАТЕЛЬНОГО СТАНКА МЕТОДОМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

**Вадим Владимирович Васильев[1], Сергей Николаевич Исаков[2], Нелли Валерьевна Куцубина[3]**
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] vasilyevvv@m.usfeu.ru
[2] isakovsn@m.usfeu.ru
[3] kushubinanv@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В статье приводятся результаты вибрационного обследования конструкций продольно-резательного станка, проведенного после работ по замене и модернизации его узлов.

***Ключевые слова:*** продольно-резательный станок, техническое состояние, вибродиагностика

***Для цитирования:*** Васильев В. В., Исаков С. Н., Куцубина Н. В. Оценка технического состояния конструкций продольно-резательного станка методом вибродиагностики // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 230−236.

Original article

# ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF SLITTING MACHINE CONSTRUCTIONS BY VIBRATION DIAGNOSTICS METHOD

**Vadim V. Vasilyev[1], Sergey N. Isakov[2], Nelli V. Kutsubina[3]**
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] vasilyevvv@m.usfeu.ru
[2] isakovsn@m.usfeu.ru
[3] kushubinanv@m.usfeu.ru

© Васильев В. В., Исаков С. Н., Куцубина Н. В., 2026

***Abstract.*** The article presents the results of a vibration survey of the construction of slitting machine, carried out after the replacement and modernization of its components.

***Keywords:*** slitting machine, technical condition, vibration diagnostics

***For citation:*** Vasilyev V. V., Isakov S. N., Kutsubina N. V. (2026) Ocenka texnicheskogo sostoyaniya konstrukcij prodol`no-rezatel`nogo stanka metodom vibrodiagnostiki [Assessment of the technical condition of slitting machine constructions by vibration diagnostics method]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 230–236. (In Russ).

Параметрами технического состояния оборудования являются дефекты, повреждения, отклонения от нормативных значений его составных частей (далее – структурные параметры ТС).

Диагностическими признаками большинства структурных параметров ТС является вибрация, идентификация которой производится методом вибродиагностики [1–3].

Продольно-резательный станок (далее – ПРС), установленный в потоке бумагоделательной машины, предназначен для разрезания в продольном направлении и перемотки в рулоны бумаги и картона плотностью 100…500 г/м$^2$.

ПРС имеет стандартную комплектацию и состоит из намоточного устройства, устройства резки, ведущего механизма, размоточного устройства, регулируемого привода с системой управления, комплекта пневмопривода и пульта управления. Схема ПРС приведена на рис. 1.

Оценка технического состояния ПРС проводилась коллективом авторов после проведенных на предприятии работ по замене и модернизации узлов станка. Измерялись параметры вибрации намоточного устройства, конструкций устройств резки, ведущего и размоточного механизмов. Результаты измерений сравнивались с нормативными значениями [4]. По спектрам выявлялись структурные параметры ТС конструкций станка, превышающие свои допускаемые значения.

Отметим наиболее существенные из них.

После замены старых несущих валов на новые при скоростях станка 1500…1700 м/мин возникла интенсивная вибрация конструкций намоточного устройства. Так, значение СКЗ виброскорости подшипниковой опоры второго несущего вала на четвертой гармонике его оборотной частоты в 1,4…1,6 раз превысило нормативные значения (рис. 2).

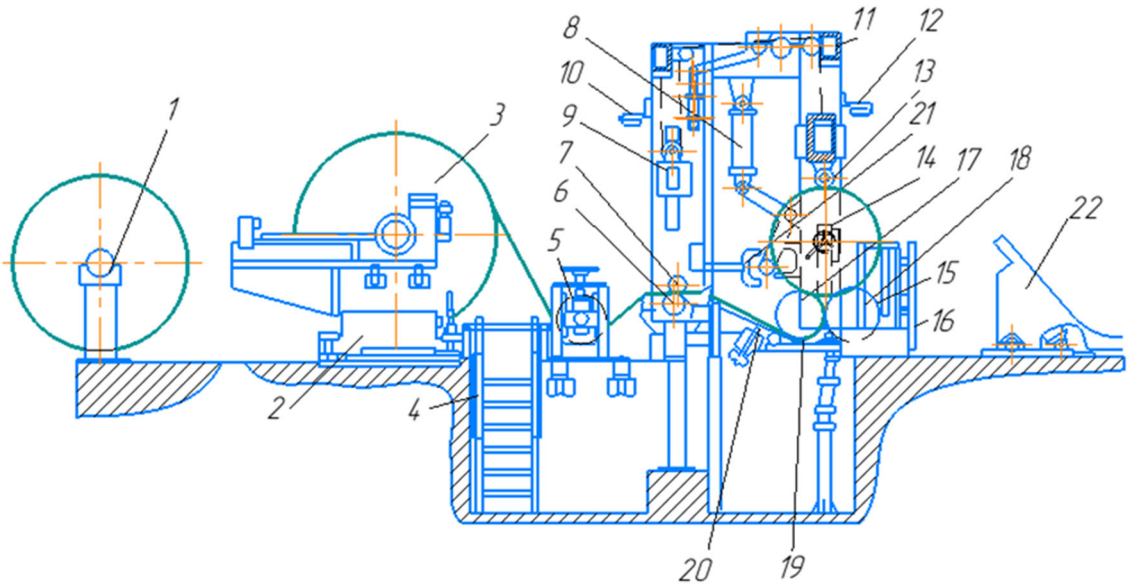



Рис. 1. Схема ПРС:
*1* – накопитель; *2* – стойки раската; *3* – рулон; *4* – мостки и лестницы; *5* – бумаго-ведущий вал; *6* – нижние ножи; *7* – верхние ножи; *8* – сталкиватель; *9* – противовес; *10*, *12* – светильники; *11* – балка; *13* – прижимной вал; *14* – каретки бесштанговой намотки; *15*, *16*, *21* – ограждения; *17*, *18* – несущие валы; *19* – транспортер заправочный; *20* – линейка расправляющая; *22* – механизм опускания рулонов

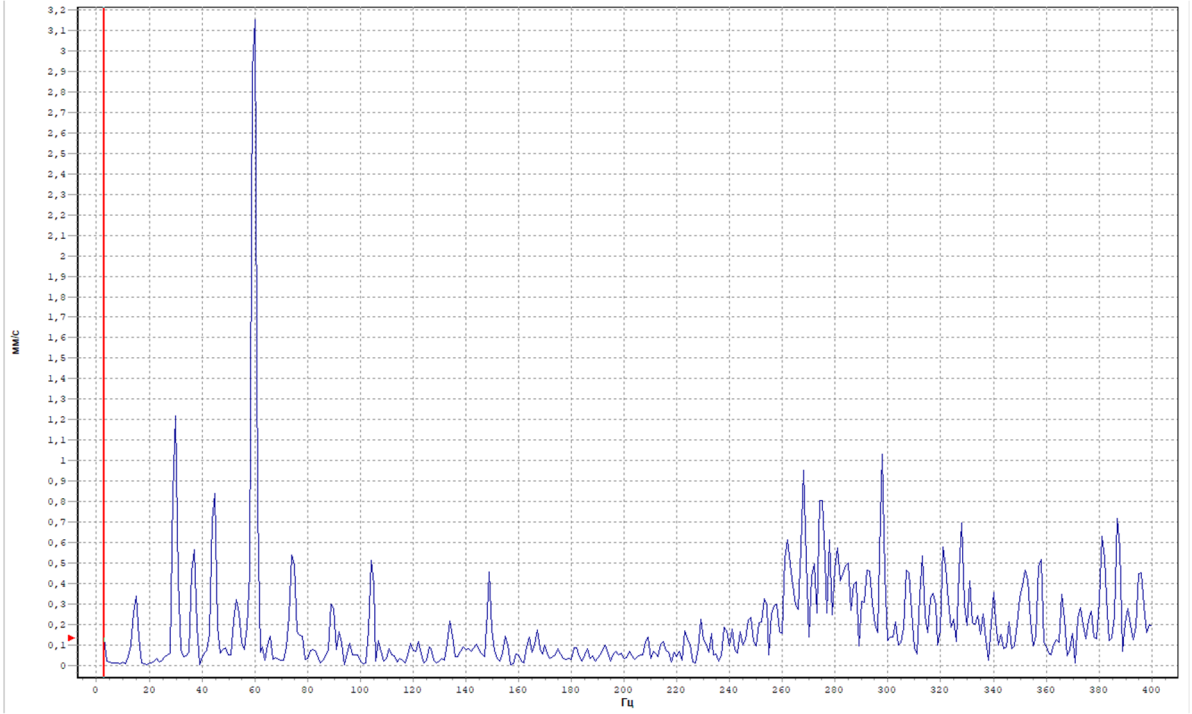



Рис. 2. Спектр СКЗ виброскорости приводной подшипниковой опоры второго несущего вала в горизонтально-продольном направлении

Такие увеличенные гармоники являются признаком параллельной расцентровки или несоосности несущих валов и валов привода, перекоса подшипников.

В большинстве спектров подшипниковых опор обоих несущих валов наблюдается возрастание второй гармоники (рис. 3), что также свидетельствует о некачественной центровке валов вследствие неправильного монтажа подшипников.

Доминирование первой гармоники оборотной частоты первого несущего вала в спектре также характерно при наличии несоосности валов (рис. 4).

Несоосность сопрягаемых валов ведет к высоким осевым нагрузкам, вызывающим усталостное разрушение и сильные сколы поверхности подшипников.

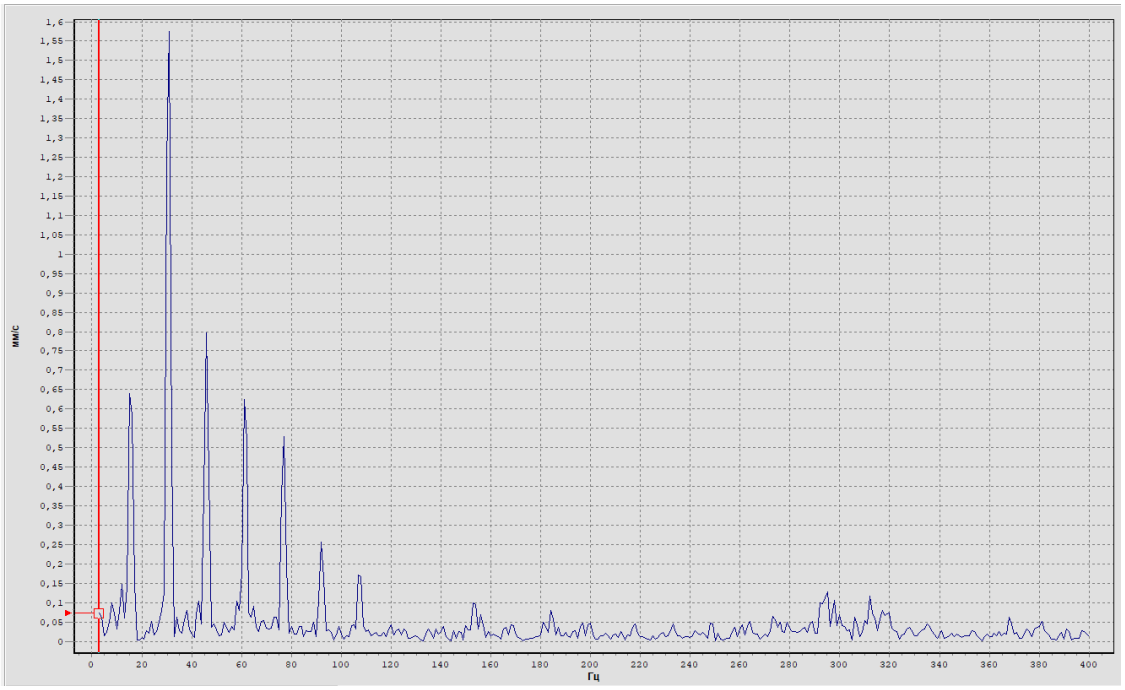



Рис. 3. Спектр СКЗ виброскорости лицевой подшипниковой опоры первого несущего вала в горизонтально-продольном направлении

Интенсивные колебания лицевой и приводной стоек раската размоточного устройства возникли после внесения в конструкцию изменений по подъему направляющих тамбурного вала с целью увеличения высоты оси тамбура.

Значения СКЗ виброскорости в горизонтально-продольном и горизонтально-поперечном направлениях на оборотных частотах разматываемого рулона достигли 19 мм/с, что говорит о недостаточной жесткости модернизированных стоек раската (рис. 5).

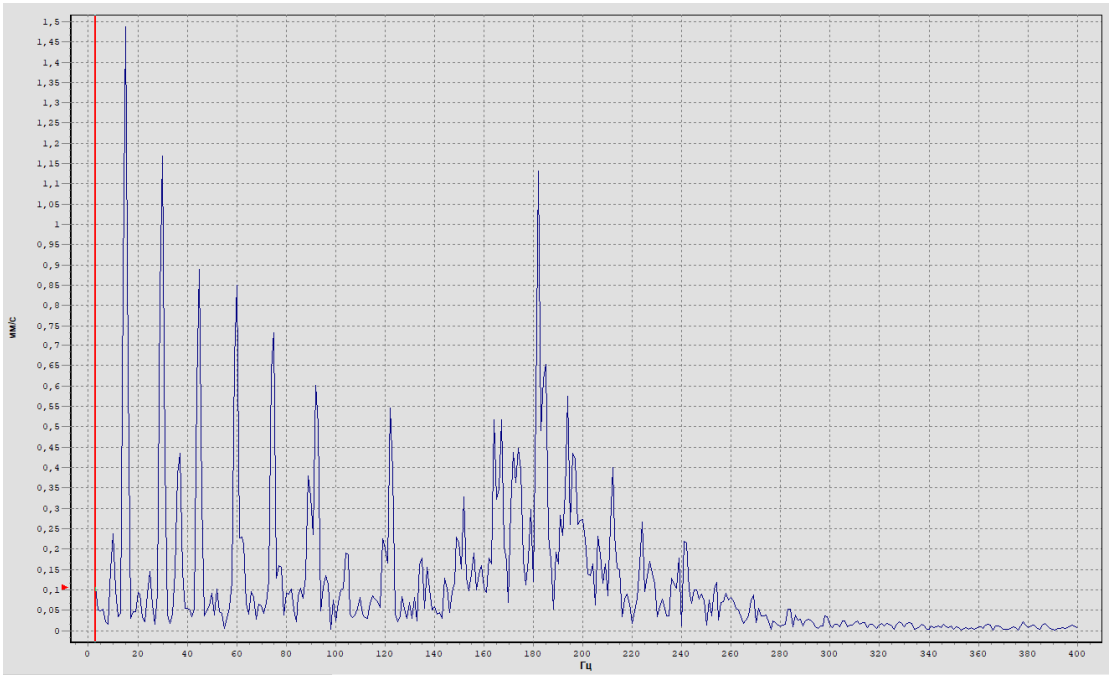



Рис. 4. Спектр СКЗ виброскорости лицевой подшипниковой опоры первого несущего вала в горизонтально-поперечном направлении при скорости станка 1650 м/мин

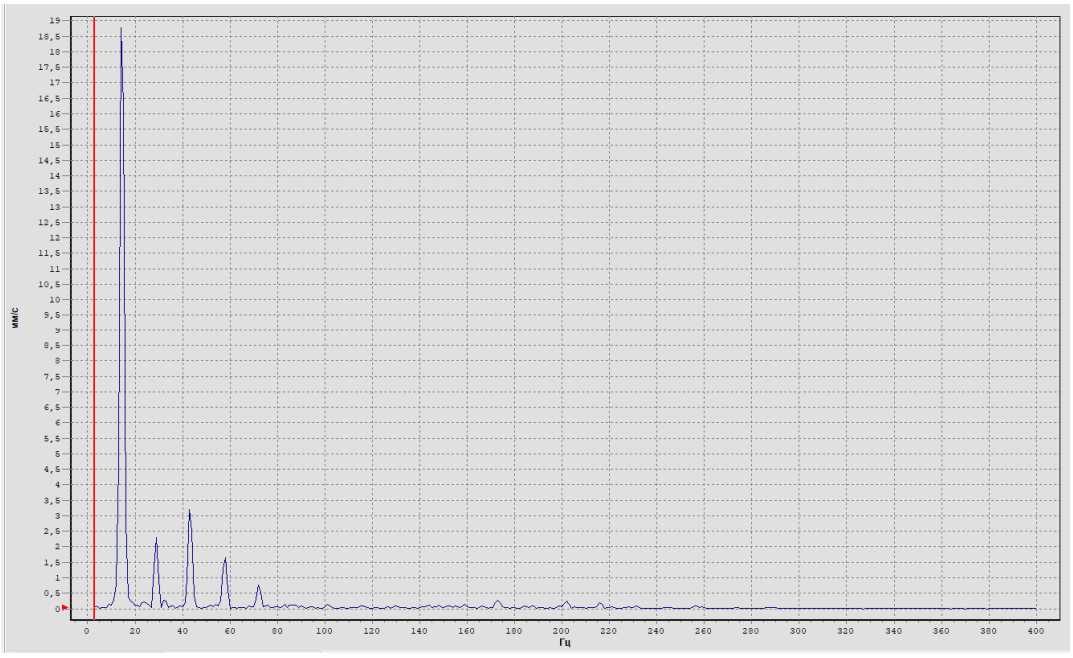



Рис. 5. Спектр СКЗ виброскорости стойки раската с приводной стороны в горизонтально-продольном направлении

Повышенная вибрация стоек раската привела к возбуждению интенсивных колебаний вала привода в месте соединения с валом стойки раската (рис. 6).

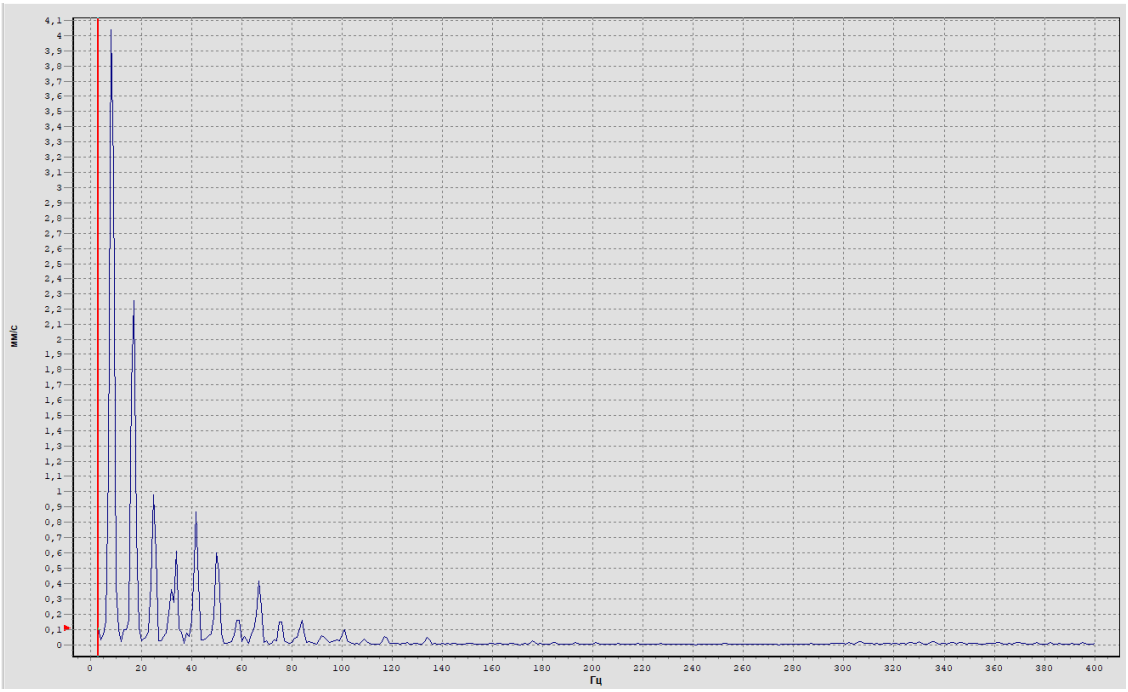



Рис. 6. Спектр СКЗ виброскорости вала привода в месте соединения
с валом стойки раската в горизонтально-продольном направлении

В спектре вибрации электродвигателя раската также наблюдались признаки расцентровки валов (рис. 7).

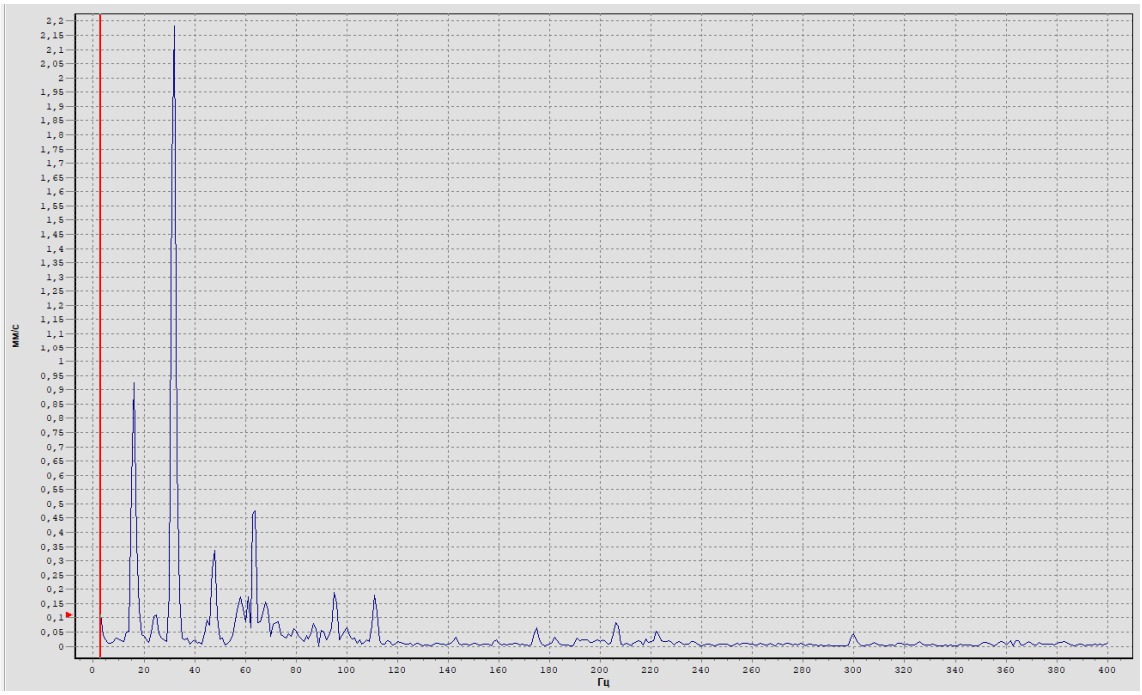



Рис. 7. Спектр СКЗ виброскорости опоры электродвигателя раската
в горизонтально-продольном направлении

С целью обеспечения устойчивой работы станка механической службе предприятия авторами было рекомендовано устранить выявленные дефекты.

*Список источников*

1. Куцубина Н. В., Санников А. А. Совершенствование технической эксплуатации бумагоделательных и отделочных машин на основе их виброзащиты и вибродиагностики. Екатеринбург : УГЛТУ, 2014. 144 с.

2. Васильев В. В., Куцубина Н. В., Исаков С. Н. Идентификация вибрации конструкций продольно-резательного станка // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий : материалы XV Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2024. С. 328–333.

3. Удинцева С. Н. Вибрационные процессы при намотке рулонов бумаги на продольно-резательных станках : дис. … канд. техн. наук / Светлана Николаевна Удинцева. Екатеринбург, 2004. 174 с.

4. ГОСТ 26493–85. Вибрация. Технологическое оборудование целлюлозно-бумажного производства. Нормы вибрации. Технические требования. М. : Изд-во стандартов, 1985. 8 с.

*References*

1. Kutsubina N. V., Sannikov A. A. Improving the technical operation of paper-making and finishing machines based on their vibration protection and vibration diagnostics : monograph. Ekaterinburg : USFEU, 2014. 144 p.

2. Vasiliev V. V., Kutsubina N. V., Isakov S. N. Identification of vibration of slitting machine constructions // Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XV International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2024. P. 328–333.

3. Udintseva S. N. Vibration processes when winding paper roll slitting machines : dis. … of the Candidate of Technical Sciences / Svetlana Nikolaevna Udintseva. Ekaterinburg, 2004. 174 p.

4. GOST 26493–85. Vibration. Technological equipment for pulp and paper production. Vibration standards. Technical requirements. M. : Publishing House of Standards, 1985. 8 p.

Научная статья
УДК 674.05

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТОЧНОСТИ ПУАНСОНА НА ТОЧНОСТЬ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА ШИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**Елизавета Сергеевна Васильева[1], Ольга Анатольевна Рублева[2], Ярослав Дмитриевич Ведерников[3]**
[1–3] Вятский государственный университет, Киров, Россия
[1] es_vasilieva@vyatsu.ru
[2] rubleva@vyatsu.ru
[3] vedernikov@vyatsu.ru

***Аннотация.*** Представлены результаты измерений геометрических параметров рабочих поверхностей пуансона для прессования шиповых соединений. На основе экспериментальных данных выполнен расчет средних фактических толщин и их отклонений, посчитан квалитет точности формообразующих элементов пуансона, потенциально влияющий на точность соединений.

***Ключевые слова:*** пуансон, точность формообразующих поверхностей, элементы шиповых соединений

***Для цитирования:*** Васильева Е. С., Рублева О. А., Ведерников Я. Д. Оценка влияния точности пуансона на точность формообразования элемента шиповых соединений // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 237−240.

Original article

# IMPACT ASSESSMENT OF PUNCH ACCURACY ON THE FORMING ACCURACY OF TENON JOINT ELEMENT

**Elizaveta S. Vasilyeva[1], Olga A. Rubleva[2], Yaroslav D. Vedernikov[3]**
[1–3] Vyatka State University, Kirov, Russia
[1] es_vasilieva@vyatsu.ru
[2] rubleva@vyatsu.ru
[3] vedernikov@vyatsu.ru

© Васильева Е. С., Рублева О. А., Ведерников Я. Д., 2026

***Abstract.*** The results of measurements of the geometric parameters of the working surfaces of punch for pressing tenon joints are presented. Based on the experimental data, calculated the average actual thicknesses and their deviations, and the accuracy quality grade of the forming elements of punch, which potentially impacts joint accuracy, is assessed.

***Keywords:*** punch, the accuracy of the forming surfaces, tenon joint elements

***For citation:*** Vasilyeva E. S., Rubleva O. A., Vedernikov Ya. D. (2026) Ocenka vliyaniya tochnosti puansona na tochnost` formoobrazovaniya e`lementa shipovy`x soedinenij [Impact assessment of punch accuracy on the forming accuracy of tenon joint element]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 237–240. (In Russ).

Точность изготовления элементов шиповых соединений, полученных операцией торцового прессования, помимо точности расположения инструмента, зависит от геометрических параметров самого инструмента и точности его изготовления [1]. Анализ степени влияния данного фактора является одним из определяющих, поскольку точность изготовления инструмента должна контролироваться технологией.

Для формирования элементов шиповых соединений операцией торцового прессования использовали пуансон (рисунок) со следующими параметрами: ширина шипов – 2,2 мм, ширина проушин – 2,0 мм, высота шипов – 10 мм. Материал – Сталь 45 твердостью 45 HRC [2].

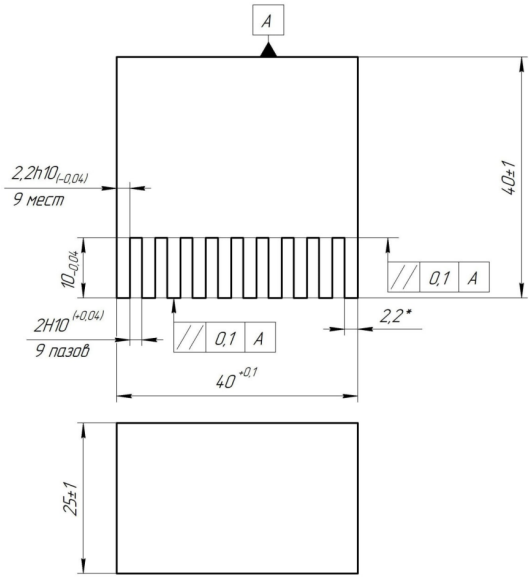



Рис. 1. Параметры применяемого инструмента – пуансона

Произведены трехкратные измерения ширины шипов и проушин пуансона (табл. 1).

*Таблица 1*

Результаты измерений ширины элементов пуансона

| | Значения измерений, мм | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Паз 1 | 1,990 | 2,005 | 2,051 |
| Паз 2 | 1,980 | 2,002 | 2,033 |
| Паз 3 | 1,990 | 2,009 | 2,031 |
| Паз 4 | 1,990 | 2,002 | 2,028 |
| Паз 5 | 1,970 | 2,013 | 2,034 |
| Паз 6 | 1,960 | 2,006 | 2,017 |
| Паз 7 | 1,990 | 2,012 | 2,019 |
| Паз 8 | 1,980 | 2,011 | 2,030 |
| Паз 9 | 1,990 | 2,007 | 2,049 |
| Шип 1 | 2,180 | 2,162 | 2,190 |
| Шип 2 | 2,210 | 2,198 | 2,158 |
| Шип 3 | 2,200 | 2,200 | 2,169 |
| Шип 4 | 2,210 | 2,198 | 2,169 |
| Шип 5 | 2,220 | 2,188 | 2,173 |
| Шип 6 | 2,230 | 2,195 | 2,179 |
| Шип 7 | 2,220 | 2,190 | 2,187 |
| Шип 8 | 2,220 | 2,187 | 2,182 |
| Шип 9 | 2,200 | 2,192 | 2,165 |

Рассчитано среднее фактическое значение для каждого элемента (табл. 2). Фактическая точность формообразующих элементов изготовленного пуансона определялась по наименее точному элементу и соответствовала 9 квалитету в соответствии с ГОСТ 25346–89 [3].

*Таблица 2*

Значения точности элементов пуансона

| № элемента | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номинальное значение ширины проушины | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 |
| Среднее фактическое значение ширины проушины | 2,015 | 2,005 | 2,010 | 2,007 | 2,006 | 1,994 | 2,007 | 2,007 | 2,015 |
| Отклонение | 0,015 | 0,005 | 0,010 | 0,007 | 0,006 | 0,006 | 0,007 | 0,007 | 0,015 |
| Квалитет | IT9 | IT6 | IT7 | IT7 | IT6 | IT6 | IT7 | IT7 | IT9 |
| Номинальное значение ширины шипа | 2,200 | 2,200 | 2,200 | 2,200 | 2,200 | 2,200 | 2,200 | 2,200 | 2,200 |

*Окончание табл. 2*

| № элемента | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Среднее фактическое значение ширины шипа | 2,177 | 2,189 | 2,190 | 2,192 | 2,194 | 2,201 | 2,199 | 2,196 | 2,186 |
| Отклонение | 0,023 | 0,011 | 0,010 | 0,008 | 0,006 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | 0,014 |
| Квалитет | 9 | 8 | 7 | 7 | 6 | 2 | 2 | 5 | 8 |

Исследованный пуансон следующей точности обеспечивает формирование элементов шиповых соединений от 11 до 14 квалитета. Для шипов – 11–12 квалитет, для проушин – 11–14 квалитет, с учетом того, что 14 квалитет свойственен для крайних элементов.

*Список источников*

1. Гороховский А. Г., Рублева О. А. Анализ современных требований по выбору посадок для клеевых соединений по длине на прямоугольные шипы // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XVI Международной научно-технической конференции (Вологда, 5 декабря 2018 г.). Вологда : Вологодский государственный университет, 2019. С. 135–138.

2. Рублева О. А. Опыт применения штампового инструмента для формирования прямоугольных проушин и шипов // Деревообрабатывающая промышленность. 2020. №. 2. С. 27–34.

3. ГОСТ 25346–89. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. М. : Изд-во стандартов, 2004. 24 с.

*References*

1. Gorokhovsky A. G., Rubleva O. A. Analysis of modern requirements for the selection of fits for adhesive joints along the length of rectangular tenons // Actual problems of the development of the forest complex : materials of the XVI International Scientific and Technical Conference (Vologda, December 5, 2018). Vologda : Vologda State University, 2019. P. 135–138.

2. Rubleva O. A. Experience of using a stamping tool for forming rectangular eyes and tenons // Woodworking industry. 2020. № 2. P. 27–34.

3. GOST 25346–89. Basic standards of interchangeability. Unified system of tolerances and fits. General provisions, series of tolerances and basic deviations. M. : Publishing house of standards, 2004. 24 p.

Научная статья
УДК 674.05:621.002.5

# МЕТОДЫ НОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

**Сергей Николаевич Вихарев[1], Максим Валерьевич Колчин[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[2] Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия
[1] cbp200558@mail.ru
[2] maxkolchin2012@mail.ru

***Аннотация.*** Работа посвящена анализу методов нормирования параметров технологических машин, используемых в машиностроении и производственных процессах. Проведен обзор существующих подходов, включая статистические, аналитические и экспериментальные методы, а также предложены новые разработки на основе искусственного интеллекта и цифрового моделирования для повышения точности и эффективности нормирования.

***Ключевые слова:*** нормирование параметров, технологические машины, статистические методы, искусственный интеллект, цифровое моделирование

***Для цитирования:*** Вихарев С. Н., Колчин М. В. Методы нормирования параметров технологических машин // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 241−245.

Original article

# METHODS OF STANDARDIZING THE PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL MACHINES

**Sergey N. Vikharev[1], Maxim V. Kolchin[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[2] Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia
[1] cbp200558@mail.ru
[2] maxkolchin2012@mail.ru

© Вихарев С. Н., Колчин М. В., 2026

***Abstract.*** The research is devoted to the analysis of methods of standardizing the parameters of technological machines used in mechanical engineering and production processes. A review of existing approaches, including statistical, analytical, and experimental methods, has been conducted, and new developments based on artificial intelligence and digital modeling have been proposed to improve the accuracy and efficiency of standardizing.

***Keywords:*** setting of standards parameters, technological machines, statistical methods, artificial intelligence, digital modeling

***For citation:*** Vikharev S. N., Kolchin M. V. (2026) Metody` normirovaniya parametrov texnologicheskix mashin [Methods of standardizing the parameters of technological machines]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 241–245. (In Russ).

Нормирование параметров технологических машин является ключевым этапом проектирования и эксплуатации оборудования в различных отраслях промышленности, в том числе деревоперерабатывающей. Оно включает установление оптимальных значений скорости, мощности, производительности, надежности и других характеристик, обеспечивающих эффективность и безопасность процессов. В условиях роста требований к энергоэффективности и устойчивому развитию актуальность точных методов нормирования возрастает. В данной статье рассматриваются достижения в этой области и предлагаются инновационные подходы.

До настоящего времени разработаны и широко применяются несколько основных методов нормирования параметров технологических машин.

Статистические методы основаны на анализе больших объемов данных из реальных производственных процессов. Они используют распределения вероятностей (нормальное распределение) для определения средних значений и допусков параметров. Примеры включают методы регрессионного анализа и дисперсионного анализа, описанные в работах Б. В. Гнеденко и других статистиков. Эти подходы позволяют учитывать вариабельность условий эксплуатации, но часто требуют значительных выборок данных и не всегда учитывают нелинейные зависимости [1].

Аналитические методы опираются на математические модели и расчеты, такие как уравнения динамики, термодинамики или теории надежности. В машиностроении применяются модели на основе уравнений Лагранжа или конечных элементов для расчета нагрузок и деформаций. Классические работы, такие как труды С. П. Тимошенко по механике, заложили основы этих методов. Они точны для идеализированных условий, но сложны в применении к реальным системам со множеством переменных.

Экспериментальные методы включают лабораторные и полевые испытания, где параметры измеряются напрямую. Стандарты, такие как ГОСТ Р 27.002–2009 по надежности машин, регламентируют процедуры тестирования. Данные методы обеспечивают высокую достоверность, но требуют значительных ресурсов и времени, особенно для крупногабаритного оборудования [2, 3].

Существуют нормативные методы, основанные на стандартах (ISO 9001), которые устанавливают фиксированные нормы на основе накопленного опыта. Однако они могут устаревать из-за технологического прогресса.

Несмотря на эффективность этих методов, они имеют ограничения [4]:

– высокая трудоемкость;

– недостаточная адаптация к изменяющимся условиям;

– игнорирование комплексных взаимодействий в системах.

Для преодоления ограничений существующих подходов предлагается разработка методов на основе искусственного интеллекта и цифрового моделирования.

*Первый метод* – использование машинного обучения для предиктивного нормирования. На основе нейронных сетей и алгоритмов глубокого обучения (рекуррентных нейронных сетей) можно анализировать ранее зафиксированные данные о работе машин и предсказывать оптимальные параметры в реальном времени. Это позволит учитывать нелинейные факторы, такие как износ, температурные колебания и нагрузки. Например, модель на базе TensorFlow может обучаться на данных с датчиков IoT, обеспечивая адаптивное нормирование с точностью до 95 % (рис. 1).

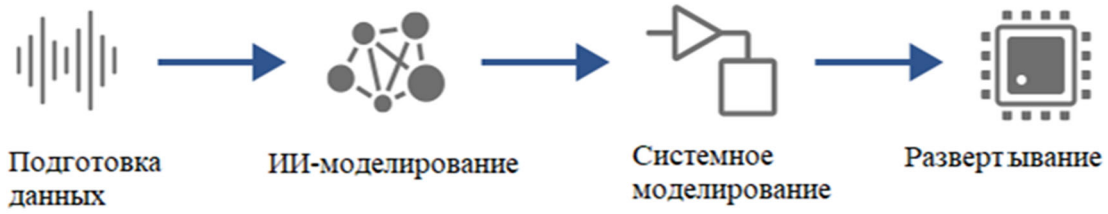



Рис. 1. Рабочий процесс: виртуальные датчики с использованием ИИ

*Второй метод* – интеграция цифровых двойников. Цифровой двойник – виртуальная модель машины, синхронизированная с реальным объектом через данные сенсоров. С помощью симуляций в программном обеспечении типа ANSYS или Siemens NX можно оптимизировать параметры, минимизируя затраты и риски. Предлагается алгоритм, сочетающий генетические алгоритмы с цифровым двойником для многокритериальной оптимизации (производительность, энергоэффективность, экологичность) (рис. 2).

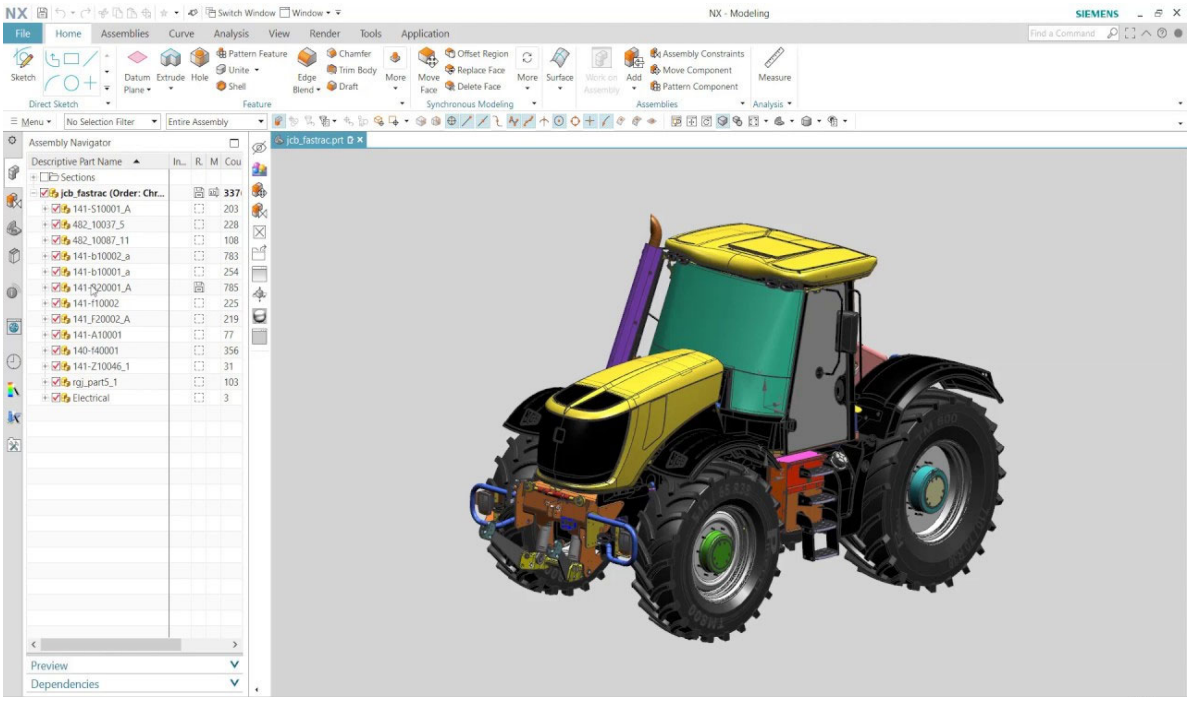



Рис. 2. Рабочий процесс в программе Siemens NX

*Третий метод* – гибридный подход, комбинирующий искусственный интеллект с экспериментальными данными. Он включает создание баз знаний на основе онтологий и экспертных систем, где нормы корректируются автоматически на основе обратной связи от процессов. Это особенно полезно для нормирования параметров в условиях Industry 4.0, где интеграция с большими данными повышает точность (рис. 3).




Рис. 3. Рабочий процесс: виртуальные датчики с использованием ИИ

Представленные методы могут быть протестированы на примере различных технологических машин с ожидаемым снижением затрат на 20–30 % и повышением надежности [5].

В работе проведен анализ существующих методов нормирования параметров технологических машин, выявлены их сильные и слабые стороны. Предложенные инновационные подходы на основе искусственного интеллекта и цифрового моделирования открывают новые возможности для более точного и эффективного нормирования. Дальнейшие исследования должны включать пилотные внедрения и сравнительный анализ с традиционными методами для подтверждения преимуществ. Реализация этих разработок способствует переходу к умному производству и устойчивому развитию промышленности.

*Список источников*

1. Димитрюк О. К. Технология машиностроения. Курсовое проектирование : в 3 ч. Ч. 1. Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. 133 с.

2. Беломестных В. А. Основы технологии производства и ремонта Т и ТТМО. Иркутск : Изд-во ИрГАУ, 2020. 128 с.

3. Жуков Э. Л. Технология машиностроения. Основы технологии машиностроения М. : Высшая школа, 2003. 278 с.

4. Морозов В. В. Основы технологии машиностроения. Владимир : Изд-во ВлГУ, 2016. 200 с.

5. Жданов Д. А. Методы оценки технического уровня машин и оборудования. Минск : БГАТУ, 2022. 112 с.

*References*

1. Dimitryuk O. K. Mechanical engineering technology. Course Design : in 3 parts. P. 1. Komsomolsk-on-Amur : FSBEI HPE “KnASTU”, 2014. 133 p.

2. Belomestnykh V. A. Fundamentals of technology for production and repair of T and TTMO. Irkutsk : ISAU Publishing House, 2020. 128 p.

3. Zhukov E. L. Mechanical engineering technology. Fundamentals of mechanical engineering technology. M. : Higher school, 2003. 278 p.

4. Morozov V. V. Fundamentals of mechanical engineering technology. Vladimir : VSU Publishing House, 2016. 200 p.

5. Zhdanov D. A. Methods for assessing the technical level of machines and equipment. Minsk : BSATU, 2022. 112 p.

Научная статья
УДК 343.148.63

# МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ВИДЕОЗАПИСЯМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ДТП

**А. А. Волков[1], К. Г. Кочешев[2], В. М. Моргунова[3], А. С. Бабин[4], С. Д. Пасичник[5]**
[1–5] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
Автор, ответственный за переписку: Андрей Андреевич Волков, volkovaa@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** При различных видах дорожно-транспортных происшествий, в том числе при столкновении автомобилей, наездах на пешеходов и случаях, когда водитель скрылся с места происшествия, превышение скорости является одной из важнейших проблем при анализе ДТП. Следовательно, необходимо анализировать скорость транспортного средства в момент аварии.

***Ключевые слова:*** экспертиза ДТП, скорость движения транспортного средства, видеорегистратор, камера видеонаблюдения, наезд на пешехода

***Для цитирования:*** Метод определения скорости транспортного средства по видеозаписям при проведении экспертизы ДТП / А. А. Волков, К. Г. Кочешев, В. М. Моргунова [и др.] // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 246−251.

Original article

# A METHOD FOR DETERMINING THE VEHICLE SPEED BASED ON VIDEO RECORDINGS DURING AN ACCIDENT EXPERT EVALUATION

**A. A. Volkov[1], K. G. Kocheshev[2], V. M. Morgunova[3], A. S. Babin[4], S. D. Pasichnik[5]**
[1–5] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
Corresponding author: Andrey Andreevich Volkov, volkovaa@m.usfeu.ru

© Волков А. А., Кочешев К. Г., Моргунова В. М., Бабин А. С., Пасичник С. Д., 2026

***Abstract.*** In various types of traffic accidents, including car collisions, pedestrian knockdown, and cases where the driver fled the scene, speeding is one of the most important problems in the analysis of accidents. Therefore, it is necessary to analyze the speed of the vehicle at the time of the accident.

***Keywords:*** an accident expert evaluation, speed of movement of a vehicle, video recorder, surveillance camera, pedestrian knockdown

***For citation:*** Metod opredeleniya skorosti transportnogo sredstva po videozapisyam pri provedenii e`kspertizy` DTP [A method for determining the vehicle speed based on video recordings during an accident expert evaluation] (2026) A. A. Volkov, K. G. Kocheshev, V. M. Morgunova [et al.]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026 P. 246–251. (In Russ).

При различных типах дорожно-транспортных происшествий, включая столкновения автомобилей, наезды на пешеходов и случаи, когда водитель скрылся с места происшествия, превышение скорости является одной из важнейших проблем при анализе ДТП. Следовательно, необходим анализ скорости транспортного средства в момент аварии. Кроме того, при использовании симулятора столкновений транспортных средств, такого как PC-Crash, скорость транспортного средства является важной входной переменной для реконструкции дорожно-транспортного происшествия.

Одним из методов определения скорости транспортного средства в момент столкновения является использование функции записи данных о событиях блока управления подушками безопасности (Airbag Control Unit – ACU) или информации, записанной цифровым тахографом. Однако данные в блоке управления подушками безопасности не регистрируются для большинства дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов и наездов на пешеходов, а также ДТП с участием лиц, использующих для передвижения средства индивидуальной мобильности (СИМ), поскольку случаи не соответствуют условиям записи данных, так как подушки безопасности в автомобиле не срабатывают. Цифровой тахограф, согласно Приложению № 2 Приказа Министерства транспорта РФ от 28 октября 2020 г. № 440 «Об утверждении требований к тахографам, устанавливаемым на транспортные средства, категорий и видов транспортных средств, оснащаемых тахографами, правил использования, обслуживания и контроля работы тахографов, установленных на транспортные средства», не обязателен к установке в легковых автомобилях. Кроме того, данные из цифрового тахографа, установленного, например, на грузовом автомобиле, можно получить только по запросу в контролирующие органы, что не всегда возможно.

С другой стороны, во многих местах улично-дорожной сети в городских районах установлены камеры видеонаблюдения, а также большое количество автовладельцев используют в своих автомобилях видеорегистраторы. Видеоматериалы, полученные с таких устройств, также могут быть использованы в качестве важных доказательств при анализе и расследовании дорожно-транспортных происшествий. При этом такие видеоматериалы не только дают представление о ситуации в момент аварии, но и позволяют выявить различные важные физические факторы, такие как траектория и скорость движения транспортного средства, а также положение и угол наклона кузова автомобиля при столкновении.

Исследования, посвященные методам анализа скорости и траектории движения транспортных средств с использованием видеоматериалов, проводились во многих странах. Вонг и др. [1] предложили метод прямой оценки скорости движения транспортного средства путем применения кросс-коэффициента к видеозаписям, полученным со стационарных камер, таких как системы видеонаблюдения.

Хан [2] оценил скорость движения транспортного средства, применив метод перекрестного соотношения к видеозаписям с бортовых компьютеров автомобилей в различных дорожных ситуациях и условиях, и сравнил полученные оценки с результатами других традиционных аналитических методов и системы глобального позиционирования (GPS). Метод перекрестного соотношения основан на соотношении расстояний между четырьмя точками на траектории движения автомобиля для оценки его продольной скорости.

Эдельман и Биджхолд [3] предложили метод реконструкции движения автомобиля по видео с камеры наблюдения в трехмерном пространстве с использованием видео с камеры наблюдения и трехмерной модели пространства.

Среди вышеперечисленных методов анализа скорости наиболее эффективным является метод кросс-коэффициента, предложенный Вонгом и др. [1] и Ханом [2]. Он заключается в совмещении начального и конечного кадров видео и вычислении кросс-коэффициента по четырем точкам совмещенного кадра для оценки расстояния и скорости транспортного средства с использованием вычисленного кросс-коэффициента. Этот метод надежен, но неэффективен при постоянном изменении скорости транспортного средства, поскольку требует длительного процесса анализа.

В этой статье предлагается метод оценки скорости транспортного средства (МОСТС) для расследования дорожно-транспортных происшествий. В отличие от ранее опубликованных исследований, МОСТС не требует сложной методологии и алгоритма. Он может более точно отражать расстояние, на котором проводится анализ скорости, и может быть очень просто использован для надежной и непрерывной оценки изменения скорости транспортного средства.

В ходе эксперимента, проведенного авторами, метод оценки скорости транспортного средства (МОСТС) был применен к записям с камеры видеонаблюдения и видеорегистратора, установленного в автомобиле. Результаты анализа скорости с помощью МОСТС были сопоставлены со скоростью, измеренной с помощью ГЛОНАСС, чтобы проверить надежность метода и оценить полезность его применения в реальных дорожно-транспортных происшествиях.

Как правило, при анализе скорости движения транспортного средства с помощью предоставленного видеофайла на нем выделяется участок для анализа скорости: измеряется фактическое расстояние между начальной и конечной точками выделенного участка для анализа скорости (путем натурных исследований), а также интервал между кадрами. Результаты измерений и частота кадров видеофайла подставляются в следующее уравнение (1) для расчета скорости движения транспортного средства:

$$V = \frac{S \cdot FPS}{F_2 - F_1}, \quad (1)$$

где $V$ – скорость движения, м/с;

$S$ – измеренное расстояние между секциями, м;

$F_1$ – номер кадра в начале раздела;

$F_2$ – номер кадра в конце раздела;

$FPS$ – частота кадров в видео, кадров в секунду.

Ниже представлена предлагаемая авторами блок-схема МОСТС (рисунок). Для анализа скорости движения транспортного средства по видеозаписям дорожно-транспортного происшествия требуется информация о видео (частота кадров, разрешение и т. д.) и транспортном средстве, например, название модели, год выпуска и технические характеристики.

С помощью видео необходимо проанализировать траекторию движения транспортного средства и установить зону анализа скорости на траектории движения с учетом дорожной разметки и конструкций, включая полосы движения и пешеходные переходы, чтобы точно измерить пройденное расстояние с помощью фактического измерения для заданной зоны анализа скорости.




Блок-схема метода оценки скорости транспортного средства

После этого расстояние движения, интервал между кадрами и частота кадров видео подставляются в уравнение (1) для оценки скорости движения транспортного средства на каждом участке анализа скорости.

При анализе дорожно-транспортных происшествий видеоматериалы являются важнейшим источником доказательств и позволяют наилучшим образом объяснить ситуацию. Видеоматериалы содержат различную информацию, необходимую для экспертизы ДТП, в том числе данные о положении, ориентации и скорости транспортных средств в момент столкновения.

В этой статье предлагается метод оценки скорости транспортного средства МОСТС. Был проведен тест на вождение в различных условиях. Скорость транспортного средства оценивалась с помощью МОСТС на основе видеозаписей с камер наблюдения и видеорегистраторов. Оценка скорости транспортного средства сравнивалась со скоростью, измеренной с помощью Racelogic Vbox Touch на основе ГЛОНАСС. В реальных дорожных условиях погрешность определения скорости автомобиля с помощью МОСТС составляла от 1,3 % до 5,8 % при постоянной скорости.

Чтобы расширить возможности применения и использования метода оценки скорости транспортного средства, необходимо провести дополнительные исследования для различных условий и ситуаций вождения.

*Список источников*

1. Вонг Т. В. Применение кросс-коэффициента при реконструкции ДТП // Международный журнал судебной медицины. № 235. С. 19–23.

2. Хан И. Оценка скорости автомобиля на основе кросс-коэффициента с использованием видеоданных с автомобильной камеры (черного ящика) // Судебная медицина. 2016. С. 89–96.

3. Эдельман Г., Бийхольд Й. Отслеживание людей и автомобилей с помощью 3D-моделирования и видеонаблюдения // Международный журнал судебной медицины. 2010. Т. 202, № 1–3. С. 26–35.

*References*

1. Wong T. V. Application of the cross coefficient in the reconstruction of an accident // International journal of forensic medicine. No. 235. P. 19–23.

2. Khan I. Estimation of vehicle speed based on the cross coefficient using video data from the car camera (black box) // Forensic medicine. 2016. P. 89–96.

3. Edelman G., Bijhold J. Tracking people and cars using 3D modeling and video surveillance // International journal of forensic medicine. 2010. Vol. 202, No. 1–3 P. 26–35.

*Сведения об авторах*

*Андрей Андреевич Волков* – старший преподаватель, volkovaa@m.usfeu.ru;
*Кирилл Григорьевич Кочешев* – магистрант, kkgkirill66@mail.ru;
*Виктория Михайловна Моргунова* – магистрант, viktoriya-morgunova@mail.ru;
*Андрей Сергеевич Бабин* – магистрант, bac170100@mail.ru;
*Сергей Дмитриевич Пасичник* – магистрант, pasiy@mail.ru.

*Information about the authors*

*Andrey A. Volkov* – Senior lecturer, volkovaa@m.usfeu.ru;
*Kirill G. Kocheshev* – Master's student, kkgkirill66@mail.ru;
*Victoria M. Morgunova* – Master's student, viktoriya-morgunova@mail.ru;
*Andrey S. Babin* – Master's student, bac170100@mail.ru;
*Sergey D. Pasichnik* – Master's student, pasiy@mail.ru.

Научная статья
УДК 311.42

# АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОГО ПРОЕКТА «АВТОТРАНСПОРТНЫЙ КЛАСС» В ТАЛИЦКОМ МУНИЦИПАЛЬНОМ ОКРУГЕ

**Ольга Сергеевна Гасилова[1], Оксана Владимировна Маковеева[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] gasilovaos@m.usfeu.ru
[2] makovveevaov@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В статье рассматриваются ключевые проблемы при реализации профориентационного проекта профильного автотранспортного класса в Талицком муниципальном округе, проанализированы статистические данные, на основе которых дается прогноз результатов реализации проекта, а также предложены мероприятия по развитию профильных автотранспортных классов.

***Ключевые слова:*** профориентация, ЕГЭ, профильный класс, автомобильный транспорт, школа

***Для цитирования:*** Гасилова О. С., Маковеева О. В. Анализ ключевых проблем при реализации профориентационного проекта «Автотранспортный класс» в Талицком муниципальном округе // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 252–258.

Original article

# ANALYSIS OF KEY ISSUES IN THE IMPLEMENTATION OF THE PROFESSIONAL ORIENTATION PROJECT “MOTOR TRANSPORT CLASS” IN THE TALITSKY MUNICIPAL DISTRICT

**Olga S. Gasilova[1], Oksana V. Makoveeva[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] gasilovaos@m.usfeu.ru
[2] makovveevaov@m.usfeu.ru

© Гасилова О. С., Маковеева О. В., 2026

***Abstract.*** The article discusses key issues in the implementation of a career guidance project for specialized motor transport classes in the Talitsky Municipal District, it analyzes statistical data and uses it to predict the results of the project, as well as suggests measures for the development of specialized motor transport classes.

***Keywords:*** career guidance, Unified State Exam, specialized classes, automobile transport, school

***For citation:*** Gasilova O. S., Makoveeva O. V. (2026) Analiz klyuchevy`x problem pri realizacii proforientacionnogo proekta “Avtotransportny`j klass” v Taliczkom municipal`nom okruge [Analysis of key issues in the implementation of the professional orientation project “Motor transport class” in the Talitsky municipal district]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 252–258. (In Russ).

Профориентационная деятельность высших учебных заведений в большинстве своем носит однообразный характер и зачастую не имеет системной работы.

Набор инструментов у университетов стандартный: День открытых дверей, разовые выезды в средние образовательные учреждения для встреч с родителями и учениками, участие в образовательных выставках и реализация рекламной стратегии (публикация агитационных материалов в СМИ, выпуск собственной печатной продукции, СММ и т. д.). Еще пару лет назад далеко не каждому высшему учебному заведению удавалось найти взаимопонимание с руководством школ и лицеев. Представители двух уровней образования вели профориентационную работу обособлено.

Стоит отметить, что позиция большинства средних образовательных учреждений изменилась. Теперь школы заинтересованы в долгосрочном сотрудничестве с вузами, но на определенных условиях. Во-первых, к школам стали предъявляется иные, более повышенные, требования по профориентации, что заставило руководство школ искать сотрудничество за стенами образовательного учреждения. Во-вторых, на ситуацию повлияла нехватка педагогов, особенно по естественным наукам. Сегодня в Свердловской области насчитывается 64,7 тыс. ставок педагогических работников общеобразовательных организаций, из них вакантны 0,67 %. Но эти показатели не учитывают скрытую статистику, где вакантные ставки занимают учителя, беря на себя дополнительную нагрузку, зачастую не по профилю. Именно эту нишу могли бы занять более подготовленные преподаватели высших учебных заведений.

С другой стороны, вузам не целесообразно заниматься общей образовательной подготовкой, так как конечной целью их профориентационной

деятельности является набор качественных, ориентированных абитуриентов, а не просто повышение уровня знаний школьников по отдельным предметам. Компромиссом интересов могут стать как профильные классы, так и профильные летние лагеря на базе университетов.

В отдельных случаях вузу приходится решать не только вопрос профориентации своих образовательных программ, но и заниматься популяризацией обучения в 10–11 классах, чтобы сократить количество школьников, выбирающих среднее профессиональное образование (СПО) после 9-го класса. Количество таких детей с каждым годом растет. Происходит это чаще всего на территории отдаленных от региональных центров муниципальных округов, где школы сталкиваются практически со всеми сегодняшними проблемами среднего образования: малокомплектные классы, нехватка преподавателей, ситуация с демографией, отток трудоспособного населения в более крупные города.

С такой ситуацией столкнулась Высшая школа транспортно-технологических систем (ВШТТС) ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ) в Талицком муниципальным округе.

30 августа 2025 г. состоялось подписание соглашения о развитии автотранспортных классов между Талицким муниципальным округом, УГЛТУ и Министерством транспорта и дорожного хозяйства Свердловской области об открытии автотранспортных классов в трех школах округа. Инициатором выбора данной территории выступило отраслевое ведомство. В связи с тем, что это первая подобная практика открытия профильных классов данного направления, ВШТТС была вынуждена согласиться с выбором этой территории.

Перед началом обучения специалистами ВШТТС были проведены собеседования и анкетирование родителей школьников, в ходе которых выяснилось, что лишь 20 % родителей школьников теоретически рассматривают обучение детей в 10–11 классе. Почти 60 % ориентированы только на получение профессии в колледже, остальные еще не задумывались о будущем образовании ребенка.

Переломить эту статистику будет достаточно сложно, так как согласно опубликованным данным Института развития образования, в округе ежегодно выпускается почти 600 девятиклассников, а выпуск 11 класса не превышает 120 человек [1].

По результатам анонимного анкетирования удалось выяснить, что родители принимают решение о продолжении обучения в колледжах и техникумах по нескольким причинам, при этом необходимость сдачи ЕГЭ стоит на первом месте. Большинство родителей уверено, что уровня подготовки на базе школы недостаточно, а выбор репетиторов на такой территории крайне ограничен.

Анализ результатов ЕГЭ по предметам, необходимым для поступления на образовательные программы ВШТТС, дает еще более негативный сценарий. Профильную математику в районе ежегодно в среднем сдают 40 человек, из них необходимое минимальное количество баллов 40 и выше для поступления набирают в среднем 70 % (табл. 1).

При этом количество участников ЕГЭ по профильной математике с 2019 г. упало фактически вдвое.

*Таблица 1*

Результаты сдачи ЕГЭ «Профильная математика» в Талицком муниципальном округе

| Участники, набравшие балл при сдаче ЕГЭ | Год проведения экзамена | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Ниже минимального балла, % | 10,26 | 9,38 | 2,78 | 5,56 | 8,10 | 4,88 |
| От минимального балла до 60 баллов, % | 50,0 | 51,56 | 47,22 | 41,67 | 45,95 | 41,46 |
| От 61 до 80 баллов, % | 38,46 | 31,25 | 41,67 | 50 | 45,95 | 39,03 |
| От 81 до 100 баллов, % | 1,28 | 7,81 | 8,33 | 2,78 | 0 | 14,63 |

Информатику в районе ежегодно сдают в среднем 18 человек, из них необходимые баллы для поступления набирают около 60 % (табл. 2).

*Таблица 2*

Результаты сдачи ЕГЭ «Информатика» в Талицком муниципальном округе

| Участники, набравшие балл при сдаче ЕГЭ | Год проведения экзамена | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Ниже минимального балла, % | 5,56 | 7,14 | 0 | 28,57 | 6,67 | 10 |
| От минимального балла до 60 баллов, % | 38,89 | 28,57 | 44,44 | 23,81 | 26,67 | 45 |
| От 61 до 80 баллов, % | 33,33 | 50 | 38,89 | 42,86 | 53,33 | 25 |
| От 81 до 100 баллов, % | 22,22 | 14,29 | 16,67 | 0 | 13,33 | 20 |

ЕГЭ по физике в районе год от года выбирают все меньше учеников. С 2019 г. данный показатель упал почти в четыре раза. В 2024 г. этот предмет выбрали всего восемь человек, из которых только двое смогли набрать более 60 баллов (табл. 3).

*Таблица 3*

Результаты сдачи ЕГЭ «Физика» в Талицком муниципальном округе

| Участники, набравшие балл при сдаче ЕГЭ | Год проведения экзамена | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Ниже минимального балла, % | 3,70 | 6,06 | 8 | 0 | 5,56 | 0 |
| От минимального балла до 60 баллов, % | 81,48 | 81,82 | 76 | 60 | 77,78 | 75 |
| От 61 до 80 баллов, % | 14,81 | 9,09 | 12 | 40 | 11,10 | 25 |
| От 81 до 100 баллов, % | 0 | 3,03 | 4 | 0 | 5,56 | 0 |

На основе анализа представленных данных можно сделать вывод, что кураторам проекта автотранспортных классов для достижения своей цели придется серьезно переломить ситуацию. Во-первых, необходимо продумать аргументы мотивации для родителей, которые будут готовы в течение всего двух лет изменить свой взгляд на формирование будущего ребенка – отказаться от СПО в пользу получения полного среднего общего образования на базе 11 классов. Во-вторых, необходимо качественно реализовать профессиональную программу, сагитировав учеников на поступление в ВШТТС, выбрав будущую профессию в транспортной отрасли. В-третьих, найти убедительные аргументы для поступления в высшее учебное заведение именно в Екатеринбурге, а не в Тюмени, которая географически ближе к району в два раза.

Таким образом, для успешной реализации и функционирования профильных автотранспортных классов следует реализовать следующие мероприятия:

1) профориентация должна выйти за рамки разовых мероприятий и стать системной работой, включающей раннюю профориентацию (начиная с 7–8 классов), индивидуальную работу с родителями (разъяснение перспектив высшего образования, помощь в подготовке к ЕГЭ), сотрудничество с местными предприятиями для демонстрации востребованности вузовских специальностей;

2) организация экскурсий на транспортные предприятия, где школьники увидят реальные рабочие места и перспективы карьерного роста, музейные пространства промышленных предприятий, где производственный процесс связан с машиностроительной и транспортной отраслью;

3) необходимо переубедить родителей в том, что высшее образование дает больше возможностей, чем СПО. Для этого необходимо показать реальные кейсы успешных выпускников (например, тех, кто благодаря вузу построил карьеру в транспортной отрасли), организовать встречи с работодателями, готовыми принимать на работу выпускников вузов и заключить договора по целевой подготовке, предложить гибкие формы обучения (очно-заочное или дистанционное), чтобы сочетать учебу и работу;

4) одной из ключевых проблем является отток абитуриентов в ближайшие региональные центры (например, в Тюмень вместо Екатеринбурга). Чтобы переломить эту тенденцию, вузу совместно с местными администрациями, потенциальными работодателями будущих выпускников необходимо рассмотреть возможность предоставления дополнительных социальных льгот для иногородних студентов с одной территории (бесплатный проезд до места учебы, софинансирование проживания в общежитиях и т. д.);

5) профильные классы могут стать компромиссом между университетом и школами, но их эффективность будет зависеть от качества преподавательского состава (вузовские преподаватели должны быть замотивированы работать со школьниками), материально-технической базы (оснащение классов современным оборудованием), интеграции с вузовскими программами (например, предоставление дополнительных баллов за результаты проектной деятельности при поступлении или зачет ряда дисциплин учебного плана для ускоренной подготовки).

Проект автотранспортных классов в Талицком округе – пилотный, и его успех зависит от гибкости и готовности корректировать подходы. Необходимо в период его реализации отслеживать динамику интереса школьников к продолжению обучения в 10–11 классах, анализировать результаты ЕГЭ и при необходимости вводить дополнительные занятия по профильным для ВШТТС предметам, собирать обратную связь от родителей, учителей и школьников для улучшения и корректировки программы.

Если проект автотранспортных классов в Талицком округе окажется успешным, его можно масштабировать на другие муниципалитеты с похожими проблемами.

*Список источников*

1. ГАОУ ДПО Свердловской области «Институт развития образования» : [официальный сайт]. URL: https://www.irro.ru/ (дата обращения: 10.09.2025).

2. Муниципальная программа «Развитие системы образования в Талицком городском округе до 2024 года» // Талицкий муниципальный округ : [официальный сайт]. URL: https://atalica.ru/munitsipalnye-programmy (дата обращения: 10.09.2025).

*References*

1. SAEI of APE of the Sverdlovsk region “Institute of Education Development” : [official website]. URL: https://www.irro.ru/ (date of accessed: 10.09.2025).

2. Municipal Program “Development of the Education System in the Talitsky Urban District until 2024” // Talitsky municipal district : [official website]. URL: https://atalica.ru/munitsipalnye-programmy (date of accessed: 10.09.2025).

Научная статья
УДК 656.085

# РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ ООО ТК «КИТ»

**Ольга Сергеевна Гасилова[1], Марина Дмитриевна Иконникова[2], Сергей Вячеславович Богомолов[3]**
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] gasilovaos@m.usfeu.ru
[2] marina_ikonnikova_19@list.ru
[3] bogser999@gmail.com

***Аннотация.*** В статье проведен анализ дорожно-транспортных происшествий при эксплуатации автомобилей ООО ТК «КИТ» за 2023–2024 гг. Выявлены основные причины аварийности, рассмотрено влияние профессионального уровня водителей при эксплуатации транспортных средств на безопасность движения. Предложены меры по снижению дорожно-транспортных происшествий, включающие повышение квалификации водителей, внедрение телематического мониторинга и использование цифровых технологий.

***Ключевые слова:*** безопасность дорожного движения, аварийность, транспортные средства, дорожно-транспортное происшествие

***Для цитирования:*** Гасилова О. С., Иконникова М. Д., Богомолов С. В. Разработка мероприятий по снижению аварийности при эксплуатации автомобилей ООО ТК «КИТ» // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 259–265.

Original article

# DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE ACCIDENTS DURING THE OPERATION OF VEHICLES OF TC KIT LLC

**Olga S. Gasilova[1], Marina D. Ikonnikova[2], Sergey V. Bogomolov[3]**
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] gasilovaos@m.usfeu.ru
[2] marina_ikonnikova_19@list.ru
[3] bogser999@gmail.com

© Гасилова О. С., Иконникова М. Д., Богомолов С. В., 2026

***Abstract.*** The article analyzes road traffic accidents during the operation of vehicles by TC KIT LLC in 2023–2024. The main causes of accidents are identified, and the impact of drivers' professional level on road traffic safety is considered. Measures are proposed to reduce road traffic accidents, including improving drivers' qualifications, implementing telematic monitoring, and using digital technologies.

***Keywords:*** road traffic safety, accidents, vehicles, road traffic accidents

***For citation:*** Gasilova O. S., Ikonnikova M. D., Bogomolov S. V. (2026) Razrabotka meropriyatij po snizheniyu avarijnosti pri e`kspluatacii avtomobilej OOO TK “KIT” [Development of measures to reduce accidents during the operation of vehicles of TC KIT LLC]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 251–265. (In Russ).

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) при эксплуатации коммерческого транспорта представляют собой многофакторное явление.

В научной литературе выделяются три группы причин их возникновения (Ш. М. Игитов, Н. С. Семенова, И. Д. Джаватханов): объективные (состояние дорог, погодные условия, технические неисправности), субъективные (ошибки водителей, нарушения правил дорожного движения другими участниками) и смешанные, объединяющие обе группы [1, с. 71]. В условиях функционирования коммерческого автотранспорта, в том числе в деятельности ООО ТК «КИТ», дорожно-транспортные происшествия нередко обусловлены комплексом взаимосвязанных факторов: ошибками водителей, техническими неисправностями подвижного состава, несоблюдением режима труда и отдыха, а также внешними воздействиями (дорожные и погодные условия, нарушения со стороны других участников движения).

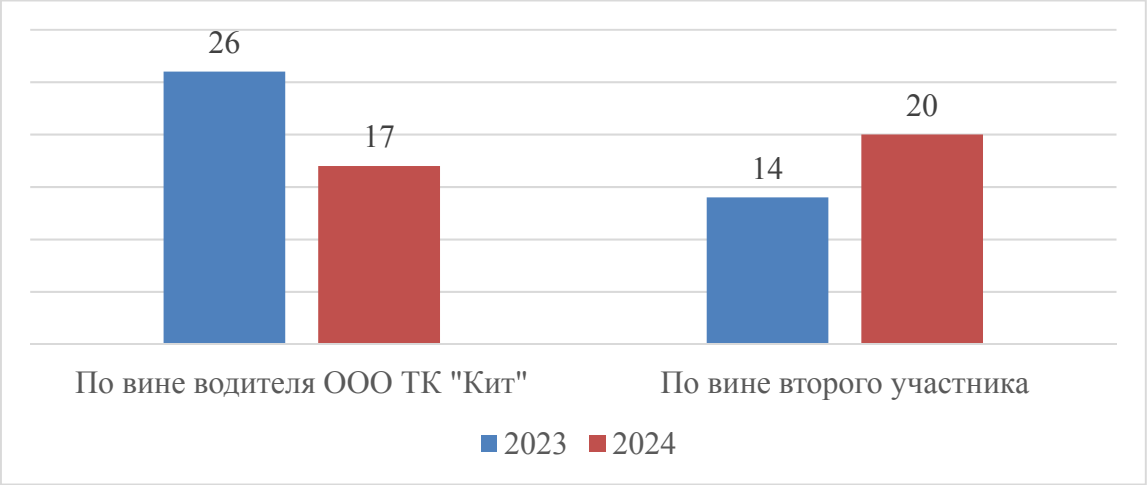
Несмотря на значительное внимание, уделяемое проблеме аварийности на автомобильных дорогах, результаты анализа статистики ДТП, зарегистрированных в Свердловской области и г. Екатеринбурге за последние три года, не свидетельствуют о наличии положительной динамики в сокращении их количества [2]. Особенно тревожной представляется ситуация с авариями, в которых задействованы транспортные средства, принадлежащие юридическим лицам. Полученные данные позволяют заключить, что реализуемые меры по обеспечению безопасности дорожного движения оказываются недостаточно результативными или требуют существенной корректировки. Следует подчеркнуть, что доля ДТП, повлекших гибель людей или причинение вреда их здоровью различной степени тяжести, сохраняется на критически высоком уровне.

По мнению Н. Г. Фаталиева, современная система дорожного движения приобретает все большую сложность: увеличивается количество его участников, усложняется структура взаимодействий между ними, что формирует новые риски и затрудняет обеспечение безопасности. Несмотря на постоянную работу специалистов в данном направлении, уровень безопасности дорожного движения продолжает оставаться недостаточным [3, с. 246]. Указанные обстоятельства вызывают серьезную обеспокоенность и предопределяют необходимость активизации и совершенствования комплекса мероприятий, направленных на повышение безопасности дорожного движения в регионе.

Настоящее исследование направлено на выявление нарушений Правил дорожного движения, допускаемых водителями транспортных средств ООО ТК «КИТ» в Екатеринбурге, а также на разработку практических рекомендаций по снижению уровня аварийности. Анализ охватывает временной интервал с начала 2023 по конец 2024 гг. и основывается на изучении всех зафиксированных дорожно-транспортных происшествий с участием водителей указанной транспортной организации (рисунок, таблица).

В рамках исследования предполагается провести систематизацию причин ДТП, выявить наиболее распространенные нарушения ПДД и установить их корреляцию с факторами, способствующими возникновению аварийных ситуаций.

Ожидаемые результаты позволят обосновать комплекс мер, направленных на предупреждение и снижение числа ДТП, включая совершенствование системы профессиональной подготовки и повышения квалификации водителей, оптимизацию организационно-технических мероприятий, а также внедрение современных технологий, обеспечивающих повышение уровня безопасности дорожного движения.




Распределение числа ДТП при эксплуатации автомобилей ООО ТК «КИТ» в зависимости от виновника ДТП

Распределение числа ДТП по видам за 2023–2024 гг. [4]

| Вид ДТП | 2023 г. | 2024 г. |
|---|---|---|
| Столкновение | 20 | 3 |
| Наезд на стоящее транспортное средство | 2 | 3 |
| Наезд на животное | 2 | 1 |
| Всего | 24 | 14 |

Анализ распределения ДТП ООО ТК «КИТ» за 2023–2024 гг. показывает разнонаправленную динамику. В 2023 г. зафиксировано 26 ДТП по вине водителей компании и 14 – по вине второго участника, тогда как в 2024 г. число аварий, произошедших по вине сотрудников ООО ТК «КИТ», снизилось до 17 случаев, однако количество происшествий, вызванных действиями других участников дорожного движения, напротив, увеличилось до 20 случаев. Таким образом, можно констатировать, что при общем сокращении числа ДТП, связанных с нарушениями со стороны водителей организации, возросла доля аварий, обусловленных поведением иных участников дорожного движения.

Для более детального анализа динамики ДТП с участием транспортных средств предприятия рассмотрим распределение их по видам за 2023–2024 гг. (см. таблицу).

Анализ данных таблицы позволяет отметить, что общее количество ДТП с участием водителей ООО ТК «КИТ» сократилось с 24 случаев в 2023 г. до 14 случаев в 2024 г., что подтверждает наличие позитивной динамики в обеспечении безопасности дорожного движения. Наибольшее снижение наблюдается в категории «столкновения» – с 20 до 3 случаев, что можно рассматривать как результат повышения дисциплины водителей и более строгого контроля за соблюдением скоростного режима и дистанции. В то же время по таким видам происшествий, как наезд на стоящее транспортное средство и наезд на животное, значительных изменений не зафиксировано: показатели остались на уровне 2–3 случаев в год.

Таким образом, сокращение числа ДТП в 2024 г. свидетельствует о положительном влиянии организационно-технических и профилактических мер, предпринятых компанией. Однако сохраняющаяся доля отдельных видов ДТП указывает на необходимость дальнейшего совершенствования профилактической работы, направленной на повышение внимательности водителей, улучшение контроля технического состояния транспортных средств и использование современных средств предупреждения аварийных ситуаций.

Проведенное исследование показало, что ключевыми факторами, способствовавшими возникновению дорожно-транспортных происшествий, являются превышение установленных ограничений скорости, что снижает время реакции водителя и увеличивает длину тормозного пути; нарушение правил обгона, в том числе совершение маневра в условиях

ограниченной видимости либо недостаточного дорожного просвета; игнорирование использования световых указателей поворота, что приводит к неожиданным перестроениям и создает угрозу безопасности для других участников дорожного движения.

Выявленные нарушения стали основанием для разработки и внедрения комплексной программы мероприятий, направленных на повышение уровня безопасности дорожного движения. Данная программа предусматривает как теоретическую подготовку водителей, так и практические тренировки, ориентированные на отработку навыков защитного вождения, безопасного выполнения обгона и своевременного применения световой сигнализации. Реализация программы обеспечила заметное снижение уровня аварийности.

В ООО ТК «КИТ» применяется комплексный подход к обеспечению безопасности дорожного движения, включающий целый спектр организационно-технических и профилактических мероприятий. Среди них выделяют мониторинг скоростного режима с использованием системы “Wialon”, тщательный контроль технического состояния транспортных средств перед каждым выездом, обязательные предрейсовые медицинские осмотры с применением оборудования для дистанционного контроля, а также регулярное проведение сезонных и целевых инструктажей, в рамках которых анализируются причины дорожно-транспортных происшествий и доводятся до сведения водителей изменения в нормативно-правовых актах и Правилах дорожного движения.

С целью дальнейшего предотвращения дорожно-транспортных происшествий, минимизации уровня травматизма и обеспечения бесперебойного функционирования транспортного комплекса ООО ТК «КИТ» представляется целесообразным реализовать следующие мероприятия:

– организовать регулярный и адресный обмен информацией с водительским составом о состоянии аварийности;

– включить в программу ежегодных курсов повышения квалификации водителей обучение методам безопасного (защитного) вождения, а также проведение детального анализа ДТП с акцентом на их причины и обстоятельства. Как отмечает Р. Ш. Ахмадиева, восполнение дефицита компетенций в процессе обучения способствует снижению аварийности и повышает безопасность всех участников дорожного движения [5, с. 56];

– уделить особое внимание профилактике нарушений при маневрировании и превышении скорости;

– внедрить систему постоянного мониторинга соблюдения Правил дорожного движения на основе телематических данных о перемещении транспортных средств. По мнению Б. Ю. Калмыкова, А. В. Лозовика, использование технологий искусственного интеллекта позволяет существенно повысить эффективность управления транспортными потоками, снизить количество аварий и улучшить общую ситуацию на дорогах [6, с. 26];

– систематически информировать работников о дорожно-транспортных происшествиях, произошедших в компании, в рамках «дней охраны труда» с целью повышения их ответственности и выработки коллективных мер по предупреждению аналогичных инцидентов.

Таким образом, обеспечение безопасности дорожного движения в деятельности ООО ТК «КИТ» возможно только при сочетании кадрового потенциала, современных технических средств контроля и системной профилактической работы. Реализация предложенных мер позволит не только сократить количество дорожно-транспортных происшествий, но и сформировать устойчивую корпоративную культуру безопасности, что соответствует современным требованиям к функционированию транспортных организаций.

*Список источников*

1. Игитов Ш. М., Семенова Н. С., Джаватханов И. Д. Определение причин дорожно-транспортных происшествий // Реализация транспортной стратегии РФ до 2030 года в части развития автотранспортного комплекса : сборник научных трудов 11-й Международной научно-практической конференции (Махачкала, 20 марта 2025 г.). М. : ООО «Издательство «Перо», 2025. С. 70–73.

2. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения // Госавтоинспекция : [официальный сайт]. URL: http://stat.gibdd.ru/ (дата обращения: 30.09.2025).

3. Фаталиев Н. Г. Повышение безопасности дорожного движения на пассажирских автотранспортных средствах // Известия Дагестанского ГАУ. 2023. № 4 (20). С. 245–248.

4. ООО ТК «КИТ» : [официальный сайт]. URL: https://tk-kit.ru/ (дата обращения: 30.09.2025).

5. Ахмадиева Р. Ш. Система восполнения дефицита компетенций специалистов по обеспечению безопасности на дорогах // Современная наука. 2024. № 2. С. 53–57.

6. Калмыков Б. Ю., Лозовик А. В. Организация безопасности дорожного движения с использованием искусственного интеллекта // Актуальные вопросы современной науки : сборник статей XIX Международной научно-практической конференции (Пенза, 20 января 2025 г.). Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2025. С. 26–28.

*References*

1. Igitov Sh. M., Semenova N. S., Javatkhanov I. D. Determination of the causes of road traffic accidents // Implementation of the transport strategy of the Russian Federation until 2030 in terms of the development of the motor transport

complex : collection of scientific papers of the 11th International Scientific and Practical conference (Makhachkala, March 20, 2025). M. : Pero Publishing House, LLC, 2025. P. 70–73.

2. Information about road safety indicators // State Traffic Inspectorate : [official website]. URL: http://stat.gibdd.ru/ (date of accessed: 30.09.2025).

3. Fataliev N. G. Improving road safety in passenger vehicles // News Dagestan State Agrarian University. 2023. № 4 (20). P. 245–248.

4. TC KIT LLC : [official website]. URL: https://tk-kit.ru/ (date of accessed: 30.09.2025).

5. Akhmadieva R. Sh. The system of filling the shortage of competencies of road safety specialists // Modern science. 2024. № 2. P. 53–57.

6. Kalmykov B. Yu., Lozovik A. V. Organization of traffic road safety using artificial intelligence // Actual issues of modern science : collection of articles of the XIX International Scientific and Practical Conference (Penza, January 20, 2025). Penza : Science and Education (IE Gulyaev G. Yu.), 2025. P. 26–28.

Научная статья
УДК 778.35, 528.74, 614.86

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ РАССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

**Ольга Сергеевна Гасилова[1], Евгений Александрович Цинявский[2], Игорь Викторович Бородулин[3]**
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] gasilovaos@m.usfeu.ru
[2] primus.a@bk.ru
[3] igor.borodulin2012@yandex.ru

***Аннотация.*** В статье изложены результаты проведения судебной экспертизы с применением программного комплекса, который дополняет информацию об обстановке и положении автомобилей на проезжей части с использованием фотограмметрических методов. Представлены преимущества фотограмметрии как метода исследования.

***Ключевые слова:*** дорожно-транспортное происшествие, фотограмметрия, беспилотный летательный аппарат, безопасность дорожного движения, транспортные средства

***Для цитирования*:** Гасилова О. С., Цинявский Е. А., Бородулин И. В. Цифровизация процедуры расследования дорожно-транспортных происшествий // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 266–272.

Original article

# DIGITALIZATION OF THE ROAD TRAFFIC ACCIDENTS INVESTIGATION PROCEDURES

**Olga S. Gasilova[1], Evgeny A. Tsinyavsky[2], Igor V. Borodulin[3]**
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] gasilovaos@m.usfeu.ru
[2] primus.a@bk.ru
[3] igor.borodulin2012@yandex.ru

© Гасилова О. С., Цинявский Е. А., Бородулин И. В., 2026

***Abstract.*** The article presents the results of a forensic examination using a software package that complements information about the environment and the position of vehicles on the roadway using photogrammetric methods. The advantages of photogrammetry as a research method are presented.

***Keywords:*** road traffic accident, photogrammetry, unmanned aerial vehicle, road safety, vehicles

***For citation:*** Gasilova O. S., Tsiniavskii E. A., Borodulin I. V. (2026) Cifrovizaciya procedury` rassledovaniya dorozhno-transportny`x proisshestvij [Digitalization of the road traffic accidents investigation procedures] // Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 266–272. (In Russ).

Тема актуальности расследования дорожно-транспортных происшествий (ДТП) является важной. В современном городском трафике нередки случаи, когда на дорожно-транспортные происшествия, в которых отсутствуют пострадавшие, сотрудники ГИБДД предпочитают не выезжать. В настоящее время широко распространено составление Европротокола по закону об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств, что исключает участие сотрудников ГИБДД в формировании административных материалов, включая составление схем и прочих документов.

Однако в некоторых случаях сотрудники ГИБДД все же могут выезжать на место происшествия, при этом они зачастую не утруждают себя изображением достоверных схем, что в дальнейшем приводит к усугублению ситуации при исследовании обстоятельств происшествия. Это часто порождает споры между участниками аварии, поскольку они часто сами формируют эскизы схем, которые затем прикладываются к административным материалам. В результате происходят упущения таких важных моментов, как точное расположение объектов и размеры между ними, а также особенности места происшествия, включая состояние проезжей части, количество полос и наличие опасных элементов дороги и прочее.

Тем не менее сами участники ДТП играют важную роль в сборе информации для исследования места и обстоятельств транспортного происшествия. Практически у каждого водителя в настоящее время под рукой имеется средство для фотофиксации – смартфон любого типа, причем большинство из них дополнительно оснащены GPS-датчиками, позволяющими фиксировать геолокацию места происшествия. Таким образом, участники ДТП могут сфотографировать место происшествия с различных ракурсов, а это дополняет информацию о месте происшествия, от чего зависит то, как эксперты смогут интерпретировать полученные данные.

Опыт проведения судебных экспертиз показывает, что фотоматериалы, выполненные участниками ДТП, при использовании программных средств, таких как Agisoft MetaShape, порой могут позволить выполнить частичное восстановление места происшествия в форме, например, облака точек [1].

Облако точек лазерных отражений – совокупность фиксируемых лазерным сканером точек земной поверхности и объектов, характеризуемых пространственными координатами и интенсивностью отражения [2].

При этом возможность получения этой информации может позволить восстановить абсолютные и относительные положения автомобилей, включая расстояния между ними и объектами на месте происшествия. При совмещении полученных моделей облаков точек с картами местности можно получить подробную и достоверную схему-модель места происшествия.

В данной статье изложены результаты проведения судебной экспертизы с применением программного комплекса, который в той или иной мере дополняет информацию об обстановке и положении автомобилей на проезжей части с использованием фотограмметрических методов. Это отражается на качестве исследований.

Фотограмметрия может стать особенно полезной в тех ситуациях, когда выезд сотрудников ГИБДД на место происшествия невозможен либо недостаточен. При этом опыт показывает, что зачастую даже сотрудники ГИБДД не в состоянии квалифицировано зафиксировать все важные данные, полагаясь лишь на собственные записи или свидетельства участников. В этих же случаях фотограмметрическая модель, созданная с использованием доступных инструментов, сможет существенно дополнить их, а порой и полностью заменить, предоставив полное представление о месте происшествия [3].

Ниже приведена модель места происшествия, которую удалось получить при использовании фотоматериалов, выполненных участниками ДТП на месте происшествия. В данном случае следует также дать пояснения, что все фото- или видеоматериалы, положенные в основу моделей, были предоставлены вместе с материалами гражданских дел.

На рис. 1 представлена схема ДТП. На схеме место ДТП указано как Московский тракт 7 км, д. 1А, к данному зданию произведена привязка точки ДТП, расположенной на расстоянии 4 м от дальнего края здания. При этом если ориентироваться на спутниковую карту, то следует, что точка ДТП находится вне перекрестка (рис. 2). Таким образом, схема ДТП не позволяет достоверно выстроить схему в масштабе с точным позиционированием точки контакта. Также позиционирование автомобилей произведено на схеме относительно правого края проезжей части по направлению движения транспортного средства 1 (по оси X, оси абсцисс), но позиционирование по оси Y (оси ординат) в вертикальную ось не выполнено, то есть схема также не позволяет достоверно выстроить схему в масштабе с точным позиционированием автомобилей.

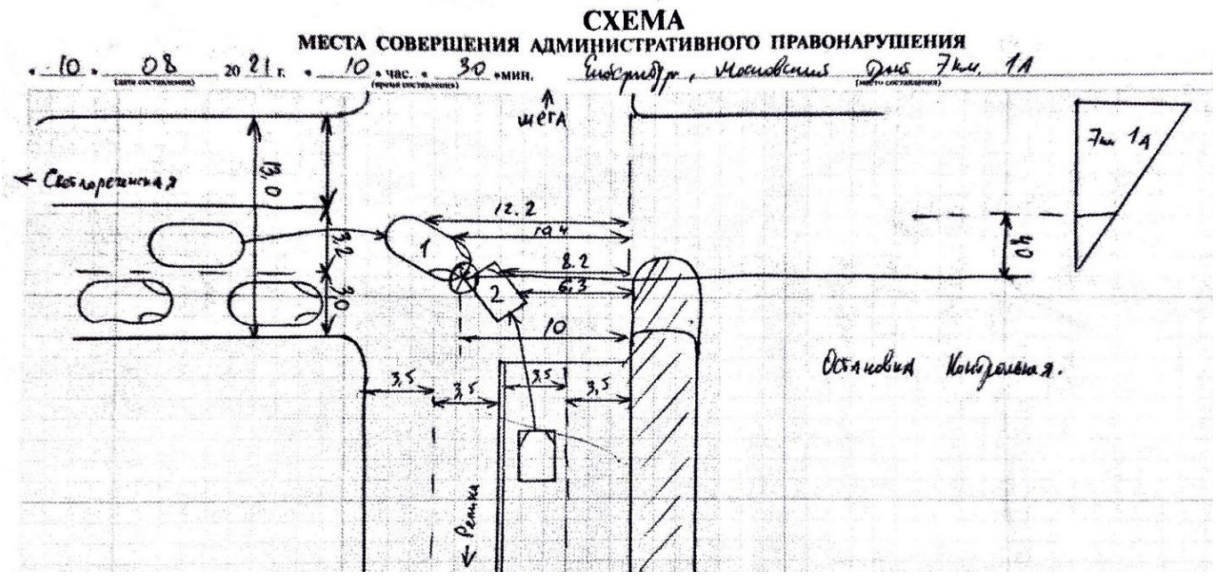



Рис. 1. Схема ДТП




Рис. 2. Точка контакта по спутниковому кадру

Однако при этом был предоставлен ряд фотографий, выполненных участниками на месте происшествия (рис. 3).

С использованием программного обеспечения Agisoft Metashape Standard (64 bit) на основании представленных фотоматериалов удалось получить модель места происшествия в виде облака точек (рис. 4).

Полученная модель достаточно точно отображает положение автомобилей, относительное расположение пешеходного перехода, пешеходного тротуара, закругления справа по направлению движения. При проведении осмотра места происшествия была использована съемка места ДТП с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА),

однако стоит отметить, что в настоящее время для Екатеринбурга доступны достаточно подробные карты местности. Совмещая с ним с сохранением масштаба облако точек позволило с высокой точностью восстановить положения автомобилей в конечной точке, что приведено на рис. 5.



Рис. 3. Фотографии с места происшествия

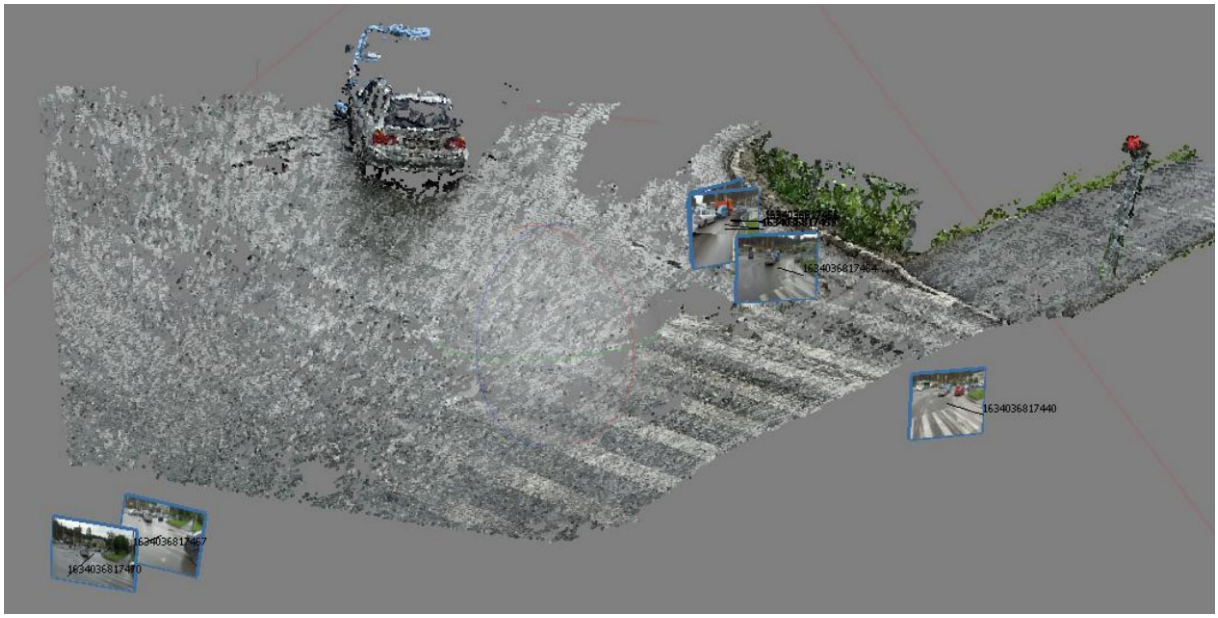



Рис. 4. Облако точек

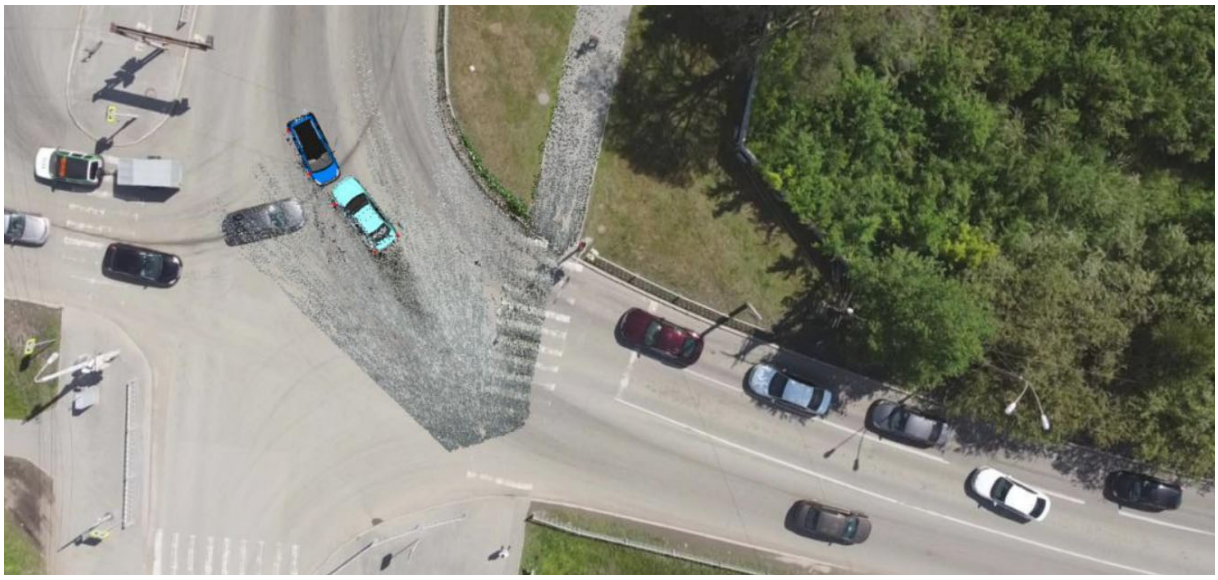


Рис. 5. Наложение и совмещение облака точек с фотокадром места происшествия

Далее становится возможным восстановить схему ДТП с достаточно достоверными положениями автомобилей.

Таким образом, фотограмметрия как метод исследования:

• предоставляет детализированные 3D модели мест происшествий, улучшая достоверность собранной информации;

• снижает временные затраты и повышает точность данных по сравнению с традиционными методами, такими как лазерное сканирование;

• полезна, когда сотрудники ГИБДД не могут квалифицированно зафиксировать все данные на месте ДТП;

• применение ее законодательно подтверждено и является правомерным в расследовании ДТП.

*Список источников*

1. ГОСТ 70689–2023. Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Общие требования к проведению работ. Классификация : национальный стандарт Российской Федерации. Введен 01.09.2023. М. : Российский институт стандартизации, 2023. 28 с.

2. ГОСТ 70174–2022. Картография цифровая. Процессы создания элемента содержания «Рельеф» цифровых топографических карт масштаба 1:25 000. Общие требования. Классификация : национальный стандарт Российской Федерации. Введен 01.12.2022. М. : Российский институт стандартизации, 2022. 12 с.

3. Цинявский Е. А., Гасилова О. С., Афанасьев А. И. Фотограмметрия и беспилотные летательные аппараты в расследовании ДТП // Научное твор-

чество молодежи – лесному комплексу России : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 693–699.

*References*

1. GOST 70689–2023. Public Roads. Laser Scanning. General Requirements for Work. Classification : National Standard of the Russian Federation. Introduced on 01.09.2023. M. : Russian Institute of Standardization, 2023. 28 p.

2. GOST 70174–2022. Digital cartography. Processes for creating the "Relief" content element of digital topographic maps at a scale of 1:25 000. General requirements. Classification : National Standard of the Russian Federation. Introduced on 01.12.2022. M. : Russian Institute of Standardization, 2022. 12 p.

3. Tsinyavsky E. A., Gasilova O. S., Afanasyev A. I. Photogrammetry and unmanned aerial vehicles devices in the investigation of an accidents // Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : materials of the 21th all Russian (National) Scientific and Technical Conference of undergraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 693–699.

Научная статья
УДК 532.546

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА МЕЖДУ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБОЙ И ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ

**Сергей Васильевич Звягин[1], Ольга Борисовна Пушкарева[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] zvyaginsv@m.usfeu.ru
[2] pushkarevaob@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** Изучался теплообмен в кипящем (пвсевдоожиженном) слое между цилиндрической трубой и слоем. Исследования дают возможность оптимизировать расположение трубного пучка в слое и режимы псевдоожижения.

***Ключевые слова:*** кипящий (псевдоожиженный) слой, коэффициент теплообмена, трубный пучок

***Для цитирования:*** Звягин С. В., Пушкарева О. Б. Исследование теплообмена между цилиндрической трубой и псевдоожиженным слоем // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 273−277.

Original article

# RESEARCH ON HEAT EXCHANGE BETWEEN A CYLINDER PIPE AND A FLUIDIZED BED

**Sergey V. Zvyagin[1], Olga B. Pushkareva[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] zvyaginsv@m.usfeu.ru
[2] pushkarevaob@m.usfeu.ru

***Abstract.*** Heat exchange in a boiling (fluidized) bed between a cylindrical pipe and a bed was researched. Research makes it possible to optimize the location of the pipe bundle in the bed and the modes of fluidization.

***Keywords:*** boiling (fluidized) bed, heat transfer coefficient, tube bundle

© Звягин С. В., Пушкарева О. Б., 2026

***For citation:*** Zvyagin S. V., Pushkareva O. B. (2026) Issledovanie teploobmena mezhdu cilindricheskoj truboj i psevdoozhizhenny`m sloem [Research on heat exchange between a cylinder pipe and a fluidized bed]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 273–277. (In Russ).

Процесс горения торфа и древесных отходов (коры, ошлок) возможен как в слоевых топках, так и в топках с кипящим (псевдоожиженным) слоем.

Как показывают исследования передачи тепла от кипящего слоя к нагреваемой воде в пучке труб, помещенном в слой [1, 2], интенсивность передачи тепла в кипящем слое значительно выше, чем в неподвижном слое. Процесс горения древесных отходов в кипящем слое характеризуется тем, что основную массу слоя составляет зола или другой инертный материал, в то время как масса древесного топлива составляет обычно меньшую часть всей массы кипящего слоя.

Равномерность температурного поля в топках с кипящим слоем обеспечивается интенсивным перемешиванием материала кипящего слоя ожижающим его воздухом, подаваемым снизу топки. Воздушные пузыри, проходящие через слой, интенсифицируют передачу тепла от сжигаемого топлива к трубному пучку с нагреваемой водой [3].

Как показывают эксперименты, локальные коэффициенты теплоотдачи по периметру горизонтальных труб, погруженных в кипящий слой, неодинаковы. Эти различия связаны с неоднородностью гидродинамики кипящего слоя вблизи теплоотдающей поверхности, которая в свою очередь обусловлена изменением скорости фильтрации газа при погружении в слой тела. Когда порозность по объему слоя постоянна, что имеет место до начала псевдоожижения, а размер частиц невелик и сопротивление течению газа пропорционально его скорости, распределение скоростей фильтрации вблизи тела можно найти аналитически, поскольку в этом случае тело обтекается потенциальным потоком несжимаемой жидкости. Зависимость для вертикальной составляющей скорости фильтрации при обтекании эллиптического горизонтального цилиндра определяется дифференцированием потенциала скорости по вертикальной координате [4]. Максимальная скорость фильтрации имеет место около поверхности цилиндра в экваторной зоне, причем чем больше отношение высоты эллипсоида к его ширине, тем меньше скорость у его поверхности отличается от скорости вдали от него.

В случае круглого цилиндра максимальная скорость около его поверхности в 2 раза больше скорости невозмущенного потока.

Экспериментальные данные [5] показывают, что псевдоожижение вблизи боковой поверхности (у экватора цилиндра), действительно

начинается при $W = 0{,}5$. Очевидно, что локальные очаги псевдоожижения возникают при несколько большей скорости, поскольку скорость газа должна быть больше критической не только непосредственно у поверхности, но и вдали от нее по меньшей мере на один диаметр частиц.

За счет локального псевдоожижения интенсивность теплоотдачи от боковых участков поверхности горизонтальной трубы возрастает уже при $W < 1$ [5].

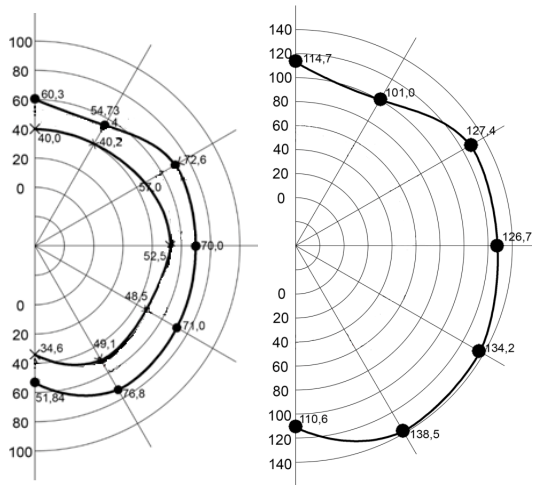
Скорости и динамический напор газа около лобовой (по ходу газа) и кормовой зон цилиндра равны нулю, поэтому в процессе псевдоожижения частицы плотным слоем лежат на кормовых участках поверхности цилиндра, а в лобовой зоне они отходят от поверхности цилиндра вниз и под цилиндром образуется газовая полость, которая периодически исчезает. Это связано с тем, что сопротивление движению газа в полости, образующейся около нижней поверхности цилиндра, резко уменьшается и в нее устремляется газ, захватывая с собой частицы мелкозернистого материала. При этом газовая полость под цилиндром смыкается, газ в виде пузыря поднимается вверх, а поле скоростей фильтрации газа вблизи цилиндра перестраивается в прежнее состояние, что вновь ведет к образованию газовой полости. Таким образом картина периодически повторяется.

Перестройка линий тока газа (жидкости) вблизи горизонтального цилиндра при переходе слоя в псевдоожиженное состояние была установлена экспериментально [5]. Линии тока в псевдоожиженном состоянии уже не огибают цилиндр, а как бы втекают в него.

Значительное время контакта нижней части поверхности горизонтального цилиндра с чисто газовой фазой сдерживает рост коэффициента теплоотдачи при увеличении скорости пвсевдоожижения. В то же время теплоотдача кормовой зоны горизонтального цилиндра, которая практические не соприкасается с чисто газовой фазой, возрастает при увеличении $W$, так как растет частота смены пакетов частиц на поверхности цилиндра (частота сбрасывания «шапки» с поверхности омывающими цилиндр пузырями).

Для изучения теплообмена между псевдоожиженным слоем инертного материала (корунда) и пучком горизонтальных труб использовалась теплоизолированная установка размерами 0,34×0,28×0,85 м. Снизу подавался через решетку воздух, расход которого измерялся расходомером. Высота слоя корунда изменялась от 300 до 500 мм. В слой погружался пучок горизонтальных труб диаметром 32 мм, размещенных в шахматном порядке, с шагом по горизонтали 1…6 и по вертикали 2…4. Вместо одной из труб пучка размещался датчик – калориметр. Тепловой поток от калориметра регулировался величиной тока нагревателя. Температуры кипящего слоя и цилиндрической поверхности калориметра измерялись с помощью термопар.

Распределение коэффициентов теплоотдачи по периметру цилиндрической трубы диаметром 32 мм показано на рисунке.




*а)* *б)*

Зависимость коэффициента теплоотдачи от места расположения на поверхности трубы:
*а)* • – $\upsilon$ = 0,9 м/с, $\alpha_{ср}$ = 71 Вт/м$^2$·К; ∆ – $\upsilon$ = 0,80 м/с,
$\alpha_{ср}$ = 56 Вт/м$^2$·К; × – $\upsilon$ = 0,7 м/с, $\alpha_{ср}$ = 53 Вт/м$^2$·К; диаметр корунда – 1 мм;
*б)* диаметр частиц корунда 0,5 мм; $W$ = 2

Возрастание скорости пвсевдоожижения частиц корунда размером 1 мм ведет к увеличению средних значений коэффициентов теплоотдачи. Вследствие продолжительного контакта нижней (лобовой) части цилиндрической трубы с газовыми пузырями в этой области коэффициенты теплоотдачи ниже средних по периметру. Смена газовой фазы (пузыри) плотным слоем (частицы) приводит к различным значениям коэффициента теплоотдачи по периметру цилиндрической трубы. В то время, когда в лобовой (нижней) части цилиндра возникает газовая полость, в кормовой (задней) части частицы лежат плотным слоем.

Уменьшение размера частиц корунда с 1 мм до 0,5 мм приводит к увеличению коэффициентов теплоотдачи по всему периметру цилиндрической трубы в 2 раза. Также увеличивается равномерность коэффициентов теплоотдачи по периметру цилиндра.

Диаметр цилиндрической трубы также влияет на теплоотдачу. Уменьшение диаметра приводит к тому, что газовая фаза в лобовой части меньше по времени омывает поверхность трубы, в то время как плотная фаза в кормовой части сбрасывается чаще.

Изучение влияния скорости псевдоожижения, размера частиц и диаметра цилиндрических труб позволяет выбрать оптимальные режимы псевдоожижения, диаметр частиц и размещение трубных пучков в топках с кипящим слоем, сжигающих опилку, кору или другие древесные отходы.

*Список источников*

1. Карапетов А. Э. Сжигание биотоплив в топках кипящего слоя // Академия энергетики. Издательство : Издательский Дом «Президент-Нева», 2016. № 2. С. 46–55.

2. Теплотехника / под ред. А. П. Баскакова. М. : Энергоиздат, 1991. 224 с.

3. Брдлик П. М. Теплотехника и теплоснабжение предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности. М. : Лесная промышленность, 1988. 453 с.

4. Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. Ч. 1. М. : Физматгиз, 1963. 583 с.

5. Davidson I. E., Harrison D. Fluidization. Academic Press, 1971. 847 p.

*References*

1. Karapetov A. E. Combustion of biofuels in fluidized bed furnaces // Academy of Power Engineering. Publisher : President-Neva Publishing House, 2016. № 2. P. 46–55.

2. Thermal Engineering / ed. by A. P. Baskakov. M. : Energoizdat, 1991. 224 p.

3. Thermal Engineering and Heat Supply for Forest and Woodworking Industry Enterprises. Brdlik P. M. M. Forest industry, 1998.

4. Kochin N. E., Kibel I. A., Roze N. V. Theoretical hydromechanics. P. 1. M. : Fizmatgiz, 1963. 583 p.

5. Davidson I. E., Harrison D. Fluidization. Academic Press, 1971. 847 p.

Научная статья
УДК 656.13:658.382.3

# АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕДРЕЙСОВОГО ИНСТРУКТАЖА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

**Ольга Анатольевна Иванова[1], Ольга Анатольевна Пыталева[2], Николай Павлович Безсолицин[3], Иван Алексеевич Пыталев[4]**
[1–4] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] ivanova8act@gmail.com
[2] pytalevaoa@m.usfeu.ru
[3] niibd@mail.ru
[4] vehicle@list.ru

***Аннотация.*** Проведен анализ нормативной документации по вопросу проведения предрейсового инструктажа перед отправлением водителей в рейс.

***Ключевые слова:*** предрейсовый инструктаж водителя, безопасная эксплуатации транспортных средств, обеспечение требований правил дорожного движения, маршрут

***Для цитирования:*** Анализ современного состояния проведения предрейсового инструктажа и возможные пути их совершенствования / О. А. Иванова, О. А. Пыталева, Н. П. Безсолицин, И. А. Пыталев // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 278−284.

Original article

# ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF PRE-TRIP BRIEFING AND POSSIBLE WAYS FOR ITS IMPROVEMENT

**Olga A. Ivanova[1], Olga A. Pytaleva[2], Nikolay P. Bezsolitsin[3], Ivan A. Pytalev[4]**
[1–4] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] ivanova8act@gmail.com
[2] pytalevaoa@m.usfeu.ru
[3] niibd@mail.ru
[4] vehicle@list.ru

© Иванова О. А., Пыталева О. А., Безсолицин Н. П., Пыталев И. А., 2026

***Abstract.*** An analysis of regulatory documentation on the issue of pre-trip briefings for drivers before their departure on a trip has been conducted.

***Keywords:*** pre-trip briefing for a driver, safe vehicle operation, ensuring the requirements of road safety, route

***For citation:*** Analiz sovremennogo sostoyaniya provedeniya pre-drejsovogo instruktazha i vozmozhny`e puti ix sovershenstvovaniya [Analysis of the current state of pretrip briefing and possible ways for its improvement] (2026) O. A. Ivanova, O. A. Pytaleva, N. P. Bezsolitsin, I. A. Pytalev. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 278–284. (In Russ).

Одним из основных мероприятий, обеспечивающих качество и безопасность коммерческих и пассажирских перевозок, является предрейсовый инструктаж водителей. Несмотря на то, что предрейсовый инструктаж является обязательным элементом профилактических мероприятий по организации безопасной эксплуатации транспортных средств, от качества его реализации зависит соблюдение правил дорожного движения (ПДД) и безопасность дорожного движения при снижении аварийности за счет заблаговременной подготовленности водителей к различным возможным ситуациям при выполнении маршрута.

Некачественно проведенный предрейсовый инструктаж, а тем более его отсутствие, по разным причинам может привести к серьезным последствиям в том числе к дорожно-транспортным происшествиям с частичной или полной утратой груза или его повреждению, а также травмированию или гибели водителя, пассажиров и других участников дорожного движения.

В нормативно-правовом плане предрейсовый инструктаж регламентируется Федеральным законом от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» [1] пунктами 2 и 3 статьи 20 и пунктом 1 Положения о Министерстве транспорта РФ, утвержденного постановлением Правительства РФ от 30.06.2004 г. № 395. Кроме того, утверждены правила обеспечения безопасности перевозок автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом Приказом № 145 от 30.04.2021 г. [2]. В пункте 7 данного приказа говорится об обеспечении проведения инструктажей по безопасности перевозок.

Согласно нормативной документации, перед отправлением в рейс с водителем проводят инструктаж с доведением до него информации о полной протяженности маршрута, включая расстояние от пункта отправления до конечного пункта назначения, а также всех промежуточных остановок.

Инструктирующий обязан предоставить водителю сведения о наличии участков дорог с повышенной аварийностью, включая места концентрации

дорожно-транспортных происшествий (ДТП), выявленные на основании статистических данных Госавтоинспекции МВД России и внутренних отчетов транспортной организации. Инструктаж повышает осведомленность водителя о текущих дорожных условиях, погоде, особенностях маршрута и потенциальных опасностях, снижая вероятность аварий.

В ходе инструктажа необходимо проводить подробный разбор маршрута. Учитывается текущая загруженность автомобильных трасс, возможные пробки, ограничения движения, временные запреты и объездные пути.

Водителя информируют о наличии на маршруте опасных участков, таких как железнодорожные переезды, паромные переправы, мосты и тоннели с ограничениями по габаритам, ремонтные работы, наличие заторов, населенные пункты, через которые проходит маршрут, особенности организации дорожного движения в черте городов и поселков, включая наличие светофоров, пешеходных переходов, остановок общественного транспорта, школьных зон.

Водитель должен быть ознакомлен с полным перечнем конечных и промежуточных пунктов маршрута, включая остановки для погрузки/выгрузки, посадки/высадки пассажиров, технических остановок и смены водителей (в случае работы экипажа).

До водителя доводят сведения о наличии и расположении автозаправочных станций, зон отдыха и других объектов инфраструктуры, где возможно безопасное временное прекращение движения.

При планировании мест приема пищи учитываются правила парковки транспортных средств, возможность совмещения обеденного перерыва с отдыхом, а также доступность санитарных и бытовых помещений.

Водитель обязан знать о расположении на маршруте пунктов медицинской помощи, станций технического обслуживания, постов Госавтоинспекции МВД России, автовокзалов и автостанций.

В случае, если маршрут проходит через зоны, где планируются или проводятся культурно-массовые, спортивные или общественно-политические мероприятия, водитель должен быть проинформирован о возможных ограничениях движения и альтернативных участках маршрута движения.

В современных условиях на практике предрейсовые инструктажи нередко выполняются формально и сводятся к быстрому ознакомлению водителей с заранее заготовленной стандартной информацией. Вопросы, которые включает в себя предрейсовый инструктаж, содержат общую информацию о предстоящем рейсе.

С целью обеспечения безопасности дорожного движения и выполнения перевозок водители зачастую вынуждены самостоятельно изучать маршрут и анализировать опасные участки дороги, пользуясь собственными средствами и устройствами или доступными источниками информации.

Одной из причин некачественного выполнения предрейсового инструктажа является отсутствие шаблонов, учитывающих опыт, квалификации

водителей и тип выполняемого задания. Сегодня применяется единый шаблон инструктажа, что не позволяет учесть ряд важных индивидуальных физиологических факторов водителя.

Кроме того, во многих инструктажах игнорируются индивидуальные характеристики маршрута, не акцентируется внимание на такие важные факторы, как правила дорожного движения на сложных участках, ограничение скорости в населенных пунктах, на переездах железных дорог, на пересечениях с другими дорогами и путепроводами, на кривых малых радиусов, в зонах действия дорожных знаков, ограничиваются общими рекомендациями. При этом теоретический материал преобладает над практической частью, необходимой для закрепления полученных знаний.

Несмотря на своевременное развитие нормативно-правовой базы в области коммерческих и пассажирских перевозок, вопросу совершенствования предрейсового инструктажа уделяется не достаточное внимание. При этом сегодня существует достаточное количество технических средств, информационного и программно-аппаратного обеспечения, позволяющее получать, обрабатывать и анализировать массивы данных по маршруту движения с целью определения максимально достоверной информации для составления подготовки водителя и сопровождения транспортного средства в рейсе.

Однако автотранспортные управления перевозчики не используются достаточно широко современные инструменты коммуникации и автоматизации, что снижает эффективность получения и передачи информации, предназначенной для водителей. Отсутствие единой формы инструктажа с учетом особенностей маршрута перевозок и опыта водителя не позволяет обеспечить требуемое качество предрейсового инструктажа. В связи с этим каждая транспортная организация разрабатывает свою программу проведения предрейсового инструктажа водителей перед отправлением в рейс, которое утверждает руководитель организации.

При этом сегодня существуют системы построения маршрутов, использующие поисково-картографические платформы и алгоритмы, в том числе Дейкстры и дорожные графы, что позволяет учитывать не только среднюю скорость на участках, но и реальное состояние каждого участка дороги. Однако отсутствие унифицированной формы представления информации о маршруте в необходимом объеме и качестве для предрейсового инструктажа не позволяет повысить безопасность эксплуатации транспортных средств на рейсе, обеспечить снижение аварийности и предотвращение ДТП, подготовить водителя к специфическим условиям маршрута.

Отдельно следует отметить, что на сегодняшний день на практике применение нормативного документа при предрейсовом инструктаже затруднено, так как в нем имеются неточности и недоработки: множественность типов опасных участков, не установлен исчерпывающий перечень опасных участков, не определен алгоритм действий водителя.

На основании анализа действующего законодательства и практики его применения можно выделить ключевые проблемы нормативной базы, регламентирующей проведение предрейсовых инструктажей водителей.

**Отсутствие четкого определения опасных участков**

Критерии не конкретизированы. Приказ Минтранса № 145 от 30.04.2021 [2] требует включать в предрейсовый инструктаж информацию о «наличии опасных участков и мест концентрации ДТП», однако точные критерии для определения того, что считать опасным участком, в документе не установлены.

Понятие «место концентрации ДТП» требует статистики. Согласно Федеральному закону № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения», аварийно-опасным участком признается отрезок дороги протяженностью не более 1 км за городом или не более 200 м в населенном пункте, где в течение года произошло три и более ДТП одного типа или пять разнотипных аварий [1]. Однако для получения таких данных необходимо ждать накопления статистики за год, что не позволяет оперативно реагировать на опасные участки.

Множественность типов опасных участков: методические рекомендации по обеспечению безопасности движения выделяют как минимум 10 типов опасных участков дорог, включая участки с резким уменьшением скорости, несоответствием элементов дороги скоростям движения, скользким покрытием, длинными затяжными спусками, однообразным ландшафтом и другие. При этом единого подхода к классификации и оценке степени опасности не существует.

**Отсутствие исчерпывающего перечня опасных участков для каждого маршрута**

Нет централизованных баз данных. Каждая транспортная организация должна самостоятельно выявлять и документировать опасные участки на своих маршрутах, что приводит к различиям в подходах и качестве информации.

Субъективность оценки: при отсутствии формализованных критериев и единых баз данных определение опасных участков зависит от субъективного мнения специалиста по безопасности дорожного движения (БДД) или лица, проводящего инструктаж.

Проблема актуализации данных: дорожные условия постоянно меняются (ремонты, изменение организации движения, погодные условия), но механизм оперативного обновления информации об опасных участках в нормативах не прописан.

**Неопределенность алгоритма действий водителя**

Общие рекомендации вместо конкретных инструкций: нормативные документы требуют информировать водителя об опасных участках, но не содержат четких алгоритмов действий: какую скорость соблюдать, как маневрировать, на что обращать внимание.

Отсутствие стандартизации инструкций: каждая организация самостоятельно разрабатывает программу предрейсового инструктажа, утверждаемую

руководителем. Это приводит к значительной вариативности подходов – от формального зачитывания общих положений до детального разбора маршрута.

**Проблемы квалификации и полномочий инструкторов**

Неясность ответственных лиц: существует путаница между требованиями охраны труда (Постановление Минтруда № 1/29) и требованиями безопасности перевозок (Приказ Минтранса № 145) [2]. Не всегда понятно, кто должен проводить предрейсовый инструктаж: специалист по охране труда, специалист по БДД, контролер технического состояния или механик.

Недостаточная квалификация инструкторов: лица, назначенные приказом руководителя для проведения инструктажей, не всегда обладают необходимыми знаниями о специфике конкретных маршрутов, особенностях перевозки различных категорий грузов и пассажиров.

**Дублирование и противоречия в нормативах**

Совмещение инструктажей по охране труда и БДД: существует проблема дублирования: один и тот же инструктаж должен фиксироваться в разных журналах в соответствии с разными нормативами, что создает путаницу и дополнительную административную нагрузку.

Устаревшие ссылки в проверочных листах: проверочные листы государственных инспекторов труда содержат ссылки на утратившие силу межотраслевые правила, что создает правовую неопределенность при проверках.

**Формализация процедуры**

Недостаточная детализация требований: общие формулировки нормативов («протяженность маршрута, дорожные условия, наличие опасных участков») не обеспечивают необходимой конкретики, что позволяет организациям проводить инструктажи формально, без реального погружения в специфику маршрута.

Отсутствие контроля качества: механизм проверки того, насколько полно и качественно проведен инструктаж, в нормативах не прописан. Контролируется лишь факт наличия отметки о проведении инструктажа в путевом листе.

**Рекомендуемые направления совершенствования**

Для устранения выявленных недостатков необходимо:

- разработать единые критерии определения опасных участков дорог с количественными показателями;
- создать централизованные базы данных опасных участков с возможностью оперативного обновления;
- стандартизировать алгоритмы действий водителей для различных типов опасных участков;
- внедрить цифровые технологии (геоинформационные системы, навигационные сервисы) для автоматизации формирования инструктажей;
- конкретизировать квалификационные требования к лицам, проводящим предрейсовые инструктажи;

- разработать единую форму предрейсового инструктажа с обязательными разделами;
- устранить противоречия между различными нормативными актами в части проведения инструктажей.

С целью обеспечения безопасности дорожного движения, снижения аварийности и повышения подготовленности водителей к различным внештатным ситуациям при проведении предрейсового инструктажа необходимо конкретизировать возможные опасные участки, установить их перечень, определить действия водителя при проследовании через них. Кроме того, использование геоинформационной системы (ГИС) для анализа маршрута позволит разработать методику проведения предрейсового инструктажа на междугородних перевозках с использованием цифровых технологий.

Предложенные меры позволят повысить эффективность предрейсовых инструктажей и реально снизить аварийность на автомобильном транспорте.

*Список источников*

1. О безопасности дорожного движения : Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QNjLj (дата обращения: 14.10.2025).

2. Об утверждении Правил обеспечения безопасности перевозок автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом : Приказ Министерства транспорта РФ от 30.04.2021 № 145 // Гарант.ру : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QNjZV (дата обращения: 14.10.2025).

*References*

1. On road traffic safety : Federal Law № 196-FL of December 10, 1995 // ConsultantPlus : [website]. URL: https://clck.ru/3QNjLj (date of accessed: 14.10.2025).

2. Approval of the Rules for Ensuring the Safety of Road Transport and Urban Surface Electric Transport: Decree of the government of the Russian Federation № 645 of April 30, 2021 // Garant.ru : [website]. URL https://clck.ru/3QNjZV (date of accessed: 14.10.2025).

Научная статья
УДК 621.43

# СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОРШНЕЙ ДВС

**М. А. Крюкова[1], Д. О. Чернышев[2], И. Е. Косенков[3], Д. А. Корелин[4], В. Ф. Книпенберг[5]**
[1–5] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
Автор, ответственный за переписку: Марина Анатольевна Крюкова, marina.kryukova.70@mail.ru

***Аннотация.*** В статье рассматриваются материалы, технологии для производства поршней карбюраторных двигателей, методы их ремонта. Наиболее широко используемые – эвтектические сплавы Al25 и Al30, которые обладают хорошими литейными свойствами и коррозионной стойкостью. Для мощных двигателей используются сплавы AK10M2N с добавками меди и никеля, обеспечивающие высокую прочность и термостойкость.

***Ключевые слова:*** ДВС, поршень, сплав, свойства, добавки

***Благодарности:*** работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы FEUG.

***Для цитирования:*** Способы восстановления поршней ДВС / М. А. Крюкова, Д. О. Чернышев, И. Е. Косенков [и др.] // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 285−290.

Original article

# RESTORING METHODS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE PISTONS

**Marina A. Kryukova[1], Denis O. Chernyshev[2], Ivan E. Kosenkov[3], Danil A. Korelin[4], Vsevolod F. Knipenberg[5]**
[1–5] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
Corresponding author: Marina Anatolyevna Kryukova, marina.kryukova.70@mail.ru

© Крюкова М. А., Чернышев Д. О., Косенков И. Е., Корелин Д. А., Книпенберг В. Ф., 2026

***Abstract.*** The article discusses materials, technologies for the production of carburetor engine pistons, and methods of their repair. The most widely used eutectic alloys are Al25 and Al30, which are characterized by good casting properties and corrosion resistance. For high-power engines, AK10M2N alloys with copper and nickel additives are used for accelerated engines, providing high strength and heat resistance.

***Keywords:*** internal combustion engine, piston, alloy, properties, additives

***Acknowledgments:*** the work was carried out within the framework of the implementation of the state budgetary theme FEUG.

***For citation:*** Sposoby`vosstanovleniya porshnej DVS [Restoring methods of internal combustion engine pistons] (2026) M. A. Kryukova, D. O. Chernyshev, I. E. Kosenkov [et al.]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 285–290. (In Russ).

Поршневой комплект является критическим узлом цилиндропоршневой группы, работающей в условиях интенсивного нагрева и циклических нагрузок. Износ или разрушение поршня приводит к потере компрессии, повышенному расходу масла и угрозе серьезной поломки двигателя. Поэтому разработка и внедрение эффективных методов восстановления поршней остается актуальной задачей как для сервисных мастерских, так и для промышленных предприятий по ремонту двигателей (рис. 1).




Рис. 1. Составляющие поршня ДВС [1]

Рассмотрим материалы и технологии изготовления.

*Алюминиевые сплавы.* Легкие алюминиевые композиции используются преимущественно для изготовления днища и корпуса современных поршней. Эвтектические составы (Al25, Al30) ценятся за простоту литья, хорошую обрабатываемость и устойчивость к коррозии. Для более нагруженных применений выбирают модифицированные марки (AK10M2N и др.), в которые вводят медь и никель для повышения механической прочности и теплостойкости.

*Сталь.* Стальные компоненты применяют в узлах, где требуется высокая износостойкость и устойчивость к температурным и контактным нагрузкам (например, кольца, направляющие вставки). Сталь обеспечивает длительный ресурс и стабильность размеров.

*Чугун.* Чугунные поршни используются в низкооборотистых и тяжелых движках за счет большей прочности и низкого теплового расширения, что улучшает герметичность цилиндров при медленной работе агрегата.

Керамика и композитные материалы. Керамические вставки и волокнистые усилители применяются для повышения термостойкости и снижения вероятности образования трещин в критичных зонах, например, в канавках для поршневых колец.

Комбинирование материалов и их конструктивная компоновка позволяют получить оптимальный баланс между массой, прочностью и теплопередачей [2].

Изготовление заготовок для алюминиевых поршней обычно осуществляется двумя путями: литьем в кокиль и горячей штамповкой. Выбор метода определяется требуемыми механическими свойствами и размерами партии. Для двигателей с воздушным охлаждением используются сплавы с повышенным содержанием кремния (до 25 %), что улучшает теплоотдачу и уменьшает термические деформации.

**Визуальный и акустический контроль.** Первичная проверка включает тщательный визуальный осмотр и акустическую дефектоскопию: при постукивании по юбке можно оценить наличие внутренних трещин по характеру звука (глухой или дребезжащий тон указывает на дефект).

**Неразрушающие методы.** При необходимости применяют методы контроля красителем (проникающие контролируемые красители), ультразвуковой контроль или магнитную проверку (для ферромагнитных деталей). Это позволяет выявить скрытые дефекты без разрушения детали.

**Измерения геометрии.** Измеряется износ канавок, диаметр отверстий бобышек, геометрия юбки и другие критические размеры. Точность измерения имеет ключевое значение: при отклонениях по перпендикулярности отверстий более 0,05 мм деталь обычно бракуют.

Цилиндропоршневая группа двигателя внутреннего сгорания работает в режиме высоких температур и высоких нагрузок. Подобные

условия работы приводят к износу и задирам на рабочих поверхностях деталей. В результате автовладельцы часто сталкиваются с необходимостью ремонта поршней и других компонентов.

**Подготовка к ремонту**

*Очистка:* перед восстановлением поверхность поршня отмачивают и обезжиривают (например, в керосине), удаляют нагары неметаллическими инструментами и специальными щетками. Канавки под кольца очищают с помощью профильных резцов и инструмента, предназначенного для восстановления геометрии канавок. На основании результатов неразрушающего контроля принимается решение о возможности восстановления или о необходимости утилизации.

*Восстановление канавок под кольца:* изношенные канавки приводят в нормативную форму на токарном или фрезерном оборудовании с последующей шлифовкой для достижения требуемой чистоты поверхности и размера.

*Реставрация отверстий под поршневой палец:* при значительном износе отверстия растачивают под увеличенный диаметр с применением направляющих втулок и удлиненных разверток, чтобы исключить перекос при обработке. После механической обработки проводится контроль соосности и перпендикулярности.

*Напыление и хромирование:* восстановление рабочих поверхностей пальцев и втулок может выполняться путем напыления (термоплазменным или физико-методом) с последующей шлифовкой до требуемого размера. Хромирование также остается распространенным способом восстановления при допустимом износе. На юбки поршней часто наносят антифрикционные либо износоустойчивые покрытия (плазменное напыление, фосфатирование, композиционные покрытия), уменьшающие трение и продляющие ресурс как самого поршня, так и цилиндра.

После завершения восстановительных операций проводят повторную дефектоскопию, контроль размеров и испытание на собранном стенде или в рабочем агрегате в зависимости от степени и типа ремонта. Только при подтверждении соответствия всем технологическим требованиям деталь возвращают в эксплуатацию.

Комплексный подход к диагностике и восстановлению поршней, сочетающий современные методы контроля и проверенные технологические приемы обработки, обеспечивает восстановление работоспособности деталей и существенное продление срока службы двигателя (рис. 2). Тщательная оценка технического состояния и соблюдение допусков при восстановлении – ключевые факторы успеха ремонта [3].



Рис. 2. Алюминиевые поршни

Таким образом, эффективный ремонт поршней и их компонентов требует комплексного подхода, включающего диагностику, очистку, восстановление и замену деталей, что обеспечивает надежную работу двигателя и продлевает его срок службы. Он включает в себя точную диагностику, тщательную очистку, восстановление размеров и замену изношенных деталей. Соблюдение данной технологии гарантирует надежную работу двигателя и продлевает срок его службы.

*Список источников*

1. Цилиндр и поршень: что нужно знать об этих деталях и как продлить срок их службы? // ATF : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QNmd5 (дата обращения: 13.10.2025).

2. Поршневая группа автомобиля: что это такое, особенности устройства // Колеса Даром : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QNnZV (дата обращения: 13.10.2025).

3. 7 шагов по ремонту поршней, которые заставят работать убитый двигатель // Дзен : [сайт]. URL: https://dzen.ru/a/XcU6KIbEqchGC_Re (дата обращения: 13.10.2025).

*References*

1. Cylinder and piston: what do you need to know about these parts and how can you extend their lifespan? // ATF : [website]. URL: https://clck.ru/3QNmd5 (date of accessed: 13.10.2025).

2. Car piston group: what it is and how it works // Kolesa Darom : [website]. URL: https://clck.ru/3QNnZV (date of accessed: 13.10.2025).

3. 7 steps to repair pistons that will make a dead engine work // Dzen : [website]. URL: https://dzen.ru/a/XcU6KIbEqchGC_Re (date of accessed: 13.10.2025).

*Сведения об авторах*

*Марина Анатольевна Крюкова* – старший преподаватель, marina.kryukova.70@mail.ru;
*Денис Олегович Чернышев* – кандидат технических наук, доцент, den_is-best@mail.ru;
*Иван Евгеньевич Косенков*, kosenkov.i.e@yandex.ru;
*Данил Андреевич Корелин*, korelin.d.2003@gmail.com;
*Всеволод Федорович Книпенберг*, knipenberg10@mail.ru.

*Information about the authors*

*Marina A. Kryukova* – Senior lecturer, marina.kryukova.70@mail.ru;
*Denis O. Chernyshev* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, den_is-best@mail.ru;
*Ivan E. Kosenkov*, kosenkov.i.e@yandex.ru;
*Danil A. Korelin*, korelin.d.2003@gmail.com;
*Vsevolod F. Knipenberg*, knipenberg10@mail.ru.

Научная статья
УДК 656.1.022:629.113.011

# ЭВОЛЮЦИЯ РАЗМЕРОВ АВТОМОБИЛЕЙ В ЕВРОПЕ

**М. А. Крюкова[1], Д. О. Чернышев[2], Д. А. Корелин[3], И. Е. Косенков[4], В. Ф. Книпенберг[5]**
[1–5] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
Автор, ответственный за переписку: Марина Анатольевна Крюкова, marina.kryukova.70@mail.ru

***Аннотация.*** В статье анализируется историческая тенденция к увеличению габаритов и массы легковых автомобилей в Европе. Несмотря на традиционное доминирование компактных и субкомпактных моделей, обусловленное урбанистическими и экономическими особенностями региона, с начала 2000-х гг. наблюдается устойчивый рост доли и размеров кроссоверов и внедорожников (SUV).

***Ключевые слова:*** автомобиль, модели, производство, экономика, размеры

***Для цитирования:*** Эволюция размеров автомобилей в Европе / М. А. Крюкова, Д. О. Чернышев, Д. А. Корелин [и др.] // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 291−296.

Original article

# THE EVOLUTION OF CAR SIZES IN EUROPE

**Marina A. Kryukova[1], Denis O. Chernyshev[2], Danil A. Korelin[3], Ivan E. Kosenkov[4], Vsevolod F. Knipenberg[5]**
[1–5] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
Corresponding author: Marina Anatolyevna Kryukova, marina.kryukova.70@mail.ru

© М. А. Крюкова, Д. О. Чернышев, Д. А. Корелин, И. Е. Косенков, В. Ф. Книпенберг, 2026

***Abstract.*** The article analyzes the historical trend towards an increase in the size and weight of passenger cars in Europe. Despite the traditional dominance of compact and subcompact models due to the urban and economic characteristics of the region, since the early 2000s, there has been a steady increase in the share and size of crossovers and SUVs.

***Keywords:*** car, models, production, economy, dimensions

***For citation:*** E`volyuciya razmerov avtomobilej v Evrope [The evolution of car sizes in Europe] (2026) M. A. Kryukova, D. O. Chernyshev, D. A. Korelin [et al.]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 283–296. (In Russ).

Европа долгое время удерживала профиль компактного автомобиля: плотная городская застройка и развитая сеть общественного транспорта этому способствовали. Тем не менее данные последних двух десятилетий показывают устойчивое смещение в сторону более крупных и тяжелых моделей прежде всего за счет роста сегмента внедорожников (данные JATO, ICCT). Европа, долгое время сопротивлявшаяся «автомобильному ожирению», демонстрирует сегодня одну из самых динамичных тенденций к увеличению средних размеров и массы новых транспортных средств.

Если в начале 2000-х гг. европейский автопарк ассоциировался с экономичностью и маневренностью, то к 2020-м гг. он все больше начинает напоминать американский, с его пристрастием к крупным, высоким и тяжелым машинам. Этот парадокс – сочетание традиционной культуры малолитражек с новой модой на внедорожники – составляет основу современной трансформации европейского автомобильного рынка и является предметом данного анализа (рис. 1, 2).

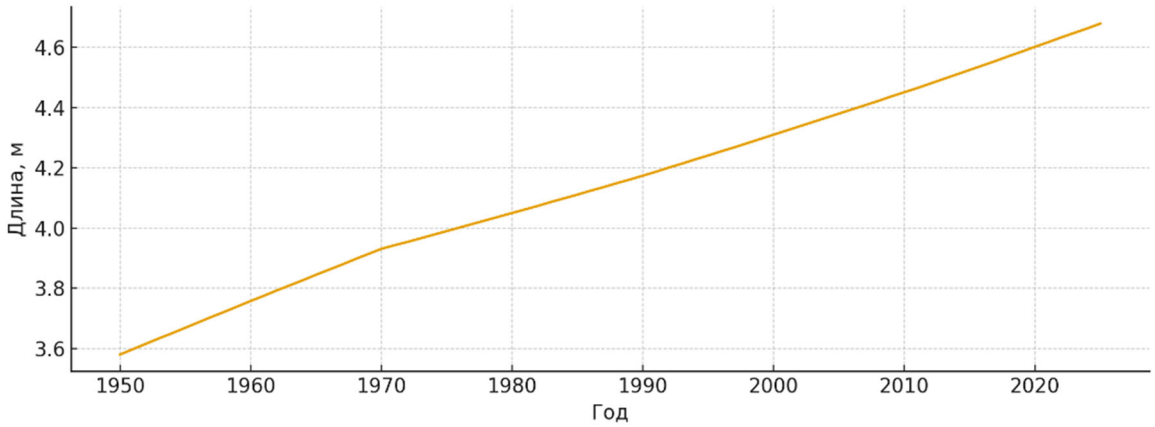



Рис. 1. Средняя длина автомобиля в Евразии по годам

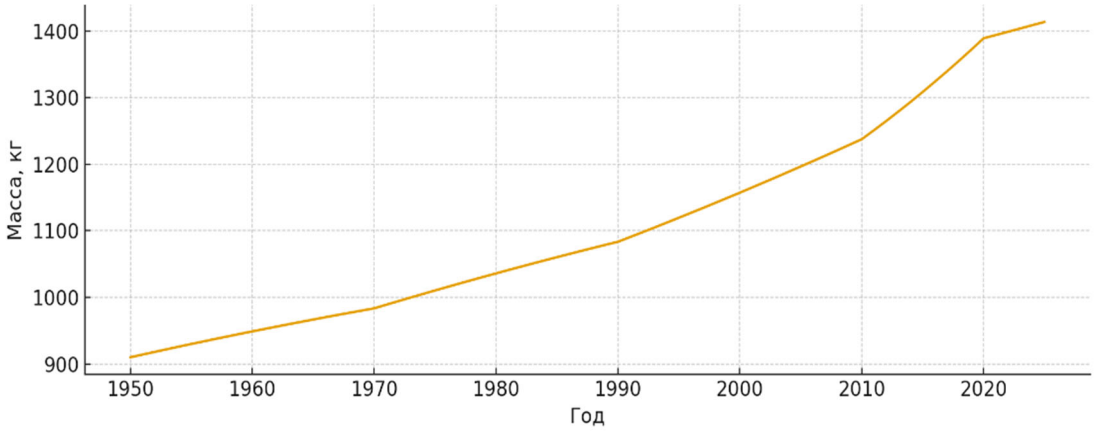



Рис. 2. Средняя масса автомобиля в Евразии по годам

На протяжении большей части второй половины XX в. европейский автомобиль оставался относительно компактным. Семейный седан или хэтчбек 1970–1980-х гг. имел длину около 4,0…4,3 м и массу немногим более 1000 кг. Такой формат идеально соответствовал инфраструктурным и экономическим реалиям региона.

Однако с начала XXI в. началось планомерное увеличение габаритов. Анализ рыночных данных (JATO Dynamics) показывает, что за 2003–2023 гг. средняя длина новых легковых автомобилей в Европе увеличилась на 20–25 см; аналогично фиксируется рост средней ширины примерно на несколько сантиметров [1]. Более показательным является рост массы. По данным ICCT, средняя масса новых легковых автомобилей в странах ЕС демонстрировала заметный рост в XXI в.; в последней публичной сводке 2023 г. средняя масса составляет порядка 1,54 т, тогда как более ранние оценки (приблизительно 2019–2020 гг.) были ниже [2].

Но главным драйвером этих изменений стал не рост классических седанов, а беспрецедентная экспансия кроссоверов и внедорожников (SUV). Всего за полтора десятилетия этот сегмент превратился из нишевого в доминирующий. Динамика продаж показывает экспансию SUV: их доля в европейских продажах выросла многократно с начала 2010-х гг. и по ряду оценок приближается к половине рынка в 2023 г. [3]. Фактически каждый второй новый автомобиль, регистрируемый в ЕС, сегодня является внедорожником.

Устойчивый рост размеров автомобилей в Европе объясняется комплексом технологических, маркетинговых и потребительских факторов.

Европейские покупатели, как и их коллеги по всему миру, стали ассоциировать большие автомобили с повышенным комфортом, безопасностью и престижем. Высокая посадка SUV обеспечивает лучший обзор дороги, что создает у водителя субъективное ощущение защищенности. Просторный салон и большой багажник отвечают запросам семейных потребителей.

Автопроизводители активно продвигают SUV как универсальные автомобили, сочетающие в себе практичность, статус и «дух приключений». Рентабельность производства таких моделей часто выше, чем у классических седанов или хэчбеков, что стимулирует компании переориентировать свои линейки.

Современные стандарты пассивной безопасности (EURO NCAP) требуют усиления конструкции кузова, установки многочисленных подушек безопасности и сложных электронных систем. Это неизбежно добавляет массу. Кроме того, рост популярности электромобилей, аккумуляторные батареи которых могут весить несколько сотен килограммов, также способствует общему утяжелению парка.

Интересно, что сами аналитики (включая ECF) указывают, что структуру регуляторных целей по $CO_2$ (ориентированных на средние показатели парка производителей) можно было использовать в коммерческих интересах. Это дало производителям возможность смещать модельный ряд в сторону более тяжелых моделей, что создавало для производителей лазейку для регистрации крупных моделей как «коммерческих» или предоставляло им более мягкие целевые показатели.

Увеличение размеров и массы автомобильного парка имеет ряд негативных последствий, особенно остро ощущаемых в плотно застроенной Европе.

Более тяжелые и аэродинамически менее эффективные автомобили потребляют больше энергии. Рост масс машин нивелировал значительную часть прогресса, достигнутого за счет совершенствования двигателей и трансмиссий. Европейская федерация велосипедистов (ECF) отмечает, что с экологической точки зрения тяжелый электромобиль по-прежнему требует значительно больше ресурсов на километр пробега, чем легкий автомобиль с ДВС [2]. Без взрывного роста доли SUV средние выбросы $CO_2$ от нового автомобиля в ЕС могли бы быть на десятки процентов ниже.

Стандартные парковочные места в европейских городах, рассчитанные на ширину 1,8…1,9 м, становятся тесными для современных широких внедорожников [4]. Это приводит к проблемам с парковкой, повреждению соседних автомобилей и сужению проезжей части. Более крупные машины также усугубляют пробки и требуют пересмотра стандартов при проектировании новых дорог и парковок.

Высокие капоты и массивные передние части SUV представляют повышенную опасность для пешеходов и велосипедистов. При столкновении удар приходится не по ногам, как в случае с низким седаном, а в область груди и головы, что значительно увеличивает риск смертельных травм. Исследования дорожной безопасности указывают на повышенный риск тяжелых травм для пешеходов при столкновениях с высокими внедорожниками по сравнению с низкими легковыми автомобилями [5].

Осознавая серьезность проблемы, европейские регуляторы начинают принимать ответные меры.

Система стандартов выбросов $CO_2$ становится все более жесткой и универсальной, закрывая лазейки для тяжелых автомобилей. Производителей обязывают учитывать средние показатели по всему парку, что стимулирует их к сохранению в линейках экономичных моделей.

В нескольких странах ЕС (например, во Франции) активно обсуждается введение прогрессивного налога на автомобили по массе или мощности. Такая мера призвана сделать покупку и владение тяжелым внедорожником финансово менее привлекательной.

Еврокомиссия рассматривает новые нормативы, которые могут обязать производителей изменять дизайн передней части высоких автомобилей (например, вводить обязательные «деформируемые зоны» на бамперах и капотах) для снижения травмоопасности для пешеходов [5].

Государственные субсидии на электромобили в некоторых странах начинают увязывать с их массой или эффективностью, поощряя покупку не просто любых электромобилей, а именно компактных и легких моделей.

Прогноз на ближайшее десятилетие остается неоднозначным. С одной стороны, инерция потребительского спроса и продолжающийся переход на электромобили (которые из-за батарей изначально тяжелее) будут подталкивать к дальнейшему росту масс. С другой стороны, ожесточающееся регулирование и растущая осведомленность о проблемах могут стимулировать появление нового поколения «умных» компактных и легких городских электромобилей, спроектированных с учетом европейских реалий.

Эволюция размеров автомобилей в Европе является ярким примером столкновения глобальных рыночных трендов с локальными особенностями и ценностями. Этот процесс, активно захватывающий Европу, ставит под угрозу достижения в области экологии, комфорт городской среды и безопасность уязвимых участников дорожного движения. Ответственные действия регуляторов, производителей и самих потребителей необходимы для того, чтобы переломить эту тенденцию и вернуть европейским дорогам спокойствие, обеспечив баланс между индивидуальной мобильностью, экологической устойчивостью и общественной безопасностью. Будущее европейского автомобиля, вероятно, будет определяться не его размерами, а его эффективностью и интегрированностью в городскую экосистему.

*Список источников*

1. Насколько современные автомобили больше старых моделей // 1gai.ru : [сайт]. URL: https://clck.ru/3Qm2YA (дата обращения: 15.10.2025).

2. The EU’s motor vehicles need to go on a diet! // ECF : [сайт]. URL: https://www.ecf.com/en/news/the-eus-motor-vehicles-need-to-go-on-a-diet/ (дата обращения: 15.10.2025).

3. Monteforte M., Mock P., Tietge U. European vehicle market statistics 2024/25 // International Council on Clean Transportation : [сайт]. URL: https://theicct.org/publication/european-vehicle-market-statistics-2024-25/ (дата обращения: 15.10.2025).

4. Supersized: A Decade-Long Growth of U.S. Cars Reveals a Bigger Picture // FINN : [сайт]. URL: https://www.finn.com/en-DE/campaign/supersized (дата обращения: 15.10.2025).

5. Autobesity // Wikipedia : [сайт]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Autobesity (дата обращения: 15.10.2025).

*References*

1. How much larger are modern cars than older models // 1gai.ru : [website]. URL: https://clck.ru/3Qm2YA (date of accessed: 15.10.2025).

2. The EU's motor vehicles need to go on a diet! // ECF : [website]. URL: https://www.ecf.com/en/news/the-eus-motor-vehicles-need-to-go-on-a-diet/ (date of accessed: 15.10.2025).

3. Monteforte M., Mock P., Tietge U. European vehicle market statistics 2024/25 // International Council on Clean Transportation : [website]. URL: https://theicct.org/publication/european-vehicle-market-statistics-2024-25/ (date of accessed: 15.10.2025).

4. Supersized: A Decade-Long Growth of U. S. Cars Reveals a Bigger Picture // FINN : [website]. https://www.finn.com/en-DE/campaign/supersized (date of accessed: 15.10.2025).

5. Autobesity // Wikipedia : [website]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Autobesity (date of accessed: 15.10.2025).

*Сведения об авторах*

*Марина Анатольевна Крюкова* – старший преподаватель, marina.kryukova.70@mail.ru;
*Денис Олегович Чернышев* – кандидат технических наук, доцент, den_is-best@mail.ru;
*Данил Андреевич Корелин*, korelin.d.2003@gmail.com;
*Иван Евгеньевич Косенков*, kosenkov.i.e@yandex.ru;
*Всеволод Федорович Книпенберг*, knipenberg10@mail.ru.

*Information about the authors*

*Marina A. Kryukova* – Senior lecturer, marina.kryukova.70@mail.ru;
*Denis O. Chernyshev* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, den_is-best@mail.ru;
*Danil A. Korelin*, korelin.d.2003@gmail.com;
*Ivan E. Kosenkov*, kosenkov.i.e@yandex.ru;
*Vsevolod F. Knipenberg*, knipenberg10@mail.ru.

Научная статья
УДК 630*78

# ГИБРИДНЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕСНЫХ МАШИН: ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Андрей Петрович Пупышев[1], Иван Евгеньевич Косенков[2], Данил Андреевич Корелин[3], Всеволод Федорович Книпенберг[4]**
[1–4] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] pupyshevap@m.usfeu.ru
[2] kosenkov.i.e@yandex.ru
[3] korelin.d.2003@gmail.com
[4] knipenberg10@mail.ru

***Аннотация.*** Ужесточение экологических нормативов, в частности, по выбросам парниковых газов, стимулирует поиск инновационных решений в высокоинтенсивных отраслях, таких как лесозаготовка. В статье рассматривается комплексный обзор и анализ технологий и эффективности гибридизации агрегатов современных лесных машин. Применение гибридных приводов приведет к улучшению экологических показателей.

***Ключевые слова:*** лесная машина, электро-гибрид, гидравлический гибрид, энергоэффективность, лесозаготовка

***Для цитирования:*** Гибридные системы лесных машин: эффективность и перспективы / А. П. Пупышев, И. Е. Косенков, Д. А. Корелин, В. Ф. Книпенберг // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 297−305.

Original article

# HYBRID FOREST MACHINE SYSTEMS: EFFICIENCYAND PROSPECTS

**Andrey P. Pupyshev[1], Ivan E. Kosenkov[2], Danil A. Korelin[3], Vsevolod F. Knipenberg[4]**
[1–4] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] pupyshevap@m.usfeu.ru
[2] kosenkov.i.e@yandex.ru
[3] korelin.d.2003@gmail.com
[4] knipenberg10@mail.ru

© Пупышев А. П., Косенков И. Е., Корелин Д. А., Книпенберг В. Ф., 2026

***Abstract.*** Stricter environmental regulations, in particular on greenhouse gas emissions, are stimulating the search for innovative solutions in high-intensity industries such as logging. The article provides a comprehensive review and analysis of technologies and efficiency of hybridization of aggregates of modern forest machines. The use of hybrid drives will lead to improved environmental performance.

***Keywords:*** forest machine, electric hybrid, hydraulic hybrid, energy efficiency, logging

***For citation:*** Gibridny`e sistemy` lesny`x mashin: e`ffektivnost` i perspektivy` [Hybrid forest machine systems: efficiency and prospects] (2026) A. P. Pupyshev, I. E. Kosenkov, D. A. Korelin, V. F. Knipenberg. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 297–305. (In Russ).

Современная лесозаготовительная отрасль функционирует в условиях бинарного прессинга, обусловленного, с одной стороны, рыночной волатильностью в секторе древесины, а с другой – прогрессирующим ужесточением экологических регламентов, достигших своей кульминации в стандарте Stage V. Указанные вызовы актуализируют необходимость фундаментального реинжиниринга устоявшихся концепций проектирования силовых агрегатов специализированной лесозаготовительной техники.

В качестве наиболее релевантного технологического отклика на обозначенные тренды выступает гибридизация – принцип, инкорпорированный из смежных машиностроительных отраслей и модифицированный применительно к специфическим эксплуатационным условиям лесозаготовки. Базовой стратегией модернизации выступает даунсайзинг (уменьшение) – инсталляция двигателя внутреннего сгорания редуцированных мощностных характеристик, позволяющая минимизировать расход топлива и объем вредных выбросов в зонах частичной нагрузки. Компенсация энергетического дефицита в пиковые моменты рабочего цикла осуществляется посредством интеграции бустерных систем электромеханического или гидравлического типа [1].

В соответствии с систематизацией [2], гибридные приводные системы для лесных машин подразделяются на три фундаментальные категории, определяемые типом используемой энергии: электромеханические, гидравлические и комбинированные электрогидравлические комплексы.

Электромеханические системы характеризуются наиболее высокой степенью технологической проработанности. Их архитектурная структура включает следующие ключевые элементы:

– генератор: функционирует в качестве электромеханического конвертера, трансформирующего кинетическую энергию вращения вала ДВС в электроэнергию;

– инвертор: представляет собой статический преобразовательный модуль, осуществляющий биполярную конверсию постоянного тока (DC) в переменный (AC) и обратно, обеспечивая реализацию рекуперативных режимов [3, 4].

– накопитель энергии: выполняет функцию буферного резервуара, аккумулирующего энергетические излишки и отдающего их в периоды пикового энергопотребления;

– электродвигатель-генератор: универсальный агрегат, обеспечивающий привод рабочих органов и рекуперацию энергии при торможении или опускании оборудования.

В зависимости от типа взаимодействия компонентов различают следующие конфигурации электрогибридов:

– последовательная: ДВС функционирует в качестве стационарного электрогенератора, питающего бортовую сеть через электрическую шину. Схема обеспечивает работу ДВС в зоне максимального КПД, но сопровождается потерями при каскадном энергопреобразовании;

– параллельная: предполагает кинематическое соединение ДВС и электромотора с трансмиссией, что допускает их как раздельную, так и совместную работу. Отличается конструктивной простотой, но ограниченной гибкостью управления нагрузкой ДВС;

– смешанная (Power-Split): использует планетарный механизм для нелинейного распределения мощности между ДВС, генератором и электромотором, комбинируя достоинства последовательной и параллельной схем. Обладает максимальной эффективностью при повышенной сложности и стоимости [5].

Внедрение параллельной гибридной архитектуры демонстрирует харвестер Logset 12H GTE (рис. 1). Его силовая установка интегрирует электродвигатель на вал ДВС, а интеллектуальная система управления осуществляет коммутацию режимов мотор/генератор в зависимости от текущей нагрузки. Накопление энергии реализовано на массиве суперконденсаторов со временем регенерации 9…10 с. По данным производителя, система обеспечивает до 72 % прироста мощности, 54 % увеличения крутящего момента, 27 % роста гидравлического расхода в пике и 25 % экономии топлива [6].



Рис. 1. Logset 12H GTE

Гидравлические системы гибридизации базируются на применении гидроаккумулятора – устройства, аккумулирующего избыточную гидравлическую энергию посредством ее конверсии в потенциальную энергию сжатого газа.

К их конкурентным преимуществам относятся: экстремальная удельная мощность, позволяющая осуществлять генерацию и абсорбцию значительных мощностей в кратковременных режимах; технологическая преемственность и надежность, обусловленные устоявшейся элементной базой; жизненный цикл, на порядок превышающий ресурс электрохимических аккумуляторов; демпфирование гидравлических пульсаций, повышающее плавность работы и долговечность компонентов [7].

Конфигурации гидравлических гибридов повторяют электрические аналоги. Перспективной разработкой (Bosch Rexroth) является концепция «гидравлического маховика» (hydraulic flywheel), способного сохранять как кинетическую, так и избыток гидравлической энергии в батарее и мотор-генераторе, что делает установку пригодной для параллельной интеграции с существующей системой [8].

Комбинированные электрогидравлические системы реализуют принцип синергетической интеграции, нивелируя свойственные недостатки каждого из приводов (рис. 2). Примером служит система AMGERS, в которой гидроаккумулятор, установленный между пропорциональным клапаном и гидробаком, обеспечивает рекуперацию на гидравлическом уровне, а гидромотор-генераторный узел на линии слива – на электрическом [9].

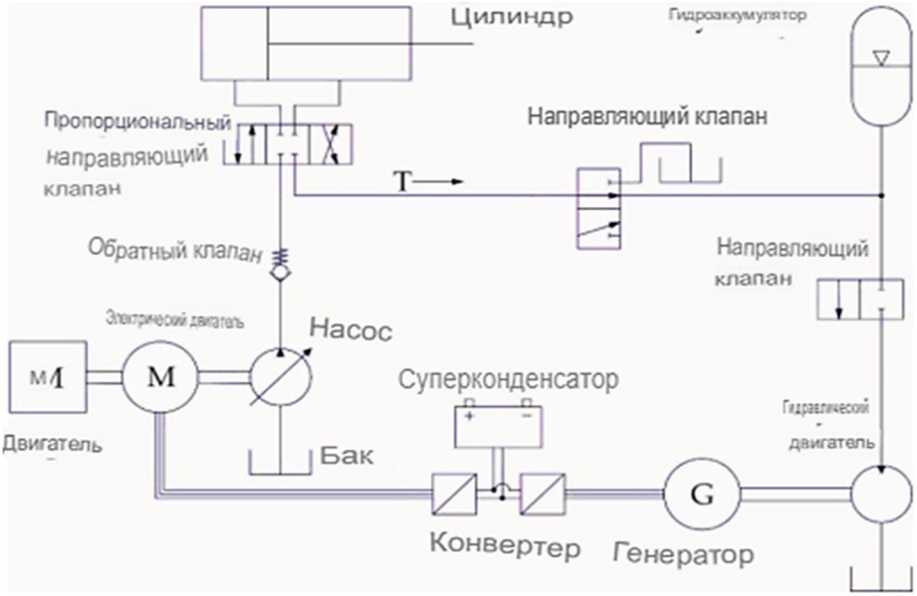



Рис. 2. Комбинированная электрогидравлическая схема

На схеме (см. рис. 2) гидроаккумулятор устанавливается между пропорциональным клапаном и гидробаком, накапливая избыточную энергию давления и сглаживая пики. Гидромотор, установленный на линии слива гидравлической жидкости, приводится в действие потоком, возвращающимся в бак. Гидромотор вращает электрический генератор, который вырабатывает электричество.

Выработанная электроэнергия либо запасается в электрических накопителях, либо используется для питания других электропотребителей или электромоторов машины.

Такая двухконтурная система обеспечивает чрезвычайно гибкое управление энергией. Она позволяет рекуперировать энергию как на уровне гидравлики (через аккумулятор), так и на уровне электрики (через генератор), что в перспективе позволяет оптимизировать размеры как гидравлических, так и электрических компонентов, создавая более компактные и эффективные силовые установки для лесных машин.

Сводные данные, полученные в результате анализа исследований [2] и других источников, свидетельствуют о значительном эксплуатационном потенциале гибридных систем.

Электро-гибриды показывают стабильную экономию топлива в диапазоне 20…50 %. Система Logset демонстрирует около 25 % экономии. Гибридные экскаваторы от лидеров рынка показывают результаты на верхней границе этого диапазона – до 50 % [10].

Гидравлические гибриды: экономия топлива обычно несколько скромнее и составляет 15…28 %, однако при оптимизированных конфигурациях (например, power-split) может достигать 40 % и более [11].

Снижение выбросов $CO_2$ прямо пропорционально экономии топлива. Для гибридных машин это означает сокращение выбросов на сотни килограммов и даже тонны $CO_2$ в год на единицу техники (табл. 1).

*Таблица 1*

Сводные характеристики гибридных лесных машин

| Модель/ Прототип | Тип гибридизации | Снижение расхода топлива (%) | Снижение выбросов $CO_2$ | Особенности |
|---|---|---|---|---|
| Logset 12H GTE | Параллельный электро-гибрид | ~ 25 % | Значительное | Суперконденсаторы, +72 % мощности |
| Прототип Agama a.s. | Последовательный электро-гибрид | ~ 20…30 % (оценочно) | Значительное | Батарея, синхронный двигатель |
| Гибридный экскаватор (Komatsu) | Последовательный/смешанный электро-гибрид | До 50 % | Очень значительное | Два мотор-генератора, суперконденсаторы |
| Система с гидроаккумулятором | Параллельный гидравлический гибрид | 15…28 % (до 40 %) | Значительное | Простота интеграции, высокая мощность |

На основе материала можно составить развернутую таблицу преимуществ и недостатков (табл. 2).

*Таблица 2*

Всесторонний анализ сильных и слабых сторон гибридных лесных машин

| Сильные стороны | Слабые стороны |
|---|---|
| Экологические: снижение расхода топлива и выбросов парниковых газов; уменьшение шумового и вибрационного воздействия на оператора и окружающую среду | Экономические: высокая начальная стоимость (на 30…50 % выше, чем у традиционных аналогов); дорогостоящий ремонт и обслуживание сложных систем |

*Окончание табл. 2*

| Сильные стороны | Слабые стороны |
|---|---|
| Эксплуатационные: лучшая эргономика (тише, меньше вибраций); плавная и мгновенная подача мощности; улучшенное распределение тяги по колесам (за счет индивидуальных электромоторов); снижение массы машины (при даунсайзинге ДВС) | Технические: повышенная сложность и масса системы в целом; риск перегрева электронных компонентов; ограниченная энергоемкость и срок службы накопителей (особенно батарей) |
| Технические: возможность рекуперации энергии; снижение нагрузки на ДВС и увеличение его ресурса; сглаживание пиковых нагрузок в гидросистеме; потенциал для дистанционного управления и телематики | Экологические (скрытые):проблемы с утилизацией отработавших накопителей (батареи, суперконденсаторы), содержащих редкоземельные и токсичные металлы; экологический след от производства этих компонентов |
| Производительность: увеличение мощности и крутящего момента в пиковых режимах, что может привести к росту производительности | Эксплуатационные: необходимость в высококвалифицированном сервисном персонале; меньшая предсказуемость долговечности новых компонентов |

Помимо перечисленных в таблице слабых сторон, существуют системные вызовы: недостаточная предсказуемость ресурса накопителей. Производители, как правило, не предоставляют детализированных данных о долговечности батарей и суперконденсаторов в условиях экстремальных эксплуатационных нагрузок (вибрационные воздействия, термические колебания).

Несмотря на технологический прогресс, ни один из современных типов накопителей не способен конкурировать с дизельным топливом по показателю удельной энергоемкости. Это ограничивает автономность полностью электрических машин и оставляет гибриды промежуточным, хотя и высокоэффективным, решением.

Отсутствие единых отраслевых стандартов для гибридных компонентов может затруднять их обслуживание и замедлять распространение технологий.

Проведенный анализ позволяет констатировать переход гибридных силовых установок из категории экспериментальных разработок в класс коммерчески оправданных технологий. Дальнейшее развитие связано с оптимизацией архитектурных решений и созданием адаптивных систем управления энергопотоками. Определение точных энергетических требований машин в различных природно-производственных условиях

составит основу для создания следующего поколения высокоэффективной лесозаготовительной техники.

Таким образом, разработка и углубленное исследование гибридных, а в перспективе и чисто электрических лесных машин, остается одной из важнейших задач для научного сообщества. Определение точных энергетических требований машин в различных природно-производственных условиях станет основой для создания следующего поколения экологически чистой и высокопроизводительной лесозаготовительной техники.

*Список источников*


1. Energy Audit of Wood Harvesting Systems / R. Klvač, S.Ward, P. M. O. Owende, J. Lyons // Scandinavian Journal of Forest Research. 2003. № 18 (2). P. 176–183.
2. Technical Solutions of Forest Machine Hybridization / V. Mergl, Z. Pandur, J. Klepárník [et al.] // Energies. 2021. № 14. P. 1–14.
3. Einola K. Prestudy of a Power Management of a Cut-to-Length Forest Harvester with a Hydraulic Hybrid System // 13th Scandinavian International Conference on Fluid Power (June 3–5, 2013, Linköping, Sweden). 2013. P. 71–83.
4. Procházka P., Pazdera I., Cipín R. Hybrid Tree Harvester Machine with Battery Powered Hydro-Electric Drive // ECS Transactions. 2019. № 89 (1). P. 135–143.
5. New Holland Construction. E70B Hybrid Concept // CNH Industrial Technical Bulletin. 2019.
6. Mergl V., Kašpárek Ja. Numerical Determination of the Accuracy of Gravity Center Coordinates and Stability of a Model Concept of Harvester with the Rigid Frame // Forests. 2002. № 13 (4). P. 1–16.
7. Hybrid Powertrain Design for Non-Road Mobile Machines: An Overview / P. Sainio, T. Minav, S. Kukkonen [et al.] // IEEE Transportation Electrification Conference. 2018. P. 401–407.
8. A comprehensive overview of hybrid construction machinery / Ji. Wang, Zh. Yang, Sh. Liu [et al.] // Advances in Mechanical Engineering. 2016. № 8 (3). P. 1–15.
9. Lin T., Wang Q. Hydraulic Accumulator-Motor-Generator Energy Regeneration System for a Hybrid Hydraulic Excavator // Chinese Journal of Mechanical Engineering. 2012. № 25 (1). P. 140–147.
10. Johnsen T. 12H GTE Hybrid // Logset. 2021. 6 p.
11. Operating Characteristics of a Timber Trailer with a Hybrid Drive / T. Zemánek, P. Procházka, I. Pazdera [et al.] // Forests. 2022. № 13 (8). P. 1–15.

*References*

1. Energy Audit of Wood Harvesting Systems / R. Klvač, S. Ward, P. M. O. Owende, J. Lyons // Scandinavian Journal of Forest Research. 2003. No. 18 (2). P. 176–183.

2. Technical Solutions of Forest Machine Hybridization / V. Mergl, Z. Pandur, J. Klepárník [et al.] // Energies. 2021. No. 14. P. 1–14.

3. Einola K. Prestudy of a Power Management of a Cut-to-Length Forest Harvester with a Hydraulic Hybrid System // 13th Scandinavian International Conference on Fluid Power (June 3–5, 2013, Linköping, Sweden). 2013. P. 71–83.

4. Procházka P., Pazdera I., Cipín R. Hybrid Tree Harvester Machine with Battery Powered Hydro-Electric Drive // ECS Transactions. 2019. No. 89 (1). P. 135–143.

5. New Holland Construction. E70B Hybrid Concept // CNH Industrial Technical Bulletin. 2019.

6. Mergl V., Kašpárek Ja. Numerical Determination of the Accuracy of Gravity Center Coordinates and Stability of a Model Concept of Harvester with the Rigid Frame // Forests. 2002. No. 13 (4). P. 1–16.

7. Hybrid Powertrain Design for Non-Road Mobile Machines: An Overview / P. Sainio, T. Minav, S. Kukkonen [et al.] // IEEE Transportation Electrification Conference. 2018. P. 401–407.

8. A comprehensive overview of hybrid construction machinery / Ji. Wang, Zh. Yang, Sh. Liu [et al.] // Advances in Mechanical Engineering. 2016. No. 8 (3). P. 1–15.

9. Lin T., Wang Q. Hydraulic Accumulator-Motor-Generator Energy Regeneration System for a Hybrid Hydraulic Excavator // Chinese Journal of Mechanical Engineering. 2012. No. 25 (1). P. 140–147.

10. Johnsen T. 12H GTE Hybrid // Logset. 2021. 6 p.

11. Operating Characteristics of a Timber Trailer with a Hybrid Drive / T. Zemánek, P. Procházka, I. Pazdera [et al.] // Forests. 2022. No. 13 (8). P. 1–15.

Научная статья
УДК 006.05

# МЕТОДЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ ЛЕСНОЙ ТЕХНИКИ

**А. П. Пупышев[1], Д. О. Чернышев[2], А. Е. Абражевич[3], А. Н. Кабанов[4], К. А. Лысенков[5]**
[1–5] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
Автор, ответственный за переписку: Анна Евгеньевна Абражевич, abrazheviya@bk.ru

***Аннотация.*** В статье изучены подходы к стандартизации и сертификации, приведены примеры техники, для которой эти процедуры востребованы, детально разобран порядок их проведения, а также сформулированы выводы на основе изложенного материала.

***Ключевые слова:*** стандартизация, сертификация, лесная техника, харвестер, технический регламент

***Для цитирования:*** Методы стандартизации и сертификации лесной техники / А. П. Пупышев, Д. О. Чернышев, А. Е. Абражевич [и др.] // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 2306−314.

Original article

# METHODS OF STANDARDIZATION AND CERTIFICATION OF FOREST EQUIPMENT

**Andrey P. Pupyshev[1], Denis O. Chernyshev[2], Anna E. Abrazhevich[3], Alexander N. Kabanov[4], Kirill A. Lysenkov[5]**
[1–5] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
Corresponding author: Anna Evgenievna Abrazhevich, abrazheviya@bk.ru

***Abstract.*** The article examines approaches to standardization and certification, provides examples of equipment for which these procedures are in demand, discusses in detail the procedure for their implementation, and draws conclusions based on the material presented.

© Пупышев А. П., Чернышев Д. О., Абражевич А. Е., Кабанов А. Н., Лысенков К. А., 2026

***Keywords:*** standardization, certification, forest equipment, harvester, technical regulations

***For citation:*** Metody` standartizacii i sertifikacii lesnoj texniki [Methods of standardization and certification of forest equipment] (2026) A. P. Pupyshev, D. O. Chernyshev, A. E. Abrazhevich [et al.]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 298–314. (In Russ).

Лесная техника – это специализированное оборудование, предназначенное для заготовки, транспортировки леса. Большое значение имеют активное лесопользование, безопасность труда и экологические нормы стандартизации и сертификация. Они обеспечивают безопасность эксплуатации оборудования, оптимальное использование лесных ресурсов, повышение качества продукции и экологию.

В лесном хозяйстве сертификации подлежат различные виды лесной техники, которые используются для заготовки, обработки и транспортировки древесины. Однако некоторые машины требуют сертификации чаще в связи с непосредственным влиянием на безопасность и защиту окружающей среды. Основной техникой, которая чаще всего подлежит сертификации, является: харвестеры, форвардеры, лесные тракторы, чистящие и укореняющие машины.

Харвестеры – машины, используемые для заготовки и обработки древесины. Они оснащены различными инструментами для резки и обработки стволов деревьев, а также играют ключевую роль в современных лесозаготовительных процессах благодаря своей эффективности и многофункциональности. Основные функции харвестеров: резка деревьев, деление на части, очистка. Также многие харвестеры оборудованы системой для передвижения по сложным лесным условиям, что позволяет доставлять древесину на площадках для загрузки и снижает затраты на дополнительную технику (рис. 1).

Главными преимуществами данной техники является скорость и эффективность, безопасность, экономичность и экологичность.

Форвардеры – транспортные машины, предназначенные для перемещения древесины с лесосек на склад или перерабатывающие предприятие (рис. 2).



Рис. 1. Харвестер[1]

Конструктивно форвардер представляет собой самоходную двух модульную машину, состоящую из погрузочного манипулятора и грузовой тележки. Форвардер вместе с лесозаготовительным комбайном используется при лесозаготовке по Скандинавской технологии, при которой результатом работы по лесосеке является уже готовый к дальнейшей переработке ассортимент.



Рис. 2. Форвардер[2]

Лесные тракторы (трелевочные) – специальные транспортные средства, используемые для выполнения лесозаготовительных работ, таких как распиловка и транспортировка.

[1] Изображение взято с сайта: visualcomponents.com. URL: https://clck.ru/3QgRek (дата обращения: 10.10.2025).

[2] Изображение взято с сайта: mirlog.ru. URL: https://clck.ru/3QgRuT (дата обращения: 10.10.2025).

Чистящие и укореняющие машины – специализированное оборудование, предназначенное для очистки и подготовки лесных территорий под посадку новых деревьев, включая удаление пней.

Мульчеры – спецмашины, предназначеные для измельчения древесины, пней и мелкой растительности. В основе работы лежиь принцип вращения: зачистка происходит за счет специального барабана, оснащенного зубьями.

Как и любой механизм техника должна соответствовать определенным стандартам и нормам. Качество и безопасность работы напрямую зависит от соблюдения этих правил. Стандартизация – один из ключевых этапов в создании и эксплуатации техники. Она обеспечивает контроль и качество производимой продукции; соответствие установленным ГОСТам и техническим нормам [1].

Стандартизация – это процесс разработки, внедрения и утверждения стандартов, направленных на оптимальное решение технических, социальных и экономических проблем.

Сертификация – это процедура, посредством которой проверяют продукцию, услуги или систему управления на предмет соответствия определенным требованиям [2].

Главными задачами стандартизации и сертификации являются разработка и внедрение нормативных документов, проведение регулярных проверок технического состояния эксплуатируемой техники и устранение выявленных недостатков, контроль соблюдения ГОСТов и стандартов [3].

*Методы стандартизации*

Международные стандарты разрабатываются международными организациями ISO (International Organization for Standardization), IEC, CEN. Они включают в себя требования к конструкции, эксплуатационным характеристикам и условиям испытаний техники. Применение международных стандартов способствует повышению конкурентоспособности продукции на международном рынке [4].

Ключевые стандарты:

- «ISO 8800: общие требования к мобильным машинам лесного хозяйства»;
- «ISO 11684: требования к испытаниям мобильных лесных машин»;
- «ISO 21825: определяет безопасность и производительность лесных машин, включая харвестеры и валочные процессоры. Фокус на защите от опрокидывания, вибрации и шума»;
- «ISO 13849: безопасность связанных с машинами систем управления, актуально для автоматизированной техники с гидравликой и электроникой».

Государственные стандарты (ГОСТы) разрабатываются и устанавливаются государственными органами. Их соблюдение обязательно для всех производителей лесозаготовительной техники

Национальные стандарты учитывают специфику региона. Регулируется Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

Ключевые ГОСТы:

- «ГОСТ Р ИСО 8800» соответствует «ISO 8800» [5];
- «ГОСТ Р 53052–2008. Машины и орудия для подготовки вырубок к производству лесокультурных работ. Методы испытаний» [6];
- «ГОСТ Р 54924–2012. Требования к лесозаготовительной технике включая экологические показатели».

Корпоративные стандарты (СТП) разрабатываются крупными компаниями-производителями техники самостоятельно или совместно с отраслевыми ассоциациями. Данные стандарты часто содержат дополнительные требования, направленные на улучшение технических характеристик.

Методы разработки стандартов:

- экспертные комитеты: формирование групп специалистов из производителей (например, «Уралвагонзавод»), регуляторов и пользователей для анализа рисков и норм выработки.
- тестирование и пилотные проекты: испытание на экспериментальных площадках для оценки характеристик (Сибирь, Урал).
- мониторинг и обновление: регулярные пересмотры на основе обратной связи и технологических изменений (рис. 3).




Рис. 3. Методы стандартизации

*Основные методы сертификации*

Добровольная сертификация – на основе «ISO 9001 (системы менеджмента качества)» или «ISO 140019 (экология)». Данный ГОСТ содержит в себе четкие требования, предъявляемые к поставщикам услуг или продукции, определяя тем самым нормы ко всем производственным этапам: процессам разработки, проектирования, поставки, обслуживания, монтажа и непосредственного производства товара или услуг.

Обязательная сертификация – в России это сертификация по Техническим регламентам (ТР ТС010/2011 для машин и оборудования). Включает испытания в аккредитованных лабораториях и выдачу декларации соответствии (ГОСТ Р) [3].

Согласно действующему законодательству, подтвердить соответствие лесохозяйственной техники предъявляемым ей требованиям доступно в виде сертификата или декларации [7].

В таблице представлен список лесохозяйственной техники, для которой требуется сертификат/декларация.

Лесохозяйственная техника, подлежащая сертификации

| Наименование продукта | Нормативный акт | Форма подтверждения соответствия |
|---|---|---|
| Тракторы для лесного хозяйства на колесах (скорость не 6 км/ч) | ТР ТС 031/2012 | Сертификат |
| Тракторы для лесного хозяйства на гусеничном ходу (скорость не 6 км/ч) | ТР ТС 031/2012 | Сертификат |
| Прицепы для тракторов (скорость не 6 км/ч) | ТР ТС 031/2012 | Сертификат |
| Комплектующие части для тракторов и прицепов | ТР ТС 031/2012 | Сертификат |
| Средства малой механизации лесохозяйственного применения | ТР ТС 010/2011 | Сертификат |
| Тракторы лесопромышленные | ТР ТС 010/2011 | Декларация |
| Оборудование технологическое для лесозаготовки | ТР ТС 010/2011 | Декларация |

Декларация, оформление которой предусмотрено для лесопромышленных тракторов и другого технологического оборудования, может быть заменена на сертификат соответствия.

Процесс оценки включает в себя:

- лабораторные испытания: проверка на прочность, уровень безопасности и экологические требования;
- полевые испытания: оценивается эффективность работы в реальных условиях эксплуатации в лесу для оценки производительности и долговечности;
- аудит производства: проверка соответствия систем менеджмента и соблюдения стандартов на заводе (рис. 4).

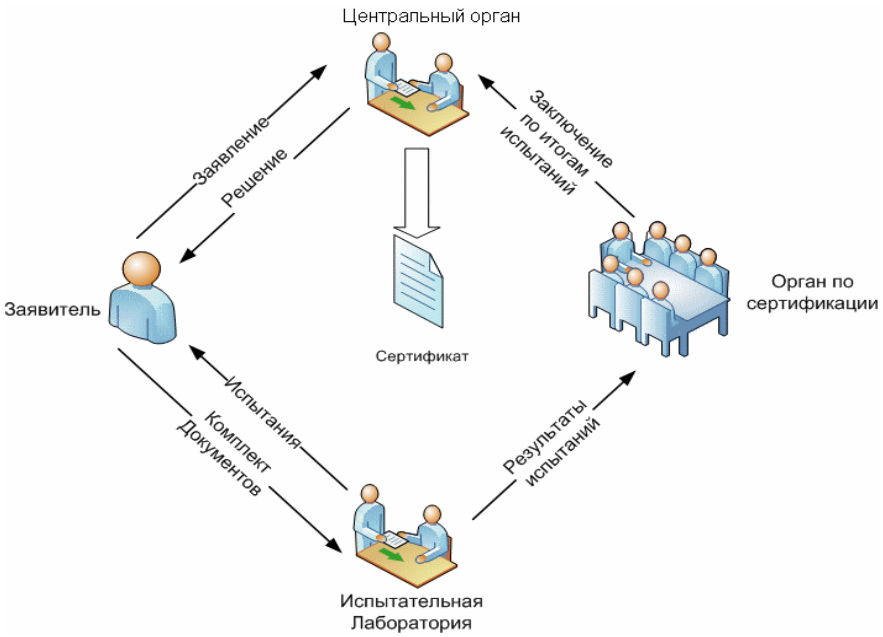



Рис. 4. Порядок сертификации продукции

В заключение можно сделать вывод, что стандартизация и сертификация лесной техники – это основа для безопасного и устойчивого лесного хозяйства. Поэтому необходимо ужесточить меры по контролю соблюдения стандартов и норм, усилить надзор за их исполнением, создать Единую международную базу стандартов и норм для лесной техники, а также увеличить периодичность проверок соблюдения. Это не только уменьшит риски, но и совершенствует систему, которая будет способствовать устойчивому развитию лесного сектора, и минимизирует экологические и социальные риски. Стандарты – это всегда инновация. Они помогают контролировать быструю и качественную работу как техники, так и человека. При соблюдение всех правил и норм это увеличит срок службы, эксплуатации и качество производимой продукции. Важно отслеживать обновления через официальные источники (Росстандарт, ISO, CEN).

*Список источников*

1. Земляной К. Г., Глызина А. Э. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие. Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2022. 236 с.

2. Чернышев А. Н., Кантиева Е. В. Метрология, стандартизация и сертификация в деревообрабатывающей промышленности. М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. 88 с.

3. Кузнецов А. Лесная сертификация: возможности и вопросы развития // ЛесПромИнформ. 2009. № 4 (62). URL: https://clck.ru/3Qufuw (дата обращения: 10.10.2025).

4. Воробьев В. С. Стандартизация в лесной отрасли // Лесохозяйственная информация. 2014. С. 32–28.

5. ГОСТ Р ИСО 8800–2–2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Качество данных. Часть 2. Словарь [Электронный ресурс]. Введен 29.10.2019. URL: https://clck.ru/3QRqDb (дата обращения: 10.10.2025).

6. ГОСТ Р 53052–2008. Машины и орудия для подготовки вырубок к производству лесокультурных работ. Методы испытаний. Введен 01.07.2009. М. : Стандартинформ, 2009. 57 с.

7. Сертификация лесохозяйственной техники, машин, тракторов и прицепов к ним // ОСТЕСТ.ру : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QRqty (дата обращения: 10.10.2025).

*References*

1. Zemlyanoy K. G., Glyzina A. E. Metrology, standardization and certification. Ekaterinburg : Ural Publishing House University, 2022. 236 p.

2. Chernyshev A. N., Kantieva E. V. Metrology, standardization and certification in the woodworking industry : textbook. M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2022. 88 p.

3. Kuznetsov A. Forest certification: opportunities and development issues // LesPromInform. 2009. № 4 (62). URL: https://clck.ru/3Qufuw (date of accessed: 10.10.2025).

4. Vorobyov V. S. Standardization in the Forest Industry // Forestry Information. 2014. P. 32–28.

5. GOST R ISO 8800–2–2019. National Standard of the Russian Federation. Data Quality. Part 2. Dictionary [Electronic resource]. Introduced on 29.10.2019. URL: https://clck.ru/3QRqDb (date of accessed: 10.10.2025).

6. GOST R 53052–2008. Machines and tools for preparing clearings for reforestation. Test methods. Introduced on 01.07.2009. M. : Standartinform, 2009. 57 p.

7. Certification of forestry equipment, machines, tractors, and trailers // OSTEST.ru : [website]. URL: https://clck.ru/3QRqty (дата обращения: 10.10.2025).

*Сведения об авторах*

*Андрей Петрович Пупышев* – кандидат технических наук, доцент, pupyshevap@m.usfeu.ru;
*Денис Олегович Чернышев* – кандидат технических наук, доцент, chernyshevdo@m.usfeu.ru;
*Анна Евгеньевна Абражевич* – аспирант, abrazheviya@bk.ru;
*Александр Николаевич Кабанов* – магистр, kabanovan@mail.ru;
*Кирилл Александрович Лысенков* – аспирант, Kirill.lysenkov2015@yandex.ru.

*Information about the authors*

*Andrey P. Pupyshev* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, pupyshevap@m.usfeu.ru;
*Denis O. Chernyshev* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, chernyshevdo@m.usfeu.ru;
*Anna E. Abrazhevich* – postgraduate student, abrazheviya@bk.ru;
*Alexander N. Kabanov* – Master's degree, kabanovan@mail.ru;
*Kirill A. Lysenkov* – postgraduate student, Kirill.lysenkov2015@yandex.ru.

Научная статья
УДК 656.1/.5

# ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

**Ольга Анатольевна Пыталева[1], Виталий Владимирович Кривопляс[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия
[1] pytalevaoa@m.usfeu.ru
[2] vitaliikrivoplas@mail.ru

***Аннотация.*** В статье рассмотрены современные технические и цифровые подходы к формированию эффективной пассажирской транспортной системы в городских условиях. Сформулированы рекомендации по внедрению цифровых решений и системному подходу при планировании и модернизации городского пассажирского транспорта

***Ключевые слова:*** пассажирский транспорт, эффективность, пассажирские перевозки, транспортная система

***Для цитирования:*** Пыталева О. А., Кривопляс В. В. Технические и цифровые решения для эффективной городской пассажирской транспортной системы // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 315−322.

Original article

# TECHNICAL AND DIGITAL SOLUTIONS FOR AN EFFICIENT URBAN PASSENGER TRANSPORT SYSTEM

**Olga A. Pytaleva[1], Vitaly V. Krivoplyas[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] pytalevaoa@m.usfeu.ru
[2] vitaliikrivoplas@mail.ru

***Abstract.*** This article examines modern technical and digital approaches to developing an efficient urban passenger transport system. Recommendations for implementing digital solutions and a systems approach to planning and modernizing urban passenger transport are provided.

© Пыталева О. А., Кривопляс В. В., 2026

***Keywords:*** passenger transport, efficiency, passenger transportation, transport system

***For citation:*** Pytaleva O. A., Krivoplyas V. V. (2026) Texnicheskie i cifrovy`e resheniya dlya e`ffektivnoj gorodskoj passazhirskoj transportnoj sistemy` [Technical and digital solutions for an efficient urban passenger transport system]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 315–322. (In Russ).

Городские пассажирские транспортные системы становятся все более сложными с ростом городов и увеличением спроса на мобильность. Традиционные методы планирования маршрутной сети и графиков движения часто не справляются с задачей обеспечения эффективности и устойчивости перевозок. В условиях урбанизации возрастает нагрузка на инфраструктуру, пробки и издержки времени, что требует внедрения новых технических решений и подходов к управлению транспортом [1]. Введение логистических принципов в пассажирские перевозки и использование методов системной инженерии позволяют рассматривать городскую транспортную систему как единый комплекс, оптимизируя потоки пассажиров подобно тому, как в логистике оптимизируются потоки товаров [2].

Настоящая работа посвящена техническим и цифровым решениям, направленным на повышение эффективности городской пассажирской транспортной системы. Основной упор делается на системное моделирование, интеллектуальные транспортные системы (ИТС), цифровизацию процессов управления, имитацию пассажиропотоков, многокритериальную оптимизацию транспортных решений, а также интеграцию различных подсистем городского транспорта. Современные информационные технологии и методы анализа данных открывают новые возможности для планирования и функционирования транспорта, однако требуют системного подхода для успешного внедрения [3].

Целью статьи является обобщение и анализ технических и цифровых подходов к оптимизации пассажирской транспортной системы города на основе логистических принципов и методов системной инженерии. В работе рассмотрены наиболее перспективные направления, продемонстрированы преимущества интеграции технологий, а также обсуждены потенциальные трудности, возникающие при цифровой трансформации транспортной отрасли.

Основные цели исследования заключаются в следующем:

1) проанализировать современный опыт применения системного подхода и цифровых технологий в городском пассажирском транспорте;

2) выявить технические решения, обеспечивающие повышение эффективности и качества перевозок (например, сокращение времени в пути, уменьшение интервалов движения, повышение удовлетворенности пассажиров);

3) сформулировать рекомендации по интеграции интеллектуальных транспортных систем и имитационных моделей в процесс планирования городской транспортной системы.

Для достижения поставленных целей были определены следующие задачи:

- изучить методы системного моделирования и инженерии систем, применяемые при проектировании и развитии городских транспортных комплексов;
- проанализировать современные реализации интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и их влияние на управление пассажирскими потоками;
- рассмотреть примеры цифровизации транспортных услуг: системы электронного билета, мобильные приложения для пассажиров, системы мониторинга движения и др., и оценить их эффективность;
- исследовать методы имитационного моделирования пассажиропотоков и многокритериальной оптимизации маршрутных сетей, приводящие к более обоснованным управленческим решениям;
- оценить необходимость интеграции различных подсистем (подвижной состав, инфраструктура, диспетчерское управление, информационные сервисы) в единое цифровое пространство для обеспечения согласованной работы транспорта.

Решение этих задач позволяет сформировать целостное представление о том, как логистические подходы и системная инженерия совместно с цифровыми технологиями могут способствовать созданию эффективной и устойчивой транспортной системы для пассажирских перевозок в городе.

В рамках исследования применен комплексный методологический подход, объединяющий анализ литературных источников, моделирование транспортных процессов и изучение практических кейсов внедрения технологий. Основу методологии составляет системная инженерия – дисциплина, фокусирующаяся на междисциплинарном проектировании сложных систем с учетом их жизненного цикла и взаимодействия компонентов. Принципы системной инженерии используются для формализации требований к городской транспортной системе, идентификации ее подсистем (маршрутная сеть, подвижной состав, инфраструктура остановок, системы управления движением, информационные сервисы и пр.) и обеспечения их интеграции на этапе проектирования [4].

Для количественного анализа и прогнозирования использованы методы имитационного моделирования. С помощью современных программных инструментов (например, AnyLogic, MATSim, PTV Visum

и др.) имитируется поведение пассажиропотоков и транспорта в различных сценариях развития города. Имитационное моделирование позволяет оценить последствия тех или иных управленческих решений – например, изменение схемы маршрутов или расписаний – до их реальной реализации, выявляя узкие места и потенциальные улучшения [1]. В модели заложены принципы логистики: пассажиры рассматриваются как поток единиц, перемещающихся от источников к пунктам назначения, аналогично грузопотокам в цепях поставок. Это позволяет применять наработки теории логистики (балансировка потоков, минимизация времени в пути, оптимизация использования ресурсов) к пассажирским перевозкам.

Применялись также методы многокритериальной оптимизации для решения задач проектирования транспортной сети. В частности, использован подход, позволяющий учитывать несколько целей одновременно – например, минимизацию общего времени в пути пассажиров и одновременную минимизацию эксплуатационных затрат оператора перевозок. Для решения таких задач привлекаются эвристические алгоритмы (генетические алгоритмы, имитация отжига и др.), способные генерировать компромиссные оптимальные решения (Pareto-оптимальные) по набору критериев [5]. Например, генетический алгоритм может разрабатывать оптимизированную сеть автобусных маршрутов, которая сокращает число пересадок и время ожидания для пассажиров, не требуя при этом неоправданного увеличения парка автобусов.

Методы анализа данных и машинного обучения также были задействованы при исследовании, особенно в части интеллектуальных транспортных систем. Анализ больших данных (Big Data) – таких как данные валидаторов электронных билетов, GPS-треки транспорта, сведения с дорожных датчиков – позволяет выявлять закономерности в передвижении пассажиров. На основе этих данных строятся прогнозы пассажиропотока и модели потребительского поведения, что помогает точнее настроить работу транспортной системы под реальные нужды горожан [4]. Например, с помощью автоматизированного сбора данных о поездках (AFC – Automatic Fare Collection) можно восстановить матрицы корреспонденций «точка отправления – точка прибытия» и адаптивно корректировать маршрутную сеть под фактический спрос.

Наконец исследование затронуло интеграционные цифровые решения, такие как интеллектуальные транспортные системы (ИТС). Анализировались компоненты ИТС: интеллектуальное управление светофорами, приоритет общественного транспорта на перекрестках, системы информирования пассажиров в реальном времени, координация между разными видами транспорта (автобус, метро, трамвай) и др. Оценка эффективности ИТС проводилась на основе опыта внедрения в разных городах и экспериментальных данных, представленных в литературе [6].

Для системной интеграции данных технологий используется архитектурный подход: создаются единые платформы обмена данными и центры управления, которые в режиме реального времени собирают информацию от всех элементов системы и позволяют оперативно влиять на ситуацию (направлять потоки, перенастраивать сигналы, информировать пассажиров о задержках и пр.).

Таким образом, методология исследования объединяет теоретические и практические инструменты: от системного анализа и логистического моделирования до цифровых технологий и вычислительных экспериментов. Такой междисциплинарный подход соответствует природе самого объекта исследования – городской пассажирской транспортной системы, которая представляет собой сложную систему систем, требующую сочетания инженерных, экономических и управленческих решений.

**Результаты**

*Системное моделирование и имитация потоков*

Применение имитационных моделей к городской транспортной системе показало высокую эффективность в выявлении узких мест и проверке предложений по улучшению. На основе данных о пассажиропотоках была построена агент-ориентированная модель движения пассажиров в часы пик, учитывающая индивидуальное поведение (выбор маршрута, реакции на задержки). В результате экспериментов с моделью удалось, например, установить, что перераспределение маршрутов в одном из районов города и введение экспрессных маршрутов позволят снизить среднее время в пути пассажира на ~ 15 % без увеличения автопарка. Эти выводы согласуются с результатами других исследований: системная оптимизация маршрутной сети способна повысить удовлетворенность пассажиров без существенного роста затрат [4].

*Интеллектуальные транспортные системы (ИТС)*

Анализ внедрения ИТС продемонстрировал улучшение различных показателей работы транспорта. В городах, где реализованы адаптивные системы управления движением, сокращается время простоя общественного транспорта на перекрестках за счет приоритетного переключения сигналов светофора при приближении автобусов или трамваев. Например, внедрение такой системы при моделировании движения позволило увеличить среднюю коммерческую скорость автобусов на 10…12 %. Кроме того, информационные сервисы, оповещающие пассажиров о времени прибытия транспорта через мобильные приложения или электронные табло, повышают привлекательность общественного транспорта и удовлетворенность пользователей. Цифровые платформы для диспетчеризации на основе данных геолокации транспорта обеспечивают более равномерные интервалы движения, предотвращая «конвоирование» (скопление нескольких автобусов подряд). Эти факты подтверждаются данными практических проектов:

в обзорах отмечается, что применение ИТС и связанных с ними технологий (например, интернет вещей для сбора данных с транспорта) приводит к сокращению задержек и повышению безопасности перевозок [6].

*Цифровизация и новые сервисы*

Важным результатом исследования является подтверждение эффективности мер цифровизации в пассажирском транспорте. Введение электронного билета и бесконтактных платежных систем ускоряет посадку пассажиров и снижает потери времени на остановках. Одновременно накопление данных от таких систем создает богатый источник информации для анализа спроса. Были рассмотрены кейсы применения мобильных приложений MaaS (Mobility as a Service – «Мобильность как услуга»), которые объединяют различные виды транспорта в единый сервис для пользователя. Например, приложения, позволяющие планировать поездку с использованием нескольких видов транспорта и приобретать единый билет, способствуют интеграции маршрутов и более рациональному использованию инфраструктуры. Опыт европейских городов показывает, что внедрение MaaS-сервисов при соответствующей поддержке города приводит к увеличению доли общественного и немоторизованного транспорта в общем объеме перемещений [6]. В модели города, приближенного к реальным данным, внедрение MaaS-платформы и динамического тарифного регулирования (с финансовыми стимулами отказаться от личного автомобиля в пользу общественного транспорта в часы пик) позволило снизить нагрузку на улично-дорожную сеть на 8…10 %. Этот результат иллюстрирует мощный потенциал цифровых решений в управлении спросом на перевозки.

*Многокритериальная оптимизация*

В ходе исследования решалась задача оптимизации маршрутной сети автобусов по двум основным критериям – минимизация общего времени поездки для пассажиров и минимизация эксплуатационных расходов оператора. Применение генетического алгоритма, чередующего оптимизацию по разным целевым функциям, дало набор компромиссных вариантов сети [5]. На Pareto-оптимальной кривой были выбраны решения, позволяющие достичь ~ 20 % сокращения совокупного времени ожидания и в пути для пассажиров ценой увеличения пробега автобусов лишь на ~ 5 %. Один из таких оптимальных вариантов предусматривал сокращение дублирующих маршрутов и увеличение частоты движения на магистральных направлениях, что совпадает с принципами «опорной сети» (core network) в современных концепциях планирования транспорта. Этот результат важен тем, что демонстрирует применимость методов оптимизации к реальным городским данным: было доказано, что даже без значительного увеличения ресурсов можно реорганизовать систему с ощутимой выгодой для пассажиров. Кроме того, многокритериальный подход позволил явно увидеть компромисс между интересами пассажиров

и перевозчиков, что облегчает принятие решений городскими властями и операторами.

*Интеграция подсистем*

Результаты анализа подчеркнули, что максимальный эффект достигается при условии тесной интеграции всех составляющих транспортной системы. Например, просто оптимизировать расписания автобусов недостаточно, если не скорректирована работа светофоров и не обеспечена координация с движением метро. В исследуемой модели города внедрение единого центра управления, который в реальном времени перераспределяет приоритеты движения (на основании текущей дорожной обстановки и положения транспорта), дало дополнительный выигрыш к скорости перевозок около 5 % по сравнению с разрозненным управлением. Интеграция также означает совместимость информационных систем: единая платформа данных, собирающая сведения от GPS-навигации подвижного состава, датчиков дорожного движения, систем оплаты проезда и даже от самих пассажиров (через мобильные устройства), обеспечивает более полное ситуационное отображение (situational awareness) для операторов [3]. Это, в свою очередь, позволяет применять алгоритмы оптимизации и управления на более богатой и актуальной информации. Практическим примером интеграции является создание цифровых двойников транспортной системы – виртуальных моделей города, обновляемых данными во времени с земли. Такие модели используются для прогнозирования последствий различных событий (ДТП, перекрытие улиц, наплыв пассажиров при массовых мероприятиях) и быстрого подбора оптимальных ответных мер.

В совокупности полученные результаты подтверждают, что использование технических и цифровых решений – от системного моделирования до интеллектуальных систем управления – ведет к значимому повышению эффективности городской пассажирской транспортной системы. Логистический подход, рассматривающий перевозку пассажиров как управление потоком с координацией ресурсов, в сочетании с достижениями цифровой эпохи дает синергетический эффект, выражающийся в более высокой производительности и устойчивости транспортной системы.

*Список источников*

1. Назарова В. Х., Арифджанова Н. З., Кенжаева Б. О. Современные инструменты моделирования развития общественного городского транспорта в мегаполисе // Universum: технические науки. 2023. Вып. 10 (115). URL: URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16135 (дата обращения: 12.04.2025).

2. Кирьянов А. Л. Разработка моделей и методов управления городскими пассажирскими перевозками на основе логистического подхода : дис. … канд. экон. наук / Александр Львович Кирьянов. СПб., 2006. 120 с.

3. Zulkarnain Z., Tsarina D. P. Intelligent transportation systems (ITS): A systematic review using a Natural Language Processing (NLP) approach // Heliyon. 2021. № 7 (12). P. 1–23.

4. Development of the logistics system of urban public passenger transport / I. Ulitskaya, J. Vasilyeva, E. Telushkina, S. Glagoleva // Transportation Research Procedia. 2022. Vol. 63. P. 2857–2865.

5. Arbex R. O., Cunha C. B. da Efficient transit network design and frequencies setting multi-objective optimization by alternating objective genetic algorithm. Transportation Research Part B. 2015. Vol. 81. P. 355–376.

6. Mobility as a Service (MaaS): A critical review of definitions, assessments, and challenges / P. Jittrapirom, V. Marchau, R. van der Heijden, E. Meijers // Urban Planning. 2017. Vol. 2. P. 13–25.

*References*

1. Nazarova V. Kh., Arifdzhanova N. Z., Kenzhaeva B. O. Modern tools for modeling the development of public urban transport in a megalopolis // Universum: technical sciences. 2023. Iss. 10 (115). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16135 (date of accessed: 12.04.2025).

2. Kiryanov A. L. Development of models and methods for managing urban passenger transportation based on the logistic approach : dis. … of the Candidate of Economic Sciences / Alexander Lvovich Kiryanov. St. Petersburg, 2005. 120 p.

3. Zulkarnain Z., Tsarina D. P. Intelligent transportation systems (ITS): A systematic review using a Natural Language Processing (NLP) approach // Heliyon. № 7 (12). P. 1–23.

4. Development of the logistics system of urban public passenger transport / I. Ulitskaya, Yu. Vasilyeva, E. Telushkina, S. Glagoleva // Transportation Research Procedia. 2022. Vol. 63. P. 2857–2865.

5. Arbex R. O., Cunha C. B. da Efficient transit network design and frequencies setting multi-objective optimization by alternating objective genetic algorithm. Transportation Research Part B. 2015. Vol. 81. P. 355–376.

6. Mobility as a Service (MaaS): A critical review of definitions, assessments, and challenges / P. Jittrapirom, V. Marchau, R. van der Heijden, E. Meijers // Urban Planning. 2017. Vol. 2. P. 13–25.

Научная статья
УДК 674.052

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ ОБЖИМА ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ОПЕРАЦИИ ТОРЦОВОГО ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

**Ольга Анатольевна Рублева[1], Ярослав Дмитриевич Ведерников[2], Елизавета Сергеевна Васильева[3]**
[1–3] Вятский государственный университет, Киров, Россия
[1] rubleva@vyatsu.ru
[2] vedernikov@vyatsu.ru
[3] usr23573@vyatsu.ru

***Аннотация.*** Установлены зависимости для определения усилия обжима заготовки при торцовом прессовании древесины. Экспериментально подтверждена необходимость применения обжимной оснастки для двустороннего формирования шипов. Полученные результаты будут использованы для расчета узлов оснастки.

***Ключевые слова:*** торцовое прессование, древесина, ресурсосбережение, прессование, усилие обжима

***Для цитирования:*** Рублева О. А., Ведерников Я. Д., Васильева Е. С. Определение усилия обжима заготовки для операции торцового прессования древесины // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 323–328.

Original article

# DETERMINATION OF THE WORKPIECE CLAMPING FORCE FOR WOOD END FACE PRESSING OPERATION

**Olga A. Rubleva[1], Yaroslav D. Vedernikov[2], Elizaveta S. Vasilyeva[3]**
[1, 2, 3] Vyatka State University, Kirov, Russia
[1] rubleva@vyatsu.ru
[2] vedernikov@vyatsu.ru
[3] usr23573@vyatsu.ru

***Abstract.*** Dependences for determining the workpiece clamping force during end face pressing of wood have been established. The necessity of using clamping

© Рублева О. А., Ведерников Я. Д., Васильева Е. С., 2026

tooling for double-sided tenon forming has been experimentally confirmed. The obtained results will be used for calculating tooling components.

***Keywords:*** end face pressing, wood, resource conservation, pressing, clamping force

***For citation:*** Rubleva O. A., Vedernikov Ya. D., Vasilyeva E. S. (2026) Opredelenie usiliya obzhima zagotovki dlya operacii torczovogo pressovaniya drevesiny` [Determination of the workpiece clamping force for wood end face pressing operation]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 323–328. (In Russ).

Повышение эффективности производства лесоперерабатывающих предприятий напрямую связано с углублением переработки древесины и вовлечением в производство низколиквидных отходов, таких как коротко-мерные отрезки. Одним из перспективных направлений утилизации такого сырья является сращивание заготовок по длине на шипы для получения качественных крупномерных изделий. Традиционно для формирования торцовых шипов применяется метод фрезерования. Однако альтернативой ему выступает инновационный способ – местное торцовое прессование, позволяющее создавать шипы за счет пластической деформации древесины без образования стружки [1]. Данный метод обладает значительным ресурсосберегающим потенциалом, но его внедрение требует решения ряда технологических задач, одной из которых является создание штампового устройства.

Целью работы является определение необходимой величины обжима заготовки, которая не позволит прижимному устройству разрушить заготовку и вместе с тем позволит избежать пластического деформирования противоположной стороны заготовки.

*Задачи исследования:*

1) практически определить усилие, необходимое для прессования шипов без обжимной оснастки;

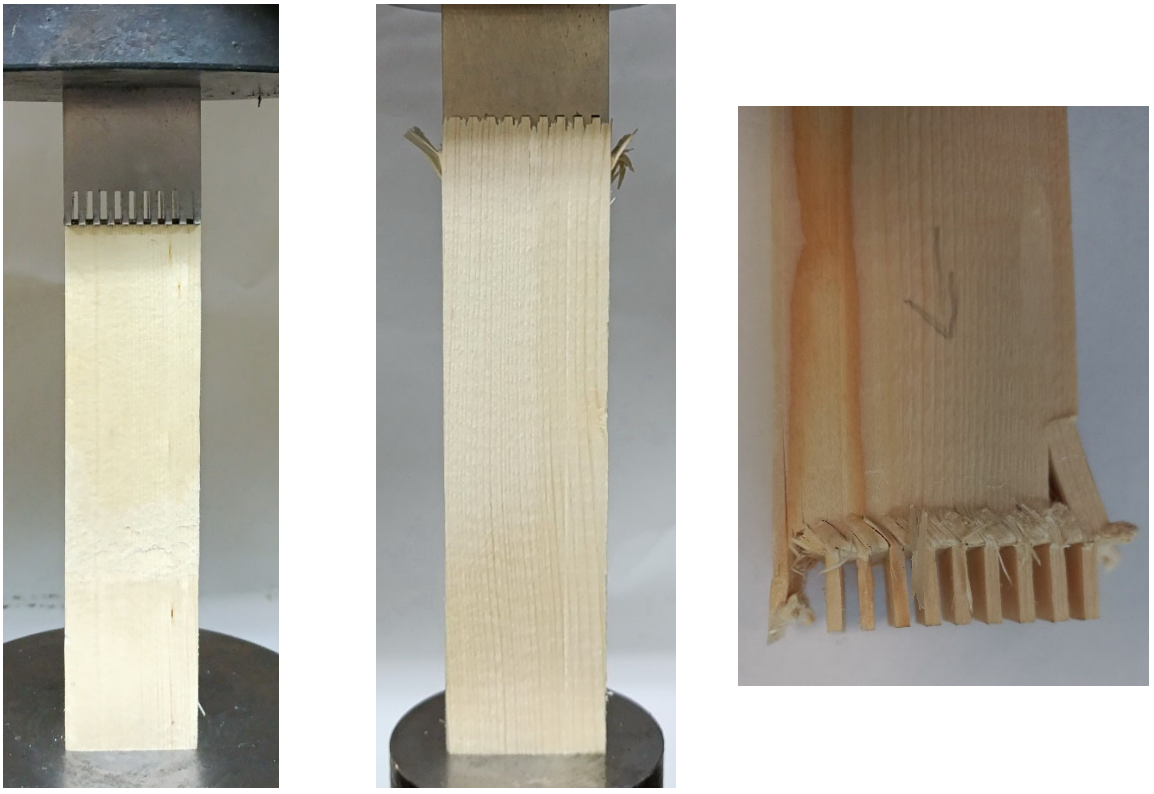
2) практически проверить возможность прессования шипов с двух сторон заготовки без обжимной оснастки;

3) составить схему сил, возникающих в обжимной матрице приспособления;

4) определить усилие обжима, компенсирующее осевую нагрузку.

Для практического определения усилия прессования был проведен ряд опытов с заготовками из древесины сосны влажностью 8 %. Размеры заготовок составили 20×40×160 мм. Параметры рабочей части пуансона: толщина шипов – 2,2 мм, ширина проушин – 2 мм, высота шипов – 10 мм, точность изготовления всех элементов – по 10 квалитету. Прессование

шипов осуществлялось на гидравлическом прессе П6324 без применения обжимной оснастки. Результаты опытов показали возможность прессования шипов без применения оснастки с одной стороны заготовки (рис. 1). Среднее усилие прессования составило 13000 Н.



*а)* *б)* *в)*

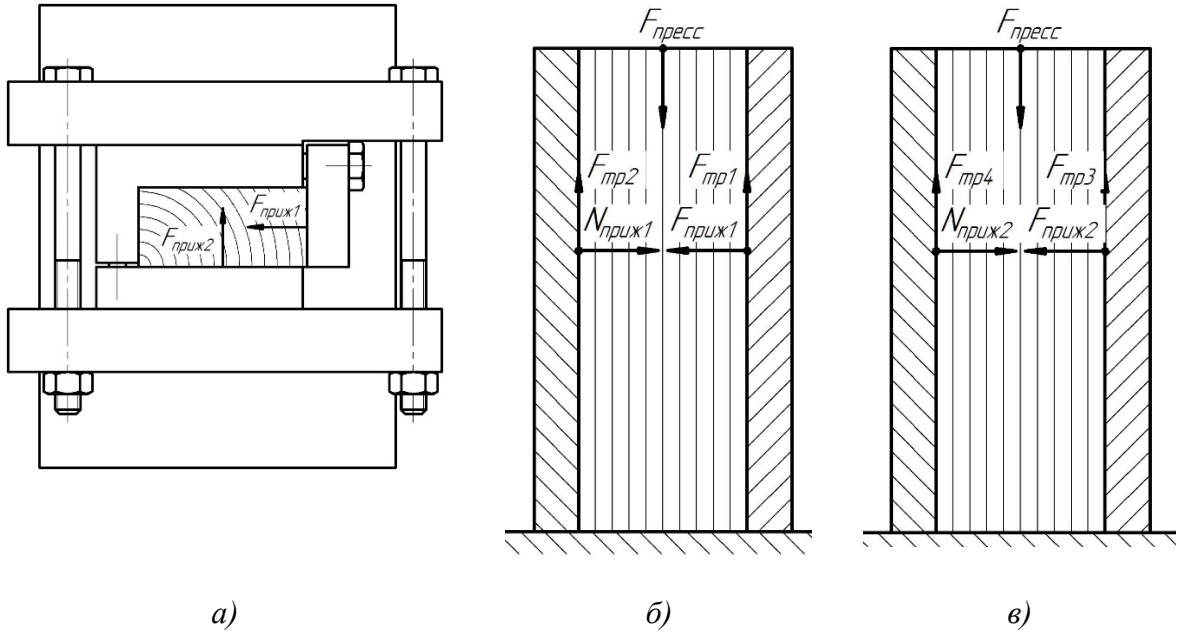
Рис. 1. Прессование шипов без обжимной оснастки:
*а)* начало процесса; *б)* конец процесса; *в)* излом шипов

Также в процессе выполнения опытов была проверена гипотеза о возможности прессования шипов с двух сторон. Гипотеза была опровергнута: из-за отсутствия боковой поддержки или обжима заготовки в процессе прессования происходит перекос заготовки, в результате чего усилие прессования передается на нижние шипы неравномерно и происходит их перекос и излом.

Для анализа силового взаимодействия была разработана расчетная схема сил. В основу модели обжимного устройства положена конструкция обжимной матрицы, представленная в исследовании [2].

На рис. 2, *а* показаны силы обжима заготовки: $F_{\text{приж1}}$ – сила обжима заготовки правой прижимной планкой; $F_{\text{приж2}}$ – сила обжима заготовки передней прижимной планкой. На рис. 2, *б* показано распределение сил для правой прижимной планки: $F_{\text{пресс}}$ – усилие прессования; $N_{\text{приж1}}$ – сила реакции опоры от действия $F_{\text{приж1}}$, $N_{\text{приж1}} = F_{\text{приж1}}$; $F_{\text{тр1}}$ – сила трения между

заготовкой и правой прижимной планкой, $F_{тр2}$ – сила трения между заготовкой и левой базирующей плоскостью матрицы, $F_{тр1} = F_{тр2}$. Распределение сил для передней прижимной планки аналогично (рис. 2, *в*).




*а)* *б)* *в)*

Рис. 2. Распределение сил при прессовании шипов в обжимном устройстве:
*а* – обжимная матрица (вид сверху) [2]; *б* – схема сил для правой прижимной планки;
*в* – схема сил для передней прижимной планки;

Анализируя схемы распределения сил (см. рис. 2), получаем следующее уравнение равновесия:

$$F_{пресс} = F_{тр1} + F_{тр2} + F_{тр3} + F_{тр4}. \quad (1)$$

Для создания условий равномерного обжатия заготовки зададим равенство усилий обжима

$$F_{приж1} = F_{приж2}. \quad (2)$$

Тогда с учетом равенства всех сил трения

$$F_{пресс} = 4F_{тр}, \quad (3)$$

принимая во внимание, что

$$F_{тр} = fF_{приж}, \quad (4)$$

где $f$ – коэффициент трения, получаем формулу для нахождения усилия прижима каждой прижимной планки

$$F_{\text{приж}} = F_{\text{пресс}}/4f. \quad (5)$$

Принимаем значения $F_{\text{пресс}}$ = 13000 Н, а коэффициента трения древесины по металлу $f$ = 0,4 [3, с. 35], получаем

$$F_{\text{приж}} = 8125 \text{ Н}.$$

Площади боковых граней заготовки составили, соответственно: правой $S_1$ = 3200мм$^2$ и передней $S_2$ = 6400мм$^2$, тогда давление на боковые грани, определенное по формуле

$$P = F/S, \quad (6)$$

будет равно $S_1$ = 2,54 Мпа; $S_2$ =1,27 Мпа.

Сравнивая полученные значения давления с величиной расчетного сопротивления сжатию и смятию по всей площади поперек волокон $R^{\text{A}}$ = 2,7 МПа из СНиП II-25-80 [4], можно сделать вывод, что усилие прижима $F_{\text{приж}}$ = 8125 Н не приведет к повреждению древесины заготовки.

*Выводы*

В работе опытным путем определено усилие, необходимое для прессования прямоугольных шипов в торце заготовки без обжимной оснастки. Опровергнута возможность получения шипов с двух сторон заготовки без применения обжимной оснастки. Определена величина необходимого обжима заготовки, компенсирующего осевую нагрузку и позволяющего формировать шипы с двух сторон заготовки. Данные расчеты необходимо использовать при проектировании элементов обжимной матрицы, в частности для расчетов параметров прижимных винтов.

*Список источников*

1. Рублева О. А. Формирование шиповых соединений деталей из древесины на основе технологии торцового прессования : дис. … д-ра техн. наук / Ольга Анатольевна Рублева. Екатеринбург, 2020. 346 с.

2. Ведерников Я. Д., Рублева О. А., Васильева Е. С. Обоснование конструктивных особенностей устройства для пластического деформирования древесины // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века : материалы XIX Международного евразийского симпозиума (Екатеринбург, 18–20 сентября 2024 г.). Екатеринбург : УГЛТУ, 2024. С. 43–48.

3. Глебов И. Т. Физика древесины. Екатеринбург : УГЛТУ, 2018. 80 с.

4. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. М. : Минстрой России, 2017. 100 с.

*References*

1. Rubleva O. A. The formation of tenon joints of wood parts based on the technology of cross-face pressing : dis. … of Doctor of Technical Sciences / Olga Anatolyevna Rubleva. Ekaterinburg, 2020. 346 p.

2. Vedernikov Ya. D., Rubleva O. A., Vasilyeva E. S. Justification of the Design Features of a Device for Plastic Deformation of Wood // Woodworking: Technologies, Equipment, Management of the 21st Century : materials of the XIX International Eurasian Symposium (Ekaterinburg, September 18–20, 2024). Ekaterinburg : USFEU, 2024. P. 43–48.

3. Glebov I. T. Wood Physics : textbook for students of forestry universities. Ekaterinburg : USFEU, 2018. 80 p.

4. SR 64.13330.2017. Wood constructions. Updated version of CNR (SNiP) II-25-80. M : Ministry of Construction of Russia, 2017. 100 p.

Научная статья
УДК 630.52:587/588

# ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ RFID

**Сергей Петрович Санников**
Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия
sannikovsp@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В работе рассмотрены применения при маркировке лесоматериалов RFID-метками, для этого проведены исследования технологии маркировки. Сделан анализ существующих маркировок, используемых в системе учета древесины ЕГАИС-лес. Рассмотрены принципы работы и недостатки по применению различных конструкций маркировки. Показана иллюстрация структурных схем RFID-меток.

***Ключевые слова:*** технологии RFID, метки, проблема, лесоматериал

***Для цитирования:*** Санников С. П. Инженерные проблемы применения технологии RFID // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 329−337.

Original article

# ENGINEERING PROBLEMS OF RFID TECHNOLOGY APPLICATION

**Sergey P. Sannikov**
Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
sannikovsp@m.usfeu.ru

***Abstract.*** The article considers applications for marking timber with RFID tags, and conducts research into the marking technology. An analysis of the existing markings used in the USAIS-forest wood accounting system is provided. The principles of operation and disadvantages of using various marking designs are considered. An illustration of the structural schemes of RFID tags is shown.

***Keywords:*** RFID technologies, tags, problem, forest product

© Санников С. П., 2026

***For citation:*** Sannikov S. P. (2026) Inzhenerny`e problemy` primeneniya texnologii RFID [Engineering problems of RFID technology application]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 329–337. (In Russ).

Для автоматизации учета, логистики лесоматериалы требуется маркировать или прикрепить датчики. Датчики могут быть активными или пассивными в зависимости от поставленной задачи. Метки или датчики являются основой информационного обеспечения для системы управления лесозаготовкой и другими хозяйствующими подразделениями в лесу.

Созданная в 2016 г. система учета древесины ЕГАИС Лес предназначена для управления лесным хозяйством в государственном масштабе [1]. Данная система нуждается в первичной информации, которая формируется вводом соответствующей информации с клавиатуры компьютера для дальнейшей автоматизированной обработки ее. Такая система является не гибкой, медленно работающей, иногда информация опаздывает в базе данных ЕГАИС Лес [1].

Для решения инженерных и программно-аппаратных проблем можно использовать автоматизацию формирования первичной информации. Для этого в работе представили основную **цель**, которая предназначена для исследования и анализа существующих проблем инженерного характера, а также в сочетании с технологией интеллектуального автоматизированного управления (ИАУ). С этой **целью** в работе сформулированы следующие **задачи**:

1) проанализировать носители информации для маркировки древостоев в лесу;

2) выполнить обоснование использования технологий RFID;

3) показать тенденции развития технологий RFID в лесозаготовительных работах и транспортировки лесоматериалов.

В работе использованы методы определения технологии параметров RFID устройств, изучения материалов носителей информации и возможности использования в лесной отрасли, логистики и производстве лесоматериалов. Для этого использовали материалы, опубликованные в открытой печати методом системного *анализа сравнения* и выявления приемлемых параметров криптоустройств, включая и RFID устройства.

Маркировку продукции лесозаготовок (лесоматериалы) производят на спиленном и разделенного на сортименты дереве. Метки используют разнообразные, которые существуют в настоящее время в промышленности и торговле. По требованию ЕГАИС продукция маркируется оптическими метками, как правило, линейным штрих-кодом и Q-кодом (рис. 1). На рис. 1

представлены однолинейные и двумерные штрих-коды, которые поддерживаются в системе ЕГАИС Лес, точнее, используемая в 1С программный продукт [2, 3].

Считывающие устройства для однолинейных штрих-кодов используют лазерный сканер, луч которого перемещается линейно на определенный угол, чем ограничено расстояние между объектом и сканером. Для двумерных штрих-кодов используют считывающее устройство на основе фотоматрицы. Считыватели с фотоматрицей способны сканировать (распознавать) однолинейные штрих-коды, поэтому их применяют чаще. Считыватели с фотоматрицей сконструированы с использованием матричных приборов с зарядовой связью, линейные лазерные считыватели в качестве чувствительного элемента используют фотодиод, фототранзистор или линейный прибор с зарядовой связью.

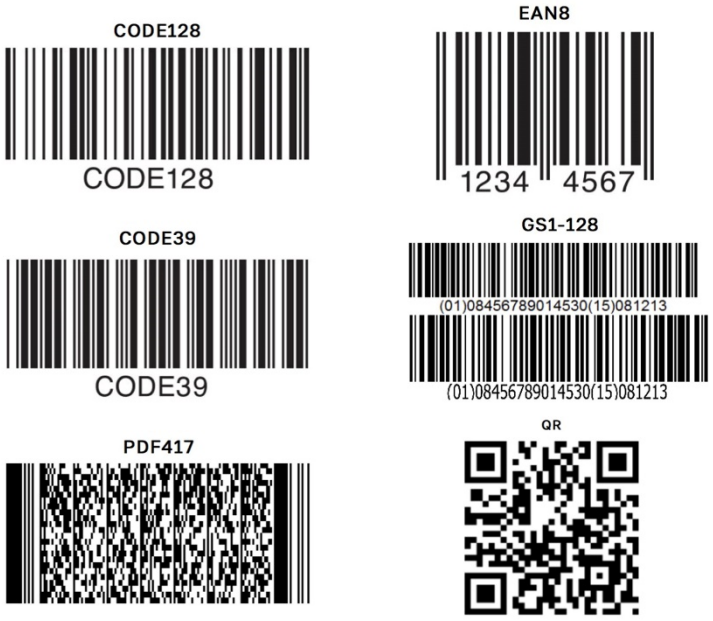



Рис. 1. Типы оптических кодов, поддерживаемые 1С ЕГАИС Лес [2, 3]

Недостатком оптической маркировки является малое расстояние между объектом и считывателем. Незначительно увеличить расстояние можно, если изменить конструкцию считывателя, например, применив оптические линзы, объективы. Но здесь возникает другой недостаток конструкции – это самонаведения резкости изображения, т. е. автоматическое изменение фокусного расстояния, применения изменяющихся диафрагм, в противном случае посторонняя информация будет вокруг штрих-кода попадать в объектив считывателя.

Проблему с расстоянием до считывателя можно решить при использовании акустомагнитных (магнитострикционных) меток, конструкция которой показана на рис. 2. Метка изготовлена в виде бирки, которая

крепится на поверхность продукции, например, на сортимент (на торец сортимента).

Выпускаются метки в различных пластиковых корпусах бирки. Для гладкой поверхности, например, на строганный пиломатериал, – бирка с самоклеящим слоем. Для шершавой поверхности, например, лесоматериал, сортимент, бревна, бирка имеет специальное крепление в виде отверстия под пластиковый шуруп.

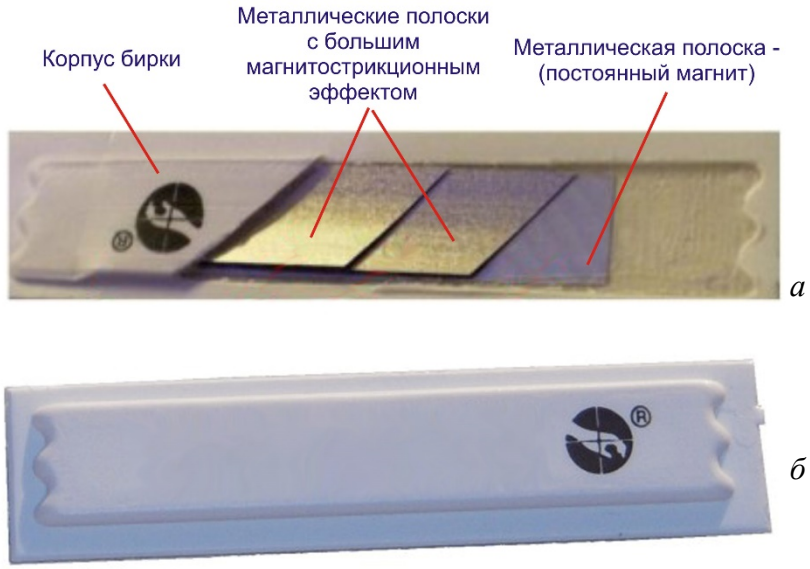



Рис. 2. Конструкция акустомагнитной (магнитострикционной) метки:
*а* – вид в разрезе; *б* – вид общий

Принцип работы акустомагнитой метки заключается в следующем: для возбуждения колебаний в магнитострикционных пластинах, находящихся внутри корпуса бирки, необходима катушка с мощным генератором высокочастотных колебаний 58 кГц. Переменное магнитное поле в катушке генерируется длительностью 2 мс с паузой между импульсами 20 мс.

Магнитное поле, проникая в корпус бирки, заставляет возбуждаться пластины на резонансной частоте (у каждой пластины своя собственная частота резонанса), которые в паузы точнее совершают затухающие колебания. Для считывания затухающих колебаний требуется приемная катушка, настроенная на частоту 58 кГц, и усилитель сигнала. Сигнал передается в контроллер, который расшифровывает спектр колебаний, дешифрирует полученный код.

Величина ослабления сигнала зависит от расстояния между катушками генератора и приемника. Так, при токе $I = 1$ А в катушке генератора на расстоянии от нее $a = 0{,}01$ м напряженность будет $H = 10$ А/м, а на катушке приемника на расстоянии 1 м наводимая напряженность магнитного поля составляла $H = 0{,}3$ А/м. В катушке приемника повалялся ток около

$I \approx 0{,}2$ мА, которого вполне хватает для нормальной работы усилителя приемника.

Анализ радиочастотных меток оказался наиболее приемлемым для маркировки лесоматериалов и продукции деревообработки (доски и пр.). Преимуществом является дальность считывания, величина которой колеблется от нескольких миллиметров (например, 20 мм) до 200 м и более (до 3 км). Такой разброс расстояний работы RFID-меток зависит от применения частот. Параметры распространенных RFID-меток представлены в таблице [4].

Характеристики и типы RFID-меток [4]

| Тип метки | Частоты | Стандарты | Особенности |
|---|---|---|---|
| LF (Low Frequency) (низкая частота) | 125 кГц, 134,2 кГц | ISO 11784/11785, ISO 14223 | Не подвержены влиянию металла и воды. (Пассивные) |
| HF (High Frequency) (высокая частота) | 13,56 МГц | ISO 14443, ISO 15693, ISO 18092 | Среднее проникновение через материалы. (Пассивные и активные) |
| UHF (Ultra High Frequency) (ультравысокая частота) | 866…868 МГц (Россия/Европа), 902…928 МГц (США) | EPC Gen2, ISO 18000-6C | Максимальная дальность, подвержены влиянию металла. (Пассивные и активные) |
| | 2412…2472 МГц (Россия/Европа) | ISO 18000 Международный диапазон ISM (Industrial, Scientific, Medical) | Собственное питание, дальность до 300 м. (Активные метки) |
| SHF (Super High Frequency) (сверхвысокая частота) | 5925…6425 МГц 6425…7125 МГц (Россия) | ISO 18000 | Технология ПАВ (поверхностно активные волны). (Активные метки) |
| Активные метки (Россия) | 433,92 МГц | Проприетарные протоколы | Собственное питание, дальность до 3 км |

Частоты 125…134,2 кГц работают на ближнем расстоянии, т. к. связь между меткой и считывателем осуществляется магнитным полем. На частоте 13,56 МГц связь между меткой и считывателем наблюдается электромагнитная (ЭМВ), что увеличивает расстояние получения информации с RFID-метки. На этих двух диапазонах используются пассивные RFID-метки, т. е. без использования источника электропитания. Активные метки с частотой 13,56 МГц практически не используются по причине увеличения габаритов антенны (22,109 м). Даже четвертая часть длины несущей волны $\lambda = 22{,}109$ м составит $\lambda = 5{,}53$ м, поэтому активные RFID-метки на частоте 13,56 МГц исключительно редко (в специальных устройствах).

Существенное увеличение расстояния связи с RFID-меткой достигается на ультравысоких и сверхвысоких частотах (433 МГц, 866…868 МГц, 2412…2472 МГц и 5,0…6,0 ГГц) с автономным источником электропитания [5]. Конструкции RFID-меток представлены на рис. 3.

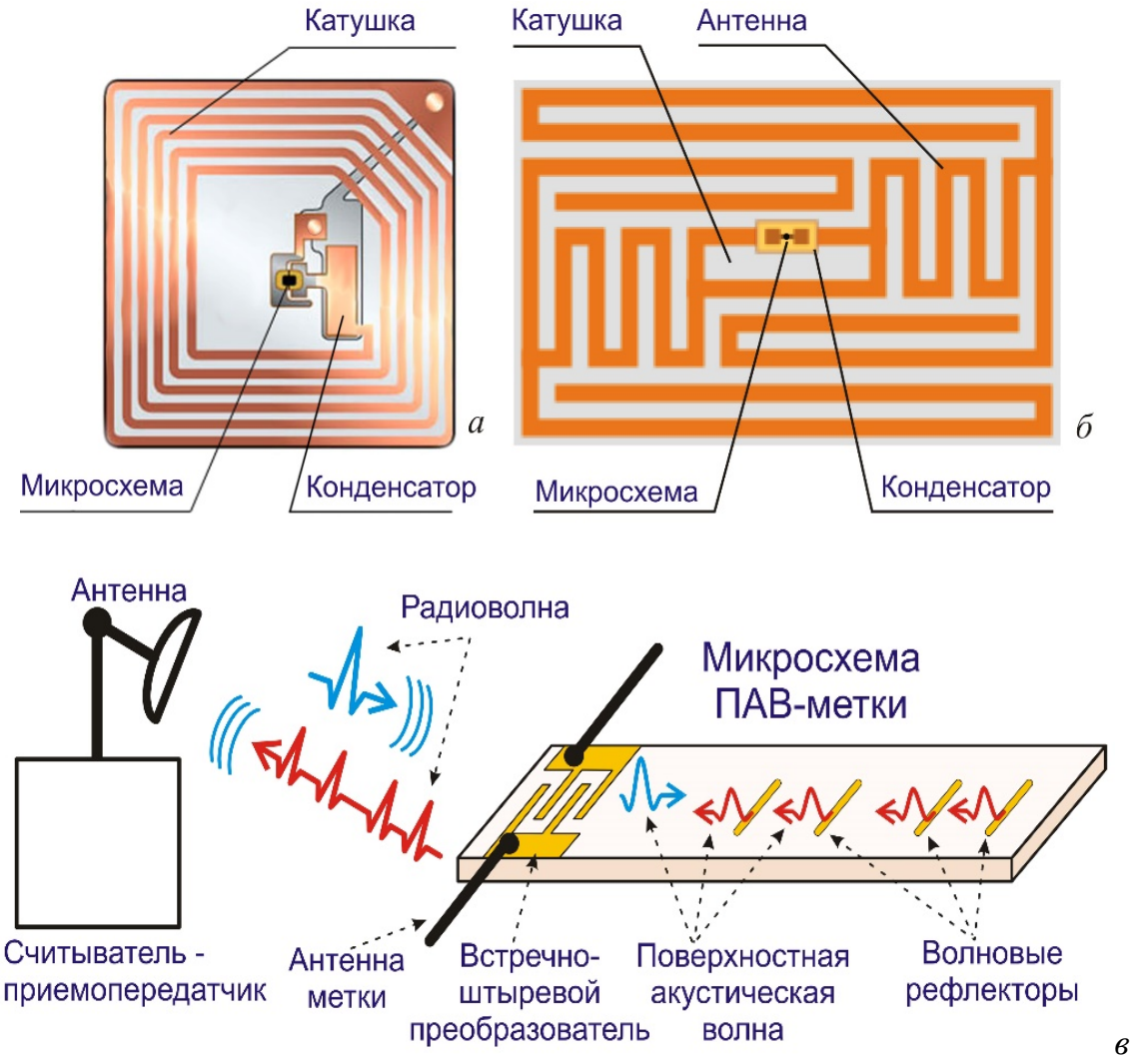



Рис. 3. Конструкции RFID-меток: *а* – с индукционной связью;
*б* – связь электрического поля (радиочастотная связь);
*в* – связь на SHF диапазоне (ПАВ-метки)

Принцип работы RFID-меток показан на рис. 4, которые отличаются по способу электропитания. Электропитание у пассивных RFID-меток (рис. 4, *а*) осуществляется наведением магнитного поля в индуктивной антенне на несущей частоте (125…134,2 кГц; 13,56 МГц).

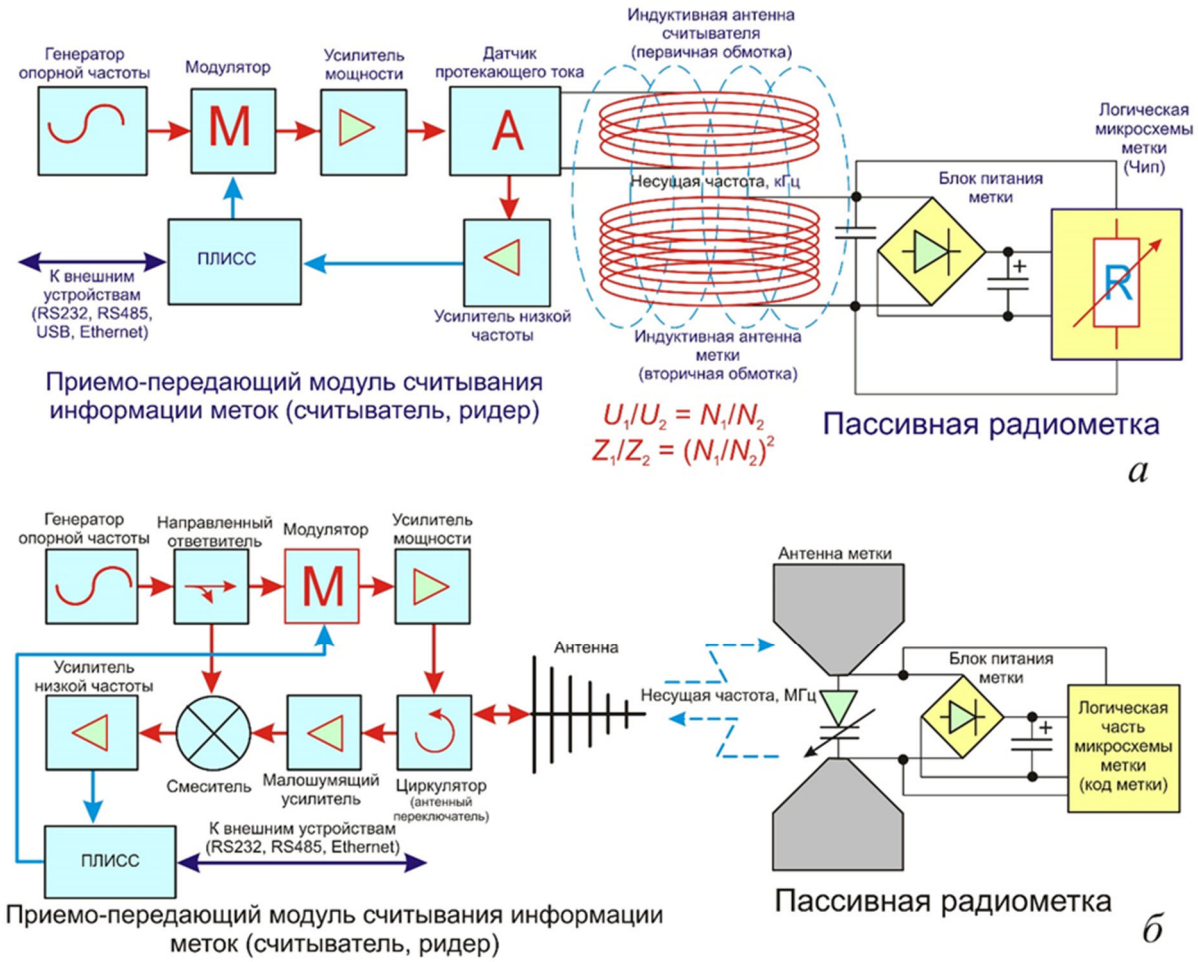



Рис. 4. Структурные схемы технологии RFID: *а* – с индукционной связью; *б* – связь электрического поля (радиочастотная связь)

Величина электрической энергии, вырабатываемой в приемной катушке RFID-метки с учетом реактивного сопротивления (Z1, Z2), получается из соотношения

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2},$$

где $U_1$, $U_2$ – напряжение наводимое и наведенное;

$N_1$, $N_2$ – количество витков считывателя и RFID-метки.

В процессе наведенной энергии в RFID-метке встроенный чип срабатывает и выдает пакет импульсов со своим индивидуальным номером, который дешифруется считывателем.

На рис. 4, *б* показана структурная схема для опроса RFID-метки на высоких, ультравысоких и сверхвысоких частотах, которая может работать в пассивном и активном режимах. При пассивной работе RFID-метки связь осуществляется наведенной энергией электрического поля

в антенне RFID-метки. Встроенный в метку чип срабатывает и выдает в антенну пакет импульсов со своим индивидуальным номером, который принимается считывателем. Если RFID-метка активная (с источником автономного электропитания, на схеме условно не показано), несущая частота от считывателя пробуждает RFID-метку, чип активируется и выдает пакет данных с индивидуальным номером.

В работе сделан анализ устройств и меток для маркировки продукции деревообработки и лесоматериалов в соответствии с поставленной целью. Выполнено обоснование использования технологий RFID в преимуществе с оптическими и акустомагнитными метками. Сделан анализ носителей информации для маркировки древостоев в лесу для ЕГАИС Лес. Показаны тенденции развития технологий RFID (см. рис. 3), основанных на ПАВ-метках, что выгодно скажется в лесозаготовительных работах и транспортировке лесоматериалов, т. к. длина волны составит 50…60 мм.

*Список источников*

1. Единая государственная автоматизированная информационная система учета древесины и сделок с ней. ЕГАИС учета древесины. Руководство пользователя. 2017. 84 с.

2. ГОСТ ISO 15394–2013. Упаковка. Линейные символы штрихового кода и двумерные символы на этикетках для отгрузки, транспортирования и приемки. Общие требования. Классификация : межгосударственный стандарт. Введен 01.01.20214. М. : Стандартинформ, 2014. 58 с.

3. ГОСТ ISO/IEC 15420–2010. Автоматическая идентификация. Кодирование штриховое. Спецификация символики штрихового кода EAN/UPC. Классификация : межгосударственный стандарт. Введен 01.01.2011. М. : Стандартинформ, 2011. 45 с.

4. Таблица RFID-меток: частоты, дальность, стоимость и применение 2025 // INNER : [сайт]. URL: https://inner.su/articles/tablitsa-rfid-metok-chastoty-dalnost-stoimost-i-primenenie-2025/ (дата обращения: 10.09.2025).

5. ГОСТ ISO/IEC 29160–2014. Информационные технологии. Идентификация радиочастотная для управления предметами. Эмблема радиочастотной идентификации. Классификация : межгосударственный стандарт. Введен 01.09.2015. М. : Стандартинформ, 2015. 31 с.

*References*

1. Unified state automated information system for wood accounting and transactions with it. Unified State Register of wood Accounting User's Guide. 2017. 84 c.

2. GOST ISO 15394–2013. Packing. Linear barcode symbols and two-dimensional symbols on labels for shipment, transportation and acceptance. General

requirements. Classification : Interstate Standard. Introduced on 01.01.2014. M. : Standartinform, 2014. 58 p.

3. GOST ISO/IEC 15420–2010. Automatic identification. Barcoding. Specification of the EAN/UPC barcode symbols. Classification : Interstate Standard. Introduced on 01.01.2011. M. : Standartinform, 2011. 45 p.

4. Table of RFID tags: frequencies, range, cost and application 2025 // INNER : [website]. URL: https://inner.su/articles/tablitsa-rfid-metok-chastoty-dalnost-stoimost-i-primenenie-2025/ (date of accessed: 10.09.2025).

5. GOST ISO/IEC 29160–2014. Information technology. Radio frequency identification for item management. The radio frequency identification emblem. Classification : Interstate Standard. Introduced on 01.09.2015. M. : Standartinform, 2015. 31 p.

Научная статья
УДК 004.94:004.8

# АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛЕСНОМ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Вадим Витальевич Силецкий[1], Сергей Витальевич Белов[2]**
[1, 2] Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
[1] lol.spairo@yandex.ru
[2] sergey454519@mail.ru

***Аннотация.*** В статье рассматриваются современные подходы к использованию беспилотных летательных аппаратов, интегрированных с элементами искусственного интеллекта, при строительстве линейных инженерных сооружений. Анализируется роль дронов в изысканиях, геодезии, мониторинге и контроле качества. Особое внимание уделено перспективам использования технологий машинного обучения для автоматизации сбора и анализа данных.

***Ключевые слова:*** беспилотные летательные аппараты, цифровизация строительства, лесные дороги, искусственный интеллект

***Для цитирования:*** Силецкий В. В., Белов С. В. Анализ применения беспилотных летательных аппаратов с элементами искусственного интеллекта в лесном дорожном строительстве // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 338−343.

Original article

# ANALYSIS OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE ELEMENTS IN FOREST ROAD CONSTRUCTION

**Vadim V. Siletskiy[1], Sergey V. Belov[2]**
[1, 2] Saint Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov, Saint Petersburg, Russia
[1] lol.spairo@yandex.ru
[2] sergey454519@mail.ru

© Силецкий В. В., Белов С. В., 2026

***Abstract.*** The article discusses modern approaches to the use of unmanned aerial vehicles integrated with elements of artificial intelligence in the construction of linear engineering structures. The role of drones in surveying, geodesy, monitoring, and quality control is analyzed. Special attention is paid to the prospects of using machine learning technologies to automate data collection and analysis.

***Keywords:*** unmanned aerial vehicles, digitalization of construction, forest roads, artificial intelligence

***For citation:*** Siletskiy V. V., Belov S. V. (2026) Analiz primeneniya bespilotny`x letatel`ny`x apparatov s e`lementami iskusstvennogo intellekta v lesnom dorozhnom stroitel`stve [Analysis of the use of unmanned aerial vehicles with artificial intelligence elements in forest road construction] // Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025 P. 338–343. (In Russ).

В современных условиях развития лесной дорожной строительной отрасли особую актуальность приобретает внедрение инновационных технологий, направленных на повышение эффективности, безопасности и качества строительных работ. Одним из перспективных направлений цифровизации строительной индустрии является применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), интегрированных с системами искусственного интеллекта.

*Цель* – систематизация и сравнительный анализ областей применения беспилотных летательных аппаратов, оснащенных элементами искусственного интеллекта, для повышения эффективности строительства и мониторинга лесных дорог.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

– провести системный анализ современных направлений применения БПЛА в строительстве линейных объектов;

– классифицировать и оценить основные виды аэрофотосъемочных работ применительно к задачам лесного дорожного строительства;

– исследовать потенциал интеграции искусственного интеллекта в системы управления БПЛА и обработки данных;

– сформулировать перспективы развития технологий БПЛА с ИИ для цифровизации отрасли.

Активное внедрение беспилотных летательных аппаратов в строительной отрасли началось в 2010 г. На тот момент дроны использовались для аэрофотосъемки строительных площадок, видеодокументирования хода строительства, создания простых визуальных отчетов. Функционал

повышался с течением времени; так, например, расширение функционала происходило за счет установки более совершенных камер, интеграции GPS-навигации, внедрения систем стабилизации полета и увеличения времени автономной работы.

В настоящий период ученные интегрируют ИИ в беспилотные летательные аппараты в таких областях, как инженерные изыскания, предпроектная подготовка и сбор данных, контроль качества работ, создание 3D-моделей объектов, контроль строительства, инвентаризация строительных материалов, проверка на соответствие проекту, создание исполнительной документации. В итоге появились такие технологические достижения, как внедрение LIDAR-сканирования, автоматизация полетных миссий, возможность съемки больших территорий и т. д.

В рамках исследуемой темы опубликован ряд научных статей [1–3], где поднимаются вопросы использования БПЛА в строительстве и мониторинге линейных инженерных сооружений. В рассмотренных статьях представлены общие рекомендации по использованию дронов в строительстве. Авторы уделяют особое внимание аэрофотосъемке, воздушному лазерному сканированию и тепловизионной съемке. Проанализировав опубликованные статьи, можно предположить, что сфера строительства получила мощный импульс благодаря внедрению беспилотных технологий. Согласно данным авторов, применение современных датчиков и камер позволило повысить как точность измерений, так и скорость получения данных по сравнению с традиционными методами.

Геодезическое обеспечение является неотъемлемым компонентом строительного процесса, позволяющим с требуемой точностью идентифицировать отклонения и дефекты. Так, например, геодезисты могут применять БПЛА для проведения аэрофотосъемки, чтобы контролировать процесс строительства или проводить некоторые изыскания. В соответствии с исследованиями [4, 5] базовые геодезические задачи могут выполняться с помощью аэрофотосъемки, исходными данными которых будут являться аэрофотоснимки в одном из принимаемых системой форматов, а также геодезические данные о местности и параметры съемочной камеры. Аэросъемка позволит полностью обеспечить исходной информацией процесс создания картографических и ГИС-материалов масштаба 1:500…1:5000. Широкий набор аэросъемочных услуг, в частности выполнение цветной, ближней инфракрасной, тепловизионной аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования, позволяет получать разнородные данные для комплексного анализа. Детальность материалов аэросъемки может колебаться от 30 до 3 см, что решает широкий круг задач без выезда геодезической бригады на местность. Наземная топографическая съемка в настоящий момент является наиболее часто используемым методом для получения высокоточной информации местности. Используя сети базовых станций ГНСС в режиме реального времени (RTK) или методом

тахеометрической съемки, геодезист может выполнить измерения сотен точек в день. Технология получения точной цифровой модели местности состоит из двух главных этапов – получения изображений и их обработки.

Проведенный анализ демонстрирует, что интеграция аэрофотосъемочных технологий в геодезические работы обеспечивает значительный прирост производительности на этапах получения и обработки информации относительно классических методик. Проведенные авторами исследования показали снижение временных затрат на выполнение топографических съемок, повышение эффективности работ в труднодоступных районах, а также улучшение качества создаваемых цифровых моделей. Наряду с преимуществами, применение аэрофотосъемки сопряжено с технико-экономическими ограничениями, такими как высокая стоимость оборудования, затраты на обучение персонала и техническое обслуживание. Также отмечается такое ограничение, как время полета и зависимость от метеоусловий.

Анализ научных источников [6–9] позволяет утверждать, что интеграция алгоритмов искусственного интеллекта в беспилотные летательные аппараты способна обеспечить значительный прирост эффективности съемочных процессов. Это достигается за счет увеличения метрической точности данных и сокращения продолжительности этапов полевых работ. Значимый потенциал от внедрения ИИ-систем в БПЛА заключается в реализации машинного обучения, позволяющий реализовать автоматизацию технологических процессов и оптимизировать выполнение ряда задач в различных условиях эксплуатации. На современном этапе развития технологий выделяются три основных направления: увеличение времени полета и возможность коррекции полетных заданий; автономное обнаружение и классификация препятствий; сквозная обработка данных с применением искусственного интеллекта. Внедрение ИИ-систем в лесную отрасль положительно скажется на операционной эффективности за счет оптимизации производственного цикла, метрической точности измерений за счет минимизации человеческого фактора и повышении безопасности во время производственных работ.

Однако использование рассматриваемых технологий в лесном дорожном строительстве сопровождается рядом технических и методологических ограничений. К наиболее значимым ограничениям следует отнести отсутствие актуализированных нейросетевых алгоритмов для условий лесной среды; ограниченное время работы при масштабных съемках; отсутствие стабильного сигнала, что приводит к снижению точности результатов.

Анализ исследований подтверждает эффективность применения беспилотных летательных аппаратов для решения ряда задач лесного дорожного строительства.

Одним из перспективных направлений является интеграция искусственного интеллекта в системы беспилотных летательных аппаратов.

Однако в рамках лесной отрасли реализация ИИ-систем сдерживается рядом факторов: недостаточной адаптацией алгоритмов машинного обучения к специфике лесного дорожного строительства; необходимость разработки ПО в системе «оператор – БПЛА»; отсутствие стандартов обработки данных.

*Список источников*

1. Мамедов М. И., Жернова А. В., Чудинов С. А. Разработка ортофотопланов автомобильных дорог с помощью беспилотных летательных аппаратов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции (Екатеринбург, 7–17 апреля 2025 г.). Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 764–769.

2. Бреус Н. Л., Токарев А. Е., Токарев А. А. Технологии беспилотного пилотирования при контроле строительства и эксплуатации линейных объектов капитального строительства // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14, № 3. С. 14.

3. Григоренко Н. И., Янчук Е. Е. Пример использования беспилотного летательного аппарата для диагностики состояния всех элементов автомобильной дороги и ее инфраструктуры // Транспортные системы: тенденции развития. 2016. С. 70–73.

4. Искусственный интеллект в BIM: повышение эффективности инженерных изысканий и проектирования объектов недвижимости / И. Э. Аленин, А. В. Дубровский, В. Н. Москвин, Л. А. Пластинин // Вестник СГУГиТ. 2025. Т. 30, № 3. С. 111–120.

5. Роль геодезического обеспечения при строительстве автомобильных дорог / В. Р. Гученко, А. А. Шалая, А. С. Сукманюк [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2024. № 2. С. 104–109.

6. Горохова С. С. Искусственный интеллект в контексте обеспечения национальной безопасности // Национальная безопасность. 2020. № 3. С. 15–31.

7. Матюха С. В. Искусственный интеллект в беспилотных авиационных системах // Транспортное дело России. 2022. № 1. С. 8–11.

8. Бояринов Е. Искусственный интеллект в беспилотных летательных аппаратах // Вестник науки. 2023. Т. 4, № 5 (62). С. 770–773.

9. Евтодьева М. Г., Целицкий С. В. Беспилотные летательные аппараты военного назначения: тенденции в сфере разработок и производства // Пути к миру и безопасности. 2019. № 2 (57). С. 104–111.

*References*

1. Mamedov M. I., Zhernova A. V., Chudinov S. A. (2025). Development of orthophotoplans of highways using unmanned aerial vehicles. In Scientific creativity of youth – for the forest complex of Russia : materials of the XXI All-Russian (National) Scientific and Technical Conference (Ekaterinburg, April 7–17, 2025). Ekaterinburg : USFEU. P. 764–769.

2. Breus N. L., Tokarev A. E., Tokarev, A. A. Unmanned piloting technologies in the control of construction and operation of linear capital construction projects // Eurasian Science Bulletin. Vol. 14, No. 3. P. 14.

3. Grigorenko N. I., Yanchuk E. E. Example of the use of an unmanned aerial vehicle for diagnosing the condition of all elements of a public highway and its infrastructure // Transport Systems: Development Trends. P. 70–73.

4. Artificial intelligence in BIM: Improving the efficiency of engineering surveys and real estate design / I. E. Alenin, A. V. Dubrovsky, V. N. Moskvin, L. A. Plastinin // Bulletin SSUGT. Vol. 30, No. 3. P. 111–120.

5. The role of geodetic support in road construction / V. R. Guchenko, A. A. Shalaya, A. S. Sukmanyuk [et al.] // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). 2024. No. 2. P. 104–109.

6. Gorokhova S. S. Artificial intelligence in the context of national security assurance // National Security / nota bene. 2020. No. 3. P. 15–31.

7. Matyukha S. V. Artificial intelligence in unmanned aerial systems // Transport Business of Russia. 2022. No. 1. P. 8–11.

8. Boyarinov E. Artificial intelligence in unmanned aerial vehicles. Bulletin of Science. 2023. Vol. 4, No. 5 (62). P. 770–773.

9. Evtodyeva M. G., Tselitsky S. V. Unmanned aerial vehicles for military purposes: trends in development and production // Ways to Peace and Security. 2019. No. 2 (57). P. 104–111.

Научная статья
УДК 674.049

# ПРИМЕНЕНИЕ КОНДУКТИВНОГО ОБУГЛИВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

**Наталья Александровна Тарбеева[1], Ольга Анатольевна Рублева[2]**
[1, 2] Вятский государственный университет, Киров, Россия
[1] nataly.ntar534@yandex.ru
[2] rubleva@vyatsu.ru

***Аннотация.*** Использование обжига для защитно-декоративной обработки древесины является причиной высокой пожарной опасности производства. В данной статье с технологической точки зрения обоснована эффективность замены обжига кондуктивным обугливанием. Установлено, что кондуктивное обугливание снижает энергоемкость систем вентиляции и риск возникновения пожаров, обеспечивает более высокое качество декорирования.

***Ключевые слова:*** кондуктивное обугливание, обжиг, защитно-декоративная обработка, пожарная опасность

***Для цитирования:*** Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Применение кондуктивного обугливания для защитно-декоративной обработки древесины // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 344–349.

Original article

# APPLICATION OF CONDUCTIVE CARBONIZING FOR PROTECTIVE AND DECORATIVE TREATMENT OF WOOD

**Natalia A. Tarbeeva[1], Olga A. Rubleva[2]**
[1, 2] Vyatka State University, Kirov, Russia
[1] nataly.ntar534@yandex.ru
[2] rubleva@vyatsu.ru

***Abstract.*** The use of firing for protective and decorative treatment of wood is the cause of a high fire hazard in production. This article provides a technological justification for the effectiveness of replacing firing with

© Тарбеева Н. А., Рублева О. А., 2026

conductive carbonizing. It has been established that conductive carbonizing reduces the energy consumption of ventilation systems and the risk of fires, while providing a higher quality of decoration.

***Keywords:*** conductive carbonizing, firing, protective and decorative treatment, fire hazard

***For citation:*** Tarbeeva N. A., Rubleva O. A. (2026) Primenenie konduktivnogo obuglivaniya dlya zashhitno-dekorativnoj obrabotki drevesiny` [Applification of conductive carbonizing for protective and decorative treatment of wood]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 344–349. (In Russ).

Обжиг широко применяется для защитной и декоративной обработки древесины [1]. Благодаря обработке обжигом древесина приобретает повышенные влаго- и биозащитные свойства, а также уникальный внешний вид. Обжиг может быть применен как в качестве ключевой обработки древесины, формирующей основной комплекс свойств готовых изделий, например, японская технология Shou Sugi Ban – «томление кедра» [2], так и в технологиях многоступенчатой обработки [3] как один из начальных этапов, направленный на усиление положительного эффекта от последующей обработки.

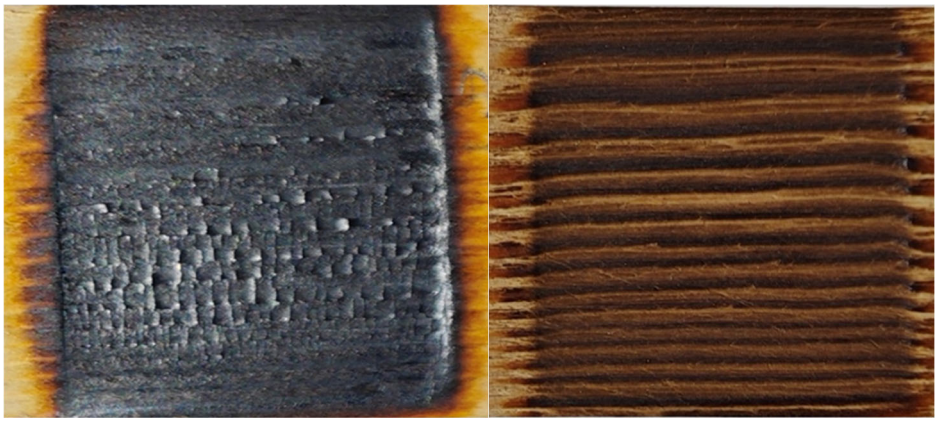
Наиболее часто для обжига древесины используют открытое пламя (газовые горелки, паяльные лампы, костер). Это предъявляет ряд требований к организации производства для обеспечения его пожарной безопасности. Например, в промышленном производстве для обжига древесины необходимо обустройство специальной изолированной зоны, в том числе обеспечение ее мощной системой вентиляции [4]. Высокая пожарная опасность сдерживает активное использование обжига для обработки древесины.

Альтернативным обжигу способом защитно-декоративной обработки древесины является кондуктивное обугливание, при котором термодеструкция поверхностных слоев древесины осуществляется за счет контакта с металлическим нагретым элементом – плитой или роликом [5]. Выдвинута гипотеза о том, что кондуктивное обугливание является менее пожароопасным и энергозатратным процессом по сравнению с обжигом, обеспечивающим более высокие декоративные и защитные свойства обработанной поверхности. В связи с этим целью данного исследования является обоснование рациональности замены обжига кондуктивным обугливанием для защитной и декоративной обработки древесины.

Для определения рациональности замены технологии обжига на технологию кондуктивного обугливания проведен их сравнительный анализ по следующим критериям:

1) декоративные свойства;
2) пожарная опасность производства;
3) энергоемкость систем вентиляции.

Оценка декоративных свойств обработанных поверхностей проводилась визуально. Установлено, что поверхность, полученная способом кондуктивного обугливания, в отличие от поверхности, полученной путем обжига газовой горелкой, за счет равномерного контакта нагретого инструмента по всей площади не имеет пятен и участков разных оттенков, что при последующей обработке брашированием повышает ее декоративные свойства (рисунок).



*а* *б*

Внешний вид поверхности древесины сосны:
*а* – после кондуктивного обугливания;
*б* – с последующим брашированием

Оценка пожарной опасности обжига и кондуктивного обугливания проводилась по техническим показателям, выбранным на основании анализа Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности») [6]. В оценку включены такие показатели, как воспламеняемость, взрывоопасность, температура самовоспламенения, температура вспышки и скорость распространения огня. Для сравнения взяты значения указанных показателей источников зажигания. При обжиге древесины открытым пламенем источником зажигания являются горючие жидкости и газы – бензин, пропан и бутан, при кондуктивном обугливании – нагретый металлический элемент. Обрабатываемый материал – древесина – в обоих случаях обладает идентичными характеристиками, поэтому исключена из данного анализа. Результаты сравнительного анализа показателей пожароопасности приведены в табл. 1.

*Таблица 1*

Результаты сравнительного анализа показателей пожароопасности

| Параметр, характеризующий пожароопасность | Обжиг | Кондуктивное обугливание |
|---|---|---|
| Воспламеняемость | Легковоспламеняемый | Не подвержен воспламенению |
| Взрывоопасность | Взрывоопасны при смеси с воздухом | Не взрывоопасен |
| Температура самовоспламенения, °С | Пропан: 466;<br>бутан: 405…430;<br>бензин: 255…370 | – |
| Температура вспышки, °С | Пропан: –104;<br>бутан: –60;<br>бензин: –27 до –39 | – |
| Скорость распространения огня, м/с | Пропан: 4,3…4,5;<br>бутан: 3,3;<br>бензин:10…15 | 0 |

Дополнительно пожарная опасность сравниваемых способов обработки оценена по технологическим критериям, приведенным в табл. 2.

*Таблица 2*

Результаты сравнительного анализа технологических критериев, характеризующих пожарную опасность производства

| Параметр, характеризующий пожароопасность | Обжиг | Кондуктивное обугливание |
|---|---|---|
| Температура обработки, °С | 1000…1500 | 450…500 |
| Радиус воздействия источника зажигания, м | До 0,5 | До 0,05 |
| Непредсказуемость поведения источника зажигания | Непредсказуем, сложно контролировать | Поддается контролю |

Данные, представленные в табл. 1 и 2, иллюстрируют, что кондуктивное обугливание по сравнению с обжигом открытым пламенем позволяет снизить температуру обработки в 2…3 раза, а скорость распространения пламени сократить до скорости распространения пламени по древесине (0,15…0,67 м/с). Кроме того, при кондуктивном обугливании существенно (~ 10 раз) уменьшается радиус воздействия источника зажигания.

Оценка энергоемкости систем вентиляции для сравниваемых способов обработки проведена опосредованно путем определения объемов подлежащих удалению продуктов горения при обугливании 1 м$^2$ древесины на глубину 2 мм. Результаты соответствующих расчетов приведены в табл. 3.

*Таблица 3*

Результаты расчета объемов продуктов горения, подлежащих удалению

| Объемы продуктов горения | Обжиг | Кондуктивное обугливание |
|---|---|---|
| Объем продуктов горения топлива, $м^3$ | 3,11…3,5 | 0 |
| Объем продуктов горения древесины, $м^3$ | 6,7 | 6,7 |
| Итого, $м^3$ | 9,81…10,2 | 6,7 |

Результаты, приведенные в табл. 3, свидетельствуют, что за счет отсутствия при кондуктивном обугливании процесса горения топлива объем подлежащих удалению продуктов горения снижается на 40…50 %, что дает основание использовать менее мощные и энергозатратные системы вентиляции.

Таким образом, кондуктивное обугливание можно считать достойной заменой обжига, оно так как характеризуется меньшей пожарной опасностью и обеспечивает более качественную подготовку поверхности к следующим этапам обработки. По результатам опосредованной оценки энергоемкости требующихся систем вентиляции сложно давать заключения о снижении энергоемкости всего процесса обработки. С этой целью требуются дополнительные исследования и расчеты, учитывающие технические характеристики установки для обугливания.

*Список источников*

1. Trevisan H., Santos N. A., Fernandes V. J. Efficiency of traditional Shou Sugi Ban wood protection technique in association with vegetable oils against rotting fungi action on Pinus wood // Revista do Instituto Florestal. 2025. Vol. 37. P. 1–8.

2. A study on normal incident sound absorption characteristics of Japanese traditional cedar board, Yakisugi / A. Sugahara, Ya. Hiraguri, K. Okamura [et al.] // INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Institute of Noise Control Engineering, 2023. Vol. 265, № 6. P. 1231–1238.

3. Патент № 2704849 Российская Федерация, МПК B27M 1/08 (2006.01). Способ упрочняющей декоративной обработки изделий из древесины : № 2018122586 : заявл. 20.06.2018 : опубл. 31.10.2019 / О. А. Рублева, Н. А. Тарбеева; заявитель ВятГУ. 6 с.

4. Требования безопасности при проведении огневых работ // АлтайСпецИзделия : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QWqfU (дата обращения: 17.10.2025).

5. Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Исследование процесса кондуктивного обугливания для защитно-декоративной обработки древесины // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Екатеринбург, 2024. С. 100–105.

6. Статья 15. Показатели пожаровзрывоопасности и пожарной опасности технологических сред. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. 25.12.2023) // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QWqur (дата обращения: 25.09.2025).

*References*

1. Trevisan H., Santos N. A., Fernandes V. J. Efficiency of traditional Shou Sugi Ban wood protection technique in association with vegetable oils against rotting fungi action on Pinus wood // Revista do Instituto Florestal. 2025. Vol. 37. P. 1–8.

2. A study on normal incident sound absorption characteristics of Japanese traditional cedar board, Yakisugi / A. Sugahara, Ya. Hiraguri, K. Okamura [et al.] // INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Institute of Noise Control Engineering, 2023. Vol. 265, № 6. P. 1231–1238.

3. Patent № 2704849 Russian Federation, IPC B27M 1/08 (2006.01). Method for strengthening decorative treatment of wood products : № 2018122586 ; filed 20.06.2018 ; published 31.10.2019 / O. A. Rubleva, N. A. Tarbeeva ; applicant VyatSU. 6 p.

4. Safety requirements for fire work // AltaiSpecIzdelia : [website]. URL: https://clck.ru/3QWqfU (date of accessed: 17.10.2025).

5. Tarbeeva N. A., Rubleva O. A. Research of the process of conductive carboning for protective and decorative processing of wood // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. Ekaterinburg, 2024. P. 100–105.

6. Article 15. Indicators of fire and explosion hazard of technological environments. Technical regulations on fire safety requirements : Federal Law № 123-FL of 22.07.2008 (as amended on 25.12.2023) // ConsultantPlus : [website]. URL: https://clck.ru/3QWqur (date of accessed: 25.09.2025).

Научная статья
УДК 674.813

# СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЛЕЕНОГО БРУСА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

**Олег Николаевич Чернышев[1], Юлия Владимировна Палкина[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] chernyshevon@m.usfeu.ru
[2] filatovajuliet@gmail.com

***Аннотация.*** Рассмотрен вопрос снижения потерь древесины при производстве клееного бруса для строительства. В работе отмечено, что уменьшить потери древесины в производстве клееного бруса возможно путем изменения требований к качеству подготовки поверхности заготовок, предусматривающих снижение нормы припуска на механическую обработку пиломатериалов до 40 %. Получение прочных клеевых соединений в условиях наличия участков с высокой шероховатостью поверхности древесины возможно при использовании наполненных клеевых систем, обладающих при отверждении минимальной усадкой.

***Ключевые слова:*** клееный брус, шероховатость поверхности, прочность при скалывании, клеевые системы, наполнители

***Для цитирования:*** Чернышев О. Н., Палкина Ю. В. Снижение потерь древесины при производстве клееного бруса для строительства // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 350−354.

Original article

# REDUCTING WOOD LOSS IN THE PRODUCTION OF GLUED LAMINATED TIMBER FOR CONSTRUCTION

**Oleg N. Chernyshev[1], Yulia V. Palkina[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] chernyshevon@m.usfeu.ru
[2] filatovajuliet@gmail.com

© Чернышев О. Н., Палкина Ю. В., 2026

***Abstract.*** This article considers the issue of reducing wood losses in the production of glued laminated timber for construction. The research notes that reducing wood loss in glued laminated timber production can be achieved by changing the surface preparation requirements for workpieces, reducing the allowance for lumber machining to 40 % Obtaining strong adhesive bonds on wood surfaces with areas of high roughness is possible through the use of filled adhesive systems with minimal shrinkage during curing.

***Keywords:*** glued laminated timber, surface roughness, shear strength, adhesive systems, fillers

***For citation:*** Chernyshev O. N., Palkina Yu. V. (2026) Snizhenie poter` drevesiny` pri proizvodstve kleenogo brusa dlya stroitel`stva [Reducting wood loss in the production of glued laminated timber for construction]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 350–354. (In Russ).

В последние годы объем производства клееного бруса для строительства в нашей стране сокращается, несмотря на его значительную потребность в народном хозяйстве [1]. Одной из причин такого положения является высокая себестоимость изготовления клееного бруса, которая вызвана, главным образом, большим потреблением высококачественных пиломатериалов, расход которых на изготовление 1 м$^3$ клееной конструкции на ряде предприятий достигает 1,8…2 м$^3$.

Уменьшить потери древесины в производстве клееного бруса для строительства можно путем изменения требований к качеству подготовки поверхности заготовок, предусматривающих снижение нормы припуска на механическую обработку пиломатериалов до 40 %. При этом подготовка пиломатериалов к склеиванию должна включать только исправление их формы.

Для получения поверхности древесины с шероховатостью $R_{m.max}$ 200 мкм при фрезеровании пиломатериалов толщиной 40 мм необходимо снимать с каждой пласти слой толщиной 3,5 мм [2]. Выравнивание поперечной покоробленности пиломатериалов и снятие выступов в зоне зубчатого клеевого соединения достигается при снятии с каждой пласти слоя древесины толщиной 1,5…2 мм. При этом на поверхности пиломатериалов остается до 50 % участков с непрофрезерованной древесиной с шероховатостью поверхности $R_{m.max}$ = 550…650 мкм.

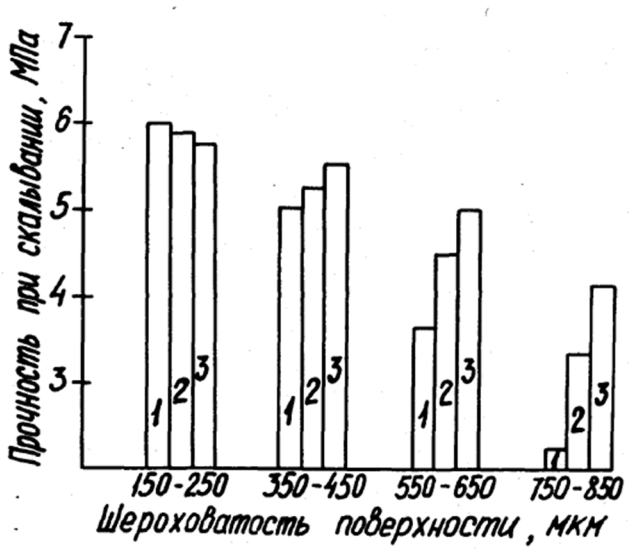
В случае склеивания непрофрезерованных пиломатериалов максимальная толщина клеевого слоя будет находиться в диапазоне 0,5…2,0 мм (с учетом смятия волокон древесины при наложении давления). Если склеивать пиломатериалы после выравнивания отклонения от прямолинейности пласти доски в поперечном направлении, то толщина клеевого слоя в участках с частично фрезерованной поверхностью не будет превышать 0,5 мм.

При высоте неровностей 500…600 мкм не должно происходить снижения прочности клеевого соединения. Поэтому необходимо проанализировать влияние величины шероховатости поверхности древесины на прочность склеивания.

Древесина является пористым гигроскопичным субстратом, что имеет большое значение для взаимодействия ее с клеевой системой и, как следствие, оказывает значительное влияние на прочность клеевых соединений. Клей, заполняя неровности шероховатой поверхности древесины, одновременно проникает в микротрещины, перерезанные ранние и поздние трахеиды, сердцевинные лучи. С увеличением шероховатости поверхности древесины в контакт с адгезивом вступает еще более развитая поверхность субстрата, что требует дополнительного увеличения количества клея для заполнения и обволакивания поверхности субстрата. При малом расходе связующего клеевой слой получается прерывистым, в результате чего снижается прочность клеевого соединения.

При постоянном расходе клея 300 г/м$^2$ с увеличением шероховатости склеиваемых поверхностей происходит более интенсивное снижение прочности образцов при скалывании по клеевому слою. Это можно объяснить тем, что при сближении поверхностей в контакт с клеем входят, прежде всего, неровности, выступающие на поверхности древесины, которые под воздействием давления склеивания внедрятся в клеевой слой и вытеснят часть клея во впадины. С увеличением шероховатости возрастает глубина впадин и объем пустот, это, в свою очередь, требует повышенного расхода клея.

Таким образом, увеличение шероховатости поверхности древесины влечет за собой снижение качества склеивания, для устранения которого требуется увеличение расхода клея и давления при склеивании. Результаты исследований по влиянию величины шероховатости поверхности древесины на прочность склеивания приведены на рисунке.




Гистограмма изменения прочности при скалывании
в зависимости от шероховатости склеиваемых поверхностей и расхода клея:
1, 2, 3 – расход клея соответственно 300, 500, 700 г/м$^2$

Анализ гистограммы показывает, что при увеличении расхода клея в условиях склеивания фрезерованных поверхностей происходит некоторое снижение прочности. По-видимому, с увеличением расхода клея, образуется утолщенный клеевой слой, в котором возникают внутренние напряжения, приводящие к снижению прочности.

Однако в случае склеивания древесины с высокой шероховатостью поверхности прочность склеивания ниже допускаемых значений. При этом прочность клеевого соединения несколько повышается с увеличением расхода клея.

Снижение прочности объясняется тем, что при склеивании заготовок с различными неровностями на поверхности древесины клеевой слой имеет неравномерную толщину и в участках утолщения клеевого слоя развиваются значительные внутренние напряжения.

Поэтому создание надежных клеевых соединений древесины в условиях неравномерной толщины клеевых слоев возможно только при использовании наполненных клеевых систем. Для этого необходим эффективный наполнитель для клея, снижающий усадку клеевых слоев в процессе отверждения клея, а следовательно, и внутренние напряжения.

Таким образом, анализ влияния характеристики поверхности пиломатериалов на несущую способность клеевых соединений древесины позволяет сделать заключение о целесообразности использования в составе клея эффективных наполнителей [3].

Снижение потерь древесины в производстве клееного бруса для строительства достигается при снятии с каждой пласти пиломатериала слоя древесины толщиной 1,5…2 мм. При таких условиях фрезерования

на пластях пиломатериалов будут создаваться участки древесины с шероховатостью поверхности в пределах $R_{m.max} = 200…600$ мкм.

В заключении стоит отметить, что получение прочных и надежных клеевых соединений в условиях наличия участков с высокой шероховатостью поверхности древесины возможно при использовании наполненных клеевых систем, обладающих при отверждении минимальной усадкой, а следовательно, низкими внутренними напряжениями.

*Список источников*

1. Палкина Ю. В., Чернышев О. Н. Некоторые экологические вопросы производства клееного бруса для строительства // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века : труды XX Международного Евразийского симпозиума. Екатеринбург, 2025. С. 52–58.

2. Чумак К. Г., Чернышев О. Н. Характерные особенности клееного бруса из сращенных заготовок и технология его производства // Наука и образование сегодня. 2019. № 5 (40). С. 25–27.

3. Привалов А. А., Чернышев О. Н. Экологические аспекты технологии производства клееного щита для столярных изделий // Научное творчество – лесному комплексу России молодежи : материалы XVIII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2022. С. 673–677.

*References*

1. Palkina Yu. V., Chernyshev O. N. Some environmental issues in the production of glued laminated timber for construction // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century : materials of the XX International Eurasian Symposium. Ekaterinburg, 2025. P. 52–58.

2. Chumak K. G, Chernyshev O. N. Characteristic features of glued laminated timber from spliced blanks and the technology of its production // Science and education today. 2019. № 5 (40). P. 25–27.

3. Privalov A. A., Chernyshev O. N. Environmental aspects of the production technology of glued laminated boards for joinery // Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : materials of the XVIII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg, 2022. P. 673–677.

Научная статья
УДК 625.711.1

# МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ ЖИВОТНОГО МИРА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ЕКАТЕРИНБУРГ – ТЮМЕНЬ КМ 35 – КМ 104 + 244

**Сергей Александрович Чудинов[1], Александра Петровна Антонова[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] chudinovsa@m.usfeu.ru
[2] antonova_s87@mail.ru

***Аннотация.*** В статье рассматривается комплексный подход к проектированию автомобильной дороги Екатеринбург – Тюмень, направленный на минимизацию негативного воздействия на животный мир региона. На основе анализа проектной документации и официальных данных о дорожно-транспортных происшествиях с участием диких животных оценена эффективность реализованных проектных решений, а также выявлены некоторые риски.

***Ключевые слова:*** экодук, биопереход, безопасность, дорожно-транспортные происшествия

***Для цитирования:*** Чудинов С. А., Антонова А. П. Мероприятия по организации охраны животного мира при строительстве автомобильной дороги Екатеринбург – Тюмень км 35 – км 104 + 244 // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 355−360.

Original article

# WILDLIFE PROTECTION MEASURES DURING THE CONSTRUCTION OF THE EKATERINBURG – TYUMEN ROAD KM 35 – KM 104 + 244

**Sergey A. Chudinov[1], Alexandra P. Antonova[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] chudinovsa@m.usfeu.ru
[2] antonova_s87@mail.ru

***Abstract.*** The article discusses a comprehensive approach to the design of the Ekaterinburg – Tyumen road, aimed at minimizing the negative impact on the

© Чудинов С. А., Антонова А. П., 2026

region's wildlife. Based on an analysis of project documentation and official data on road traffic accidents involving wild animals, the effectiveness of the implemented design solutions is evaluated, and certain risks are identified.

***Keywords:*** ecoduct, wildlife crossing, safety, road traffic accidents

***For citation:*** Chudinov S. A., Antonova A. P. (2026) Meropriyatiya po organizacii oxrany` zhivotnogo mira pri stroitel`stve avtomobil`noj dorogi Ekaterinburg – Tyumen` km 35 – km 104 + 244 [Wildlife protection measures during the construction of the Ekaterinburg – Tyumen road km 35 – km 104 + 244]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 355–360. (In Russ).

Строительство новых автомагистралей значительно улучшает транспортную инфраструктуру региона, имеет положительный экономический эффект и благотворно влияет на развитие региона. Учет экологических факторов – обязательное условие для полноценного развития дорожной сети.

При трассировании автомобильной дороги через лесные массивы следует учитывать существующие ареалы обитания диких животных, пути их миграции с целью сохранения биоразнообразия региона и повышения безопасности движения на автомобильной дороге. Для этих целей обычно предусматривают следующие мероприятия:

– установка предупредительных дорожных знаков, мигающих сигналов, флуоресцентных знаков, катафотов, отражающих свет приближающейся машины, которые отпугивают животных [1];

– установка защитных ограждений;

– устройство специальных проходов (переходов) для диких животных (зеленых или ландшафтных мостов (экодуков), пропускных сооружений для земноводных и мелких животных, проходов для выдр, барсуков, устройств, помогающих пересекать животным проточные воды) [2].

Строительство биопереходов различной конфигурации является наиболее эффективным способом организации безопасного перехода дикого животного через автомобильную дорогу. Защитные ограждения являются отличным решением и дополнительной мерой для предотвращения выхода животного на автомагистраль.

**Особенности проектирования экодуков**

Как правило, биопереходы проектируют на естественных путях миграции диких животных. Выделяют три типа экодуков по конструктивным особенностям: мостовой, тоннельный и трубный. Выбор типа экодука и его габаритных размеров осуществляют на основе классификации представителей фауны в зависимости от размеров и видовых особенностей таким

образом, чтобы конструкция экодуков обеспечивала самостоятельное передвижение диких животных, а также доступ для проведения работ по содержанию сооружений [3].

Обустройство экодуков также требует отдельного внимания. На подходах к экодукам необходимо размещать:

– защитные ограждения, предотвращающие выход животного на дорогу;

– направляющие сооружения, зеленые насаждения, соответствующие ландшафту местности расположения экодука;

– сооружения, препятствующие проезду транспортных средств (валуны, столбы и т. д.) [4].

**Анализ дорожно-транспортных происшествий с участием диких копытных животных на автомобильной дороге Екатеринбург – Тюмень**

С каждым годом количество дорожно-транспортных происшествий с участием диких животных увеличивается. В 2024 г. на территории Свердловской области по информации Департамента по охране, контролю и регулированию использования животного мира официально зарегистрировано 330 дорожно-транспортных происшествий с участием копытных животных (лось, косуля, кабан). В то же время на 2023 г. пришлось 308 ДТП [5]. Ежегодный прирост ДТП с участием диких животных составляет 7…10 % в год (рис. 1).

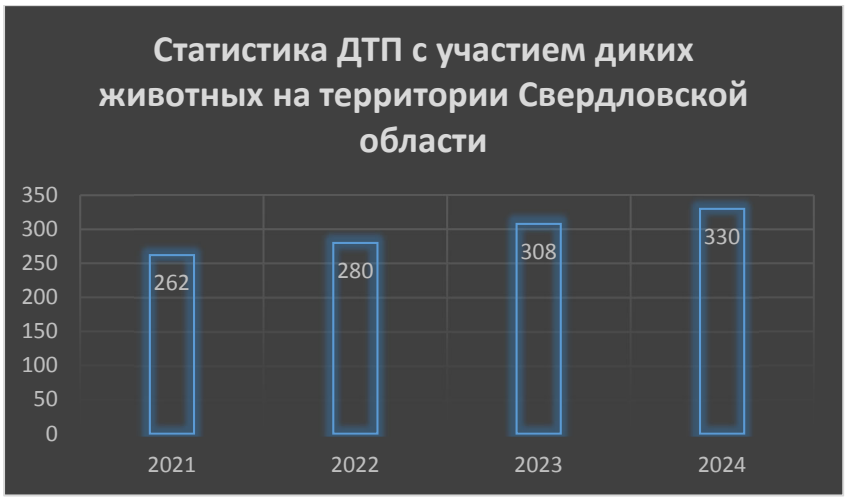



Рис. 1. Статистика ДТП с участием диких животных на территории Свердловской области с 2021 по 2024 гг.

На основании анализа статистики по ДТП относительно различных направлений автомагистралей установлено, что на автомобильную дорогу Екатеринбург – Тюмень приходится порядка 25 % дорожно-транспортных происшествий с участием диких животных относительно общего количества происшествий (рис. 2). Значительная часть столкновений с дикими

животными на автомобильной дороге Екатеринбург – Тюмень ежегодно фиксируется с 70 по 120 км автомобильной дороги.

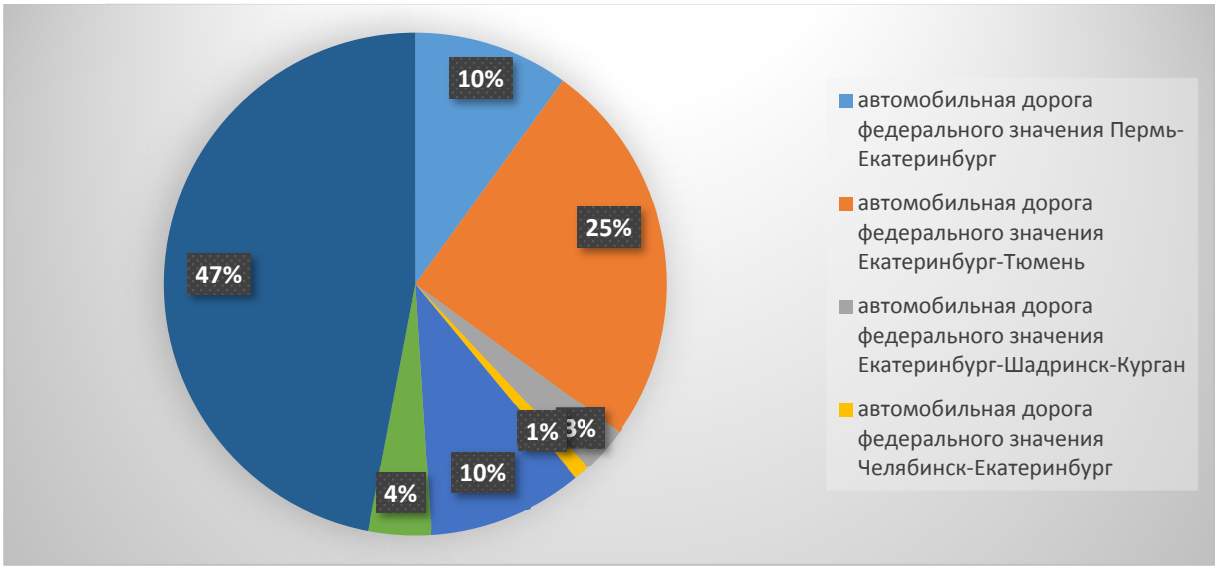



Рис. 2. Статистика ДТП с участием диких животных относительно различных направлений автомобильных дорог на территории Свердловской области (2024 г.)

**Принятые проектные решения по защите животного мира на строящейся автомобильной дороге Екатеринбург – Тюмень км 35 – км 104 + 244**

В 2022 г. началось строительство и реконструкция автомобильной дороги Екатеринбург – Тюмень для обеспечения параметров категории дороги 1В. Трассирование нового участка автомобильной дороги предполагает обход населенных пунктов, при этом на большей своей протяженности проходит через лесные массивы [6].

По данным Департамента по охране, контролю и регулированию использования животного мира Свердловской области, на участке прохождения трассы проходят пути миграции диких животных, в том числе косуль и лосей. При этом материалами о путях миграции департамент не располагает. Для определения путей миграции в рамках инженерно-экологических изысканий были проведены наблюдения в августе, сентябре, ноябре 2019 г.

Для обеспечения безопасного перехода дикими животными автомобильной дороги предусмотрено 4 биоперехода. Проектным решением предполагается использование подмостовых пространств в качестве экодуков – один проход расположен под путепроводом, остальные под мостами через водные объекты. При этом на проходящем через лесные массивы участке обхода города Богданович протяженностью 17 км отсутствуют биопереходы для животных.

Для предотвращения выхода диких животных на проезжую часть проектной документацией предусмотрено устройство защитного ограждения на участках трассы при пересечении лесных массивов, которое располагается на границы полосы отвода и лесного массива.

Строительство новых автомагистралей, таких как участок Екатеринбург – Тюмень, представляет собой важный шаг в развитии транспортной инфраструктуры региона и способствует его экономическому росту. Проектные решения, принятые для строительства автомобильной дороги Екатеринбург – Тюмень, демонстрирует комплексный подход, в том числе предпринимаются меры по минимизации экологического ущерба животному миру. Запроектированные защитные ограждения и экодуки призваны обеспечить безопасность как участников дорожного движения, так и диких животных.

Однако анализ проектных решений выявил и потенциальный риск. Участок обхода города Богданович протяженностью 17 км, проходящий через лесные массивы, не оборудован специализированными экодуками. Учитывая, что статистика указывает на данный район как на зону повышенной концентрации ДТП с дикими животными, отсутствие биопереходов может снизить общую эффективность природоохранных мероприятий, а наличие только защитных ограждений наоборот препятствует перемещению диких животных по естественным сложившимся путям миграции. Так же анализ проектной документации выявил пробел в виде отсутствия систематизированных статистических данных о путях миграции животных.

Таким образом, реализация проекта акцентирует внимание на важности учета экологических факторов для формирования безопасной и устойчивой дорожной сети. Тем не менее необходимо продолжать мониторинг и изучение миграционных путей животных, а также оценивать эффективность принятых проектных решений. Важно учитывать, что отсутствие биопереходов на некоторых участках, таких как обход города Богданович, может привести к увеличению рисков ДТП. Поэтому необходимо рассмотреть возможность внедрения дополнительных мер по организации безопасного перехода диких животных.

*Список источников*

1. Алексеенко К. А., Калинина Т. С. Экодук через автомагистраль на ЦКАД-3 // Фундаментальные и прикладные исследования молодых ученых. 2020. С. 426–429.

2. Рубцов А. А., Евгеньев Г. И. Биопереходы для животных на автомобильных дорогах I категории // Международный студенческий научный вестник. 2017. С. 1044–1047.

3. ГОСТ Р 58947–2020. Дороги автомобильные общего пользования. Экодуки. Требования к размещению и обустройству [Электронный ресурс].

Введен 01.11.2020. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200174654 (дата обращения: 15.09.2025).

4. СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги [Электронный ресурс]. Введен 10.08.2021. URL: https://docs.cntd.ru/document/573818172 (дата обращения: 10.09.2025).

5. Информация о ДТП с участием диких животных // Департамент по охране, контролю и регулированию использования животного мира Свердловской области : [официальный сайт]. URL: https://old-dozhm.midural.ru/news/show/id/14 (дата обращения: 15.09.2025).

6. Сведения закупки // Единая информационная система в сфере закупок : [официальный сайт]. URL: https://clck.ru/3QWvw6 (дата обращения: 15.09.2025).

*References*

1. Alekseenko K. A., Kalinina T. S. Ecoduct across the highway to the Central Ring Road-3 // Fundamental and applied research of young scientists. 2020. P. 426–429.

2. Rubtsov A. A., Evgeniev G. I. Biocrossing for animals on highways of category I roads // International Student Scientific Bulletin. 2017. P. 1044–1047.

3. GOST R 58947–2020. Public roads. Ecoduks. Requirements for placement and arrangement [Electronic resource]. Introduced on 01.11.2020. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200174654 (date of accessed: 15.09.2025).

4. SP 34.13330.2021. Highways. [Electronic resource]. Introduced on 10.08.2021. URL: https://docs.cntd.ru/document/573818172 (date of accessed: 10.09.2025).

5. Information about road traffic accidents involving wild animals // Department for the Protection, Control and Regulation of Wildlife : [official website]. URL: https://old-dozhm.midural.ru/news/show/id/14 (date of accessed: 15.09.2025).

6. Procurement information // Unified Information System in the Field of Procurement : [official website]. URL: https://clck.ru/3QWvw6 (date of accessed: 15.09.2025).

Научная статья
УДК 630.52:587/588

# ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЯ И КООРДИНАТ ПО ТЕХНОЛОГИИ RFID

**Валерий Владимирович Шипилов[1], Сергей Петрович Санников[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] shipilovvv@m.usfeu.ru
[2] sannikovsp@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В работе рассмотрены проблемы поредения координат и расстояния при выборочной рубке лесозаготовительной машиной (ЛЗМ) деревьев, отведенных для спиливания, помеченных RFID-метками. Разработаны расчетная и структурные схемы определения координат. Показана иллюстрация влияния рельефа местности на ошибку расчета координат и алгоритм расчета.

***Ключевые слова:*** технологии RFID, измерение, расстояние

***Для цитирования:*** Шипилов В. В., Санников С. П. Проблемы измерения расстояния и координат по технологии RFID // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 361−369.

Original article

# PROBLEMS OF MEASURING DISTANCE AND COORDINATES USING RFID TECHNOLOGY

**Valery V. Shipilov[1], Sergey P. Sannikov[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] shipilovvv@m.usfeu.ru
[2] sannikovsp@m.usfeu.ru

***Abstract.*** The paper considers the problems of reducing coordinates and distance during selective cutting by a forest machine (FM) of trees designated for cutting marked with RFID tags. Computational and structural schemes for determining coordinates have been developed. An illustration of the influence of terrain on the error in calculating coordinates and the calculation algorithm is shown.

***Keywords:*** RFID technologies, measurement, distance

© Шипилов В. В., Санников С. П., 2026

***For citation:*** Shipilov V. V., Sannikov S. P. (2026) Problemy` izmereniya rasstoyaniya i koordinat po texnologii RFID [Problems of measuring distance and coordinates using RFID technology]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 361–369. (In Russ).

При развитии технологии выборочной заготовки лесоматериалов машинным способом возникла проблема, которая заключается в том, что оператору нужно найти отведенное дерево в рубку, не выходя из кабины лесозаготовительной машины (ЛЗМ) [1, 2]. В большинстве регионов, включая и Свердловскую область, лесозаготовка производится в зимнее время. Под снегом необходимо найти метку, поставленную на комле ствола дерева возле самой земли. К такому дереву нужно подъехать ЛЗМ, дотянуться манипулятором, при этом не повредив подросток и кустарник.

Нами предлагается автоматизировать этот процесс путем установки радиочастотных меток на деревьях, отведенных в рубку. Радиочастотная метка, устанавливаемая на дерево, может быть пассивная или активная.

Для этого ЛЗМ должна обладать системой поиска такой метки в лесу. Такая система должна различать нужные радиочастотные метки из множества других, которые находятся на данном участке леса, вычислять координаты метки и прокладывать путь перемещения ЛЗМ к этому дереву с меткой. Поэтому система является автоматизированной навигационной на плоскости участка леса.

Сделав анализ существующих навигационных систем, систем расчета координат и расстояния до объекта с меткой пришли к выводу, что есть ряд проблем, которые требуют определенных исследований и конструктивных решений. Первое, что можно отметить, – для лесозаготовительной отрасли таких систем не существует, поэтому необходимо разработать такую систему для ЛЗМ.

Цель данной работы – исследование проблем измерения расстояния и координат электромагнитными волнами по технологии RFID. Для решения поставленной цели определили следующие задачи:

1) определить метод, подходящий для решения поставленной цели;

2) разработать расчетные и структурные схемы;

3) разработать алгоритм решения поставленной задачи.

**Материалы и методы средств исследования**

В работе применен анализ методов измерения расстояния и определения координат объекта с радиочастотной меткой, установленной на дереве, а также проводилось изучение технологии поиска радиочастотной метки по ее индивидуальному номеру среди множества ей подобных меток в лесу. В работе применили метод *абстрагирования* по выявленным отдельным

признакам точности измерения расстояния, которые не подходили для автоматизированного управления манипулятором ЛЗМ. В результате использовали метод *обобщения* по использованию радиочастотной технологии RFID.

**Результаты и обсуждение**

Определением координат и измерением расстояния на местности занимаются многие специальности, такие как геодезисты, строители, лесники моряки, летчики и многие другие. В зависимости от поставленных задач используют тот или иной инструмент, который наиболее удобен для данной профессии. Оператору лесозаготовительной машины (ЛЗМ) тоже приходится определять расстояние при наведении пильной головки на манипуляторе ЛЗМ.

Мы предлагаем для наведения манипулятора использовать RFID метки, расположенные на деревьях, выполняющие роль беспроводных датчиков. Каждая метка имеет свой идентификационный номер, а система, установленная на ЛЗМ, в радиусе действия радиосигнала опрашивает RFID метки и вычисляет расстояние до той, которая расположена на спиливаемом дереве.

*Классификация методов вычисления расстояния и определения координат*

Системы для определения координат положения объекта подразделяются на космические системы и наземные. Кроме популярных систем позиционирования и навигации США и России, таких как GPS (Global Positioning System – Глобальная система позиционирования) и ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система), существуют национальные системы, такие как Бэйдоу (Китай), Galileo (Европа), IRNSS (Индия), QZSS (Япония) и некоторые другие системы [3].

Все космические системы навигации и позиционирования работают аналогичным образом. Спутники систем навигации периодически посылают в сторону поверхности земли пакеты своих данных с координатами, синхронизированными по времени. Приемники этих систем на Земле принимают пакеты данных и вычисляют свои координаты по долготе и широте. Приемники должны быть датчиками, данные с них передаются по каналу связи оператору ЛЗМ.

Недостаток космических систем навигации и позиционирования заключается в том, что приемники должны работать без перехода в режим ожидания (спящий режим).

Наземные системы определения координат объекта разнообразны по конструкции, принципам работы, методам математического вычисления. В геодезии для построения карт и планов применяют метод триангуляции (полигонометрии), основанный на теореме синусов: $a/\sin\beta_1 = b/\sin\beta_2$. Здесь $a$, $b$, $c$ – это стороны одного из сети треугольников [4]. Если базовая сторона $b$ (известная величина), то, чтобы определить сторону $a$, воспользуемся

теоремой синусов и получим $a = b$ (sin β1/sin β2). Для триангуляционного метода необходимы инструменты. Традиционно используются геодезические приборы (нивелиры, теодолиты, тахеометр), но в последнее время применяют приемники ГЛОНАСС и GPS. Есть предположение использовать радиоволны для измерения сторон треугольника на местности.

Метод триангуляции используют в радиолокационных системах для определения координат летящего объекта [5]. В данных системах могут использоваться не только электромагнитные волны лазерного диапазона, но и радиоволны с направленными и фазированными антеннами [6, 7].

Радиочастотный метод лучшим образом подходит для решения наших задач. К обоснованию данному методу относится тот факт, радиоволны способны проникать сквозь древесину ствола дерева и листву.

*Использование технологии RFID в лесу для определения координат*

При выборочной рубке деревьев ЛЗМ необходимо проложить маршрут проезда к данному дереву, а для оптимизации решения данной задачи следует определить расстояние, азимут. Радиочастотный метод измерения координат, отмеченный в работе [7], наилучшим образом подходит в системе ЛЗМ–RFID-метка.

Структурная схема поиска RFID-меток, установленных на деревьях, показана на рис. 1. Направленные антенны *Ant.*1 и *Ant.*2, установленные на ЛЗМ, сканируют пространство в некотором секторе относительно точки положения пространства леса. Расстояние до обнаруженных RFID-меток вычисляются в контроллере.

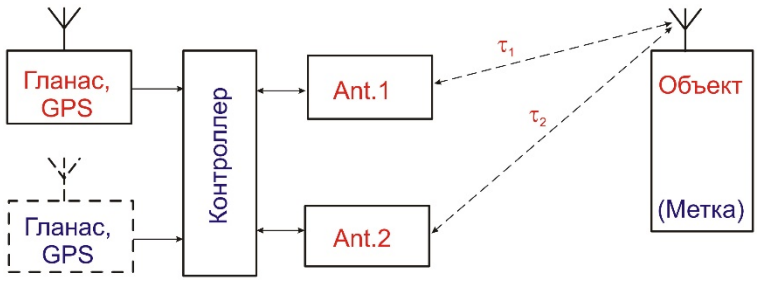



Рис. 1. Структурная схема поиска RFID-меток на участке леса

Модули ГЛОНАСС и/или GPS необходимы для определения первоначальной координаты расположения ЛЗМ с антенны *Ant.*1 и *Ant.*2. Для ориентации сторон света необходим электронный компас, на рис. 1 условно не показан. Модулей может быть два (или один) для каждой антенны. Мы считаем, что вполне достаточно одного модуля, работающего со спутниковой навигационной системой ГЛОНАСС или с системой позиционирования GPS [3].

Антенны *Ant*.1 и *Ant*.2, вращающиеся или «качающиеся» в определенном секторе, зависят от разработчика системы сканирования и поставленной задачи. Вращающиеся антенны используются для построения круговой диаграммы на местности. Для этого необходима ориентация по компасу.

Для сканирования сектора перед ЛЗМ или на некоторый угол от продольной ее оси используют «качающиеся» антенны с определенным углом отклонения. Такая антенна выдает данные только в секторе сканирования и можно построить диаграмму направленности на участке леса с расположенными там RFID-метками. Для данной системы ориентация по компасу не обязательна. Если ориентация по компасу осуществляется, то это способствует лучшей привязке к электронным картам, построению маршрута следования ЛЗМ.

Схема, поясняющая принцип сканирования RFID-меток на стволах деревьев, показана на рис. 2.

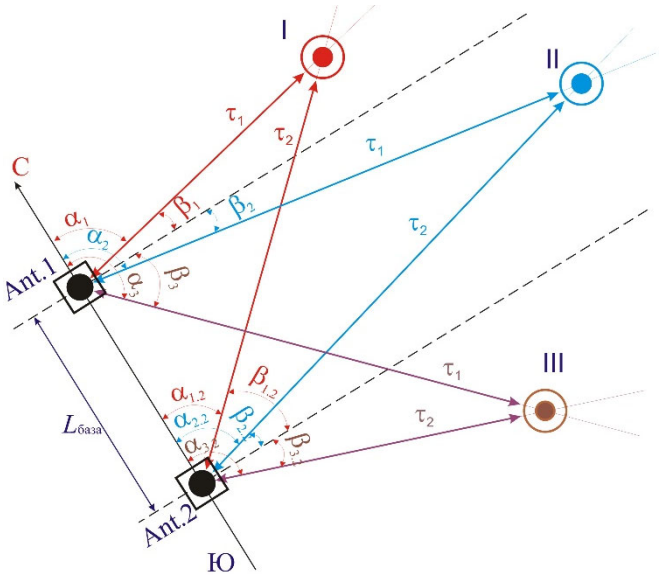



Рис. 2. Схема сканирования RFID-меток, расположенных на деревьях

Антенны *Ant*.1 и *Ant*.2 расположены на базовом расстоянии $L_{база}$, величина которой определяется поперечными габаритами ЛЗМ и используемыми радиочастотами RFID-меток. Радиочастотный диапазон RFID-меток представлен в таблице [7].

Таблица частот RFID-меток

| Тип метки | Частотный диапазон | Конкретные частоты | Стандарты |
|---|---|---|---|
| LF (Low Frequency) (низкая частота) | 125,0…134,2 кГц | 125 кГц, 134,2 кГц | ISO 11784/11785, ISO 14223 |
| HF (High Frequency) (высокая частота) | 13,56 МГц | 13,56 МГц | ISO 14443, ISO 15693, ISO 18092 |
| UHF (Ultra High Frequency) (ультра высокая частота) | 860…960 МГц | 866…868 МГц (Россия/Европа), 902…928 МГц (США) | ISO 18000-6C |
| NFC (подтип HF) | 13,56 МГц | 13,56 МГц | SO 14443, ISO 18092 |
| Активные метки (Россия) | 433 МГц | 433,92 МГц | Проприетарные протоколы |

Из приведенных данных в таблице худшим оказывается использование RFID-меток типа LF с диапазоном 125,0…134,2 кГц, т. к. они работают на взаимном магнитном поле катушек антенн. Остальные типы меток вполне приемлемы.

Из рис. 2 видно, что антенны *Ant*.1 и *Ant*.2 ориентированы по компасу, что обеспечивает упрощенный расчет координат меток I, II и III, по углам отклонения $\alpha$ и $\beta$. Расстояние высчитывается по времени $\tau_1$ и $\tau_2$ прохождения радиосигнала от антенны до RFID-метки и обратно.

Вычисление расстояния по времени распространения радиосигнала можно свести к формуле

$$\Delta S = (\Delta\tau c)/2,$$

где $\Delta S$ – расстояние в метрах;

$\Delta\tau$ – время прохождения волны;

$C$ – скорость света (299 792 458 м/с).

Более подробно сделано построение расчетной модели в работе [8], а также в работе Т. Кривченко [9], в которой сделан полный анализ специальной навигационной микросхемы nanoLOC.

В приемопередатчик микросхемы nanoLOC встроен контроллер MAC-уровня, который формирует передаваемые данные в пакеты обмена, поддерживает механизм случайного доступа к среде (CSMA/CA – Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – сетевой протокол для управления передачей данных в общей среде) и механизм временного разделения (TDMA – Time Division Multiple Access – разделение каналов по временное), реализует функцию коррекции ошибок передаваемых данных

(FEC – Forward Error Correction – прямое исправление ошибок) и обеспечивает аппаратное 128-битное шифрование. Работает на частоте 2,4 ГГц.

Для расчета координат необходимы данные угла отклонения sinα и sinβ, зависимости от выбранной системы координат и время распространения радиоволн $\tau_1$ и $\tau_2$ методом триангуляции. Возникает вопрос о точности определения координат с расчетом расстояния до RFID-метки. Рельеф местности в лесу не идеален, ЛЗМ может стоять не горизонтально, а по некоторым уклоном, как это показано на рис. 3.

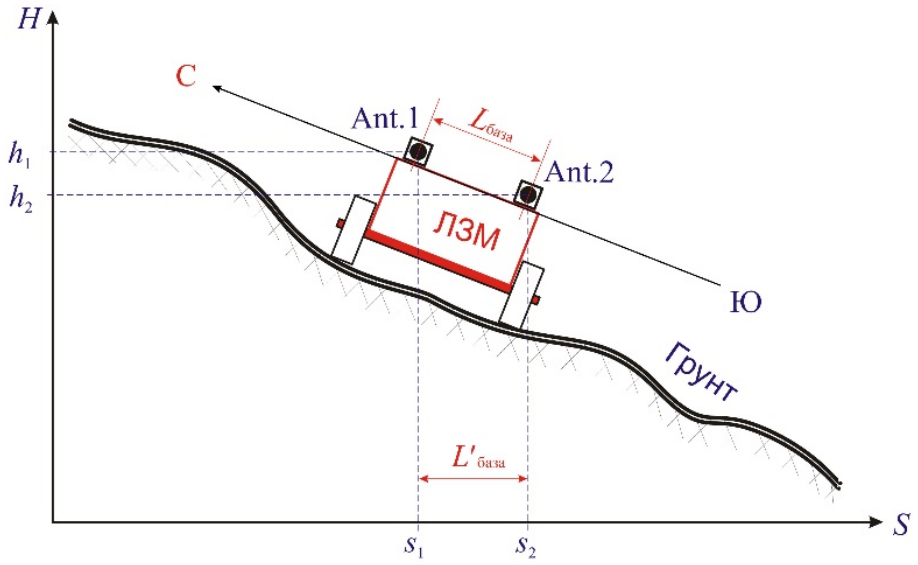



Рис. 3. Влияние уклонов на точность измерения расстояния до RFID-метки

Если при измерении расстояния до RFID-метки используется метод триангуляции, который основан на теореме синусов, то базовый размер $L_{база}$ играет существенную роль. Так, при расположении ЛЗМ под уклоном $L_{база}$ и $L'_{база}$ отличаются друг от друга. В этом случае необходимо скорректировать величину уклона расположения ЛЗМ при расчетах координат и расстояния для RFID-метки.

Таким образом, в работе сделан анализ методов и средств для поределения координат и расчета расстояния между двумя точками на плоскости. Триангуляционный метод определения координат для управления лесозаготовительной машиной при выборочной рубке деревьев вполне приемлем с учетом коррекции на рельеф местности и условий распространения радиосигнала в лесу от *Ant.* до RFID-метки и обратно к *Ant.*

Разработана структурная схема поиска RFID-меток на участке леса с учетом обоснования типа меток по радиочастотному диапазону. Представлена схема сканирования RFID-меток, расположенных на деревьях, и иллюстрация влияния рельефа участка леса на погрешность измерения.

Представлены формулы расчета расстояния по времени и соотношение сторон треугольника по теореме синусов для построения алгоритма расчета координат и расстояния.

*Список источников*

1. Макаренко А. В. Эффективность применения лесозаготовительных машин с манипулятором на лесосеке // Известия вузов. Лесной журнал. 2023. № 4. С. 120–135.

2. Перспективные направления развития технологических процессов лесосечных работ / И. В. Григорьев, О. И. Григорьева, А. И. Никифорова, В. М. Глуховский // Труды БГТУ. 2016. № 2. С. 109–116.

3. Хрусталев Д. GPS – взгляд изнутри. Спутниковая навигация и принципы построения приемников GPS и ГЛОНАСС // Компоненты и Технологии. 2001. № 6. С. 118–120.

4. Обзор алгоритмов триангуляции неявно заданной поверхности / Н. В. Бугров, В. И. Голубев, А. Ю. Дижевский [и др.] // Международная конференция MEDIAS. 2012. С. 1–23.

5. Кудж С. А., Цветков В. Я. Тринитарные системы // Российский технологический журнал. 2019. Т. 7, № 6. С. 151–167.

6. Метод калибровки измерителя на основе фазовой триангуляции для измерений в условиях ограниченного объема с преломлением оптических сигналов / В. О. Зуев, С. В. Двойнишников, И. К. Кабардин, В. В. Рахманов // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. С. 86–93.

7. Таблица RFID-меток: частоты, дальность, стоимость и применение 2025 // INNER : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QX43K (дата обращения: 29.07.2025).

8. Измерение координат источников радиоизлучения многопозиционной пассивной разностно-дальномерной системой произвольной конфигурации / Б. В. Матвеев, В. П. Дубыкин, Д. Ю. Крюков [и др.] // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2014. Т. 10, № 5. С. 114–119.

9. Кривченко Т. Программно-аппаратные методы измерения расстояния по времени распространения радиосигнала при помощи приемопередатчика nanoLOC // Беспроводные технологии. 2012. № 3. С. 48–53.

*References*

1. Makarenko A. V. The effectiveness of the use of forest machines with a manipulator in the cutting area // News of universities. Forest Journal. 2023. No. 4. P. 120–135.

2. Promising directions for the development of technological processes of logging operations / I. V. Grigoriev, O. I. Grigorieva, A. I. Nikiforova, V. M. Glukhovsky // Proceedings of BSTU. 2016. No. 2. P. 109–116.

3. Khrustalev D. GPS – an inside look. Satellite navigation and principles of building GPS and GLONASS receivers // Components and Technologies. 2001. No. 6. P. 118–120.

4. An overview of algorithms for triangulating an implicitly defined surface / N. V. Bugrov, V. I. Golubev, A. Yu. Dizhevsky [et al.] // International Conference MEDIAS. 2012. P. 1–23.

5. Kudzh S. A., Tsvetkov V. Ya. Trinitarian systems // Russian Journal of Technology. 2019. Vol. 7, No. 6. P. 151–167.

6. A method of calibrating a meter based on phase triangulation for measurements in conditions of limited volume with refraction of optical signals / V. O. Zuev, S. V. Dvoinishnikov, I. K. Kabardin, V. V. Rakhmanov // Interexpo Geo-Siberia. 2022. P. 1–8.

7. Table of RFID tags: frequencies, range, cost and application 2025 // INNER : [website]. URL: https://clck.ru/3QX43K (date of accessed: 29.07.2025).

8. Measurement of coordinates of radio emission sources by a multi-position passive difference-rangefinder system of arbitrary configuration / B. V. Matveev, V. P. Dubykin, D. Yu. Kryukov [et al.] // Bulletin of the Voronezh State Technical University. 2014. Vol. 10, No. 5. P. 114–119.

9. Krivchenko T. Software and hardware methods for measuring the distance over the propagation time of a radio signal using a nanoLOC transceiver // Wireless Technologies. 2012. No. 3. P. 48–53.

Научная статья
УДК 630.3

# ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ПРИ ЗАГОТОВКЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ – ФАКТОРЫ СОСТОЯНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ

**Сергей Борисович Якимович**
Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия
yakimovichsb@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** Даны понятия цифрового двойника и производств будущего применительно к лесопромышленному комплексу. Сформулированы факторы состояния лесозаготовок, определяющие специфику цифровых двойников объектов лесозаготовок и систем их сопровождения. Разработаны укрупненные группы требований достоверного, работающего отражения реальных объектов цифровыми двойниками, обеспечивающих производительность массового производства с индивидуализацией обработки и переработки предмета труда лесопромышленного комплекса при его существенном разнообразии и неопределенности, в частности стохастичности.

***Ключевые слова:*** заготовка древесины, факторы состояния, требования к цифровым двойникам лесозаготовок

***Для цитирования:*** Якимович С. Б. Цифровые двойники при заготовке и переработке древесины – факторы состояния и требования // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 370−375.

Original article

# DIGITAL TWINS IN WOOD PRODUCTION AND PROCESSING – STATE FACTORS AND REQUIREMENTS

**Sergey B. Yakimovich**
Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
yakimovichsb@m.usfeu.ru

© Якимович С. Б., 2026

***Abstract.*** The concepts of the digital twin and the industries of the future are given in relation to the forest industry. The factors of the state factors of wood production that determine the specifics of digital twins of wood production facilities and their support systems are formulated. Enlarged groups of requirements have been developed for reliable, working reflection of real objects by digital twins, ensuring the productivity of mass production with individualized processing and processing of the object of labor of the timber industry, with its significant diversity and uncertainty, in particular stochasticity.

***Keywords:*** wood production, state factors, requirements for digital wood production twins

***For citation:*** Yakimovich S. B. (2026) Cifrovy`e dvojniki pri zagotovke i pererabotke drevesiny` – faktory` sostoyaniya i trebovaniya [Digital twins in wood production and processing – status factors and requirements]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 370–375. (In Russ).

Актуальность темы статьи определяется Национальной технологической инициативой (НТИ) [1] и созданным в рамках этого проекта центра компетенций «Технет», определяющего направления развития и применения передовых производственных технологий, которые классифицируются как сквозные на основе какого-либо системообразующего элемента. К подобным технологиям отнесены цифровое проектирование и моделирование [2] на основе цифровых двойников в рамках цифровых и умных производств будущего. Понятия по цифровым двойникам зафиксированы в ГОСТ [3, 4]. Цифровой двойник изделия – это система, «состоящая из цифровой модели объекта и **двусторонних информационных связей с изделием** и (или) его составными частями». Цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия. На всех стадиях возможно предпроектное обоснование, проектирование, эксплуатация, сбыт, мониторинг с соответствующими изменениями. Под цифровой моделью изделия понимается система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний выполнена оценка соответствия к предъявляемым к изделию требованиям.

Использование цифровых двойников обеспечивает достоверное измерение на лесозаготовках, полную реализацию контрольно-учетных функции и сохранение производительности массового производства с его индивидуализацией под условия разнообразия природно-производственных условий

[5] и предмета труда лесозаготовок. Отличие цифровых двойников изделий [3] от моделей, постановок и решений задач оптимизации лесного комплекса [5, 6] заключается в том, что объекты лесного комплекса не могут быть смоделированы в рамках понятия изделия, поскольку обладают существенным разнообразием, начиная от лесного участка и заканчивая конечным продуктом для потребителя (пиломатериал, мебель и пр.) [6], и требуют учета этой специфики цифровых двойников в средствах создания и их сопровождения.

Исходя из изложенного, целесообразно сформулировать факторы, определяющие требования к этим системам и влияющие на качество систем цифровых двойников в условиях лесозаготовок.

К таким факторам следует отнести:

1) природно-производственные условия:

– влияние древостоя и кустарника [7], рельефа, почвенно-грунтовых условий на прохождение сигнала в системах связи (затухание сигнала с расстоянием, изменение пропускной способности каналов связи или их полное исчезновение);

– густота древостоя и кустарника (ограничение видимости и радиосвязи);

– климат и сезонные изменения – температура, снег, лед, влажный грунт (распутица), листопады и др. (влияние на системы связи и маркеры);

– отдаленность лесоучастков и, как следствие, ограниченная инфраструктура связи и электропитания;

– частые перебазировки, мобильность систем;

– биологические агрессивные воздействия среды – грибки, насекомые, коррозия материалов и др.;

– стохастичность предмета труда (разнообразие пород и сортиментов, форм бревна и дефектов) [8];

2) организационно-технологические, определяемые уровнем достигнутого техногенеза и компетенциями персонала:

– навыки операторов, компетенции инженеров, требования безопасности;

– значительные погрешности измерения и сложность измерения предмета труда;

– ударные контактные нагрузки и воздействия при заготовке, погрузке и транспортировке древесины;

– надежность и степень совершенства машин и систем связи;

– наличие программного обеспечения, обеспечивающего разработку цифровых двойников в соответствии требованиями;

– ограничения, накладываемые нормативными документами по контролю, учету и отчетности (в частности ФГИС ЛК), экологические лесохозяйственные ограничения по правилам заготовки древесины и др. [9].

Исходя из приведенного, следует сделать вывод о необходимости обоснования и формулировки требований для достоверного и работающего отражения реальных объектов цифровыми двойниками с учетом и на основе перечисленных выше факторов. К таким требованиям по укрупненным группам относятся:

1) выбор и обоснование системообразующего реального объекта (предмета труда) лесозаготовок [8] для формализации его цифровым двойником и возможность его формализованного описания;

2) требования к маркировке и маркерам, например, сортиментов в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 30 ноября 2021 г. № 2128 «О порядке определения характеристик древесины и учета древесины» – назначение, порода, длина, диаметр в верхнем отрубе, объем и дополнительные характеристики по состоянию с внутренними и внешними пороками [8]. Обеспечение идентификации предмета труда и цифрового двойника;

3) подбор или разработка аппаратного и программного обеспечения для измерений и контроля качества предмета труда в сложных условиях перечисленных ранее факторов. Обеспечение мобильности систем связи;

4) обоснование, разработка или подбор систем связи, маркировки, хранения и передачи данных при ограничениях по диэлектрической проводимости среды, слабом радиопокрытии и недостаточной видимости. Например, размещение приемо-передающих антенн, а для хранения данных двойника между сеансами связи – наличие толстого или тонкого клиента. Разработка модели связей между объектами;

5) обеспечение надежного геопозиционирования и локализации реального предмета труда с отображением в цифровом двойнике в режиме текущего времени;

6) совместимость программных и аппаратных систем лесозаготовительных машин с предлагаемыми системами;

7) обеспечение взаимодействия цифрового двойника и предмета труда в технологическом процессе. Разработка модели и оптимизация связей между предметом труда и иными объектами;

8) повышение уровня квалификации персонала, дополнительное обучение.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Сформулированные факторы состояния и требования могут быть приняты за основу при проектировании систем цифрового двойника объектов лесопромышленного комплекса и связанных с ним цифровых, умных и виртуальных производств будущего.

2. Разработка и внедрение цифровых двойников объектов лесного комплекса, а также цифровых, умных и виртуальных производств будущего, обеспечит достоверность и точность измерения и учета древесины, сохране-

ние производительности массового производства с индивидуализацией обработки и переработки предмета труда лесопромышленного комплекса при его существенном разнообразии и неопределенности, в частности стохастичности.

*Список источников*

1. Центр компетенций НТИ по направлению «Новые производственные технологии» // НТИ : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QYzQD (дата обращения: 01.10.2025).

2. Справочная информация по перечню сквозных технологий НТИ // НТИ : [сайт]. URL: https://nti2035.ru/technology/end_to_end (дата обращения: 01.10.2025).

3. ГОСТ 57700.37–2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий [Электронный ресурс]. Введен 01.01.2022. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200180928 (дата обращения: 01.10.2025).

4. ГОСТ 5770.22–2020. Компьютерные модели и моделирование. Классификация. Классификация : национальный стандарт Российской Федерации. Введен 01.06.2021. М. : Стандартинформ, 2020. 12 с.

5. Барановский В. А., Некрасов Р. М. Системы машин для лесозаготовок. М. : Лесная промышленность, 1977. 248 с.

6. Редькин А. К., Якимович С. Б. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок. М. : Московский государственный университет леса, 2005. 504 с.

7. Санников С. П., Серков П. А., Шипилов В. В. Влияние лесной среды на распространение радиоволн RFID-меток // Леса России и хозяйство в них. 2014. № 2 (49). С. 57–60.

8. Цифровизация лесного комплекса и учета древесины. Новые вызовы и перспективы : вебинар // МТС Линк : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QZ2X7 (дата обращения: 10.10.2025).

9. Якимович С. Б. Цифровизация образования и производства лесопромышленного комплекса // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века : труды XVI Международного евразийского симпозиума (Екатеринбург, 21–24 сентября 2021 г.). Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. С. 69–73.

*References*

1. Competence Center (NTI) in the field of “New production technologies” // NTI : [website]. URL: https://clck.ru/3QYzQD (date of accessed: 01.10.2025).

2. Background information on the list of cross-cutting NTI technologies // NTI : [website]. URL: https://nti2035.ru/technology/end_to_end (date of accessed: 01.10.2025).

3. GOST 57700.37–2021. Computer models and modeling. Digital twins of products [Electronic resource]. Introduced on 01.01.2022. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200180928 (date of accessed: 01.10.2025).

4. GOST 5770.22–2020. Computer models and modeling. Classification. Classification : National Standard of the Russian Federation. Introduced on 01.06.2021. M. : Standartinform, 2020. 12 p.

5. Baranovsky V. A., Nekrasov R. M. Systems of machines for wood production. M. : Forest industry, 1977. 248 p.

6. Redkin A. K., Yakimovich S. B. Mathematical modeling and optimization of wood production technologies : textbook for universities. M. : Moscow State University of Forests, 2005. 504 p.

7. Sannikov S. P., Serkov P. A., Shipilov V. V. The influence of the forest environment on the propagation of radio waves of RFID tags // Forests of Russia and economy in them. 2014. № 2 (49). P. 57–60.

8. Digitalization of the forestry complex and timber accounting. New challenges and prospects : webinar // MTS Link : [website]. URL: https://clck.ru/3QZ2X7 (date of accessed: 10.10.2025).

9. Yakimovich S. B. Digitalization of education and production of the forest industry complex // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century : proceedings of the XVI International Eurasian Symposium (Ekaterinburg, September 21–24, 2021). Ekaterinburg : USFEU, 2021. P. 69–73.

Научная статья
УДК 674.5

# ДРЕВЕСИНА КАК КЛЮЧЕВОЙ МАТЕРИАЛ В ПРОИЗВОДСТВЕ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

**Ирина Валерьевна Яцун[1], Матвей Сергеевич Чекасин[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] yatsuniv@m.usfeu.ru
[2] chekasin01gto@gmail.com

***Аннотация.*** В статье представлен анализ акустических характеристик древесины, а также рассмотрены ключевые требования к данному материалу, предъявляемые при производстве дек музыкальных инструментов. Особое внимание уделяется анализу влияния различных факторов, влияющих на качество звука музыкальных инструментов, таких как порода древесины, ее влажность, методы ее обработки и др.

***Ключевые слова:*** резонансная древесина, звуковые свойства древесины, резонансные свойства древесины, дека

***Для цитирования:*** Яцун И. В., Чекасин М. С. Древесина как ключевой материал в производстве музыкальных инструментов // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 376–380.

Original article

# WOOD AS A KEY MATERIAL IN THE PRODUCTION OF MUSICAL INSTRUMENTS

**Irina V. Yatsun[1], Matvey S. Chekasin[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] yatsuniv@m.usfeu.ru
[2] chekasin01gto@gmail.com

***Abstract.*** The article presents an analysis of the acoustic characteristics of wood, as well as discusses the key requirements for this material in the production of soundboards for musical instruments. Special attention is paid to analyzing the influence of various factors on the sound quality of musical instruments, such as wood species, its moisture content, and the methods of its processing, etc.

© Яцун И. В., Чекасин М. С., 2026

***Keywords:*** resonant wood, sound properties of wood, resonant properties of wood, soundboard

***For citation:*** Yatsun I. V., Chekasin M. S. (2026) Drevesina kak klyuchevoj material v proizvodstve muzy`kal`ny`x instrumentov [Wood as a key material in the production of musical instruments]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 376–380. (In Russ).

С древних времен люди мастерили простые деревянные музыкальные инструменты. Погремушки, барабаны, дудки и другие шумовые устройства служили для охоты и ритуалов. Шаманы использовали их, чтобы привлечь добрых духов или отпугнуть злых. Звуки часто усиливали магические заклинания. Изначально самым первым музыкальным инструментом был человеческий голос, так как благодаря нему можно издавать множество звуков. Затем люди стали замечать, что звуки, возникающие при работе, имеют определенный ритмический рисунок, что могло послужить развитию интереса к музыке.

С развитием цивилизации возникла музыкальная акустика. Музыкальная акустика – это раздел науки, занимающийся исследованиями вопросов создания, распространения и восприятия музыкальных звуковых сигналов [1]. В настоящее время развивается несколько направлений акустики, например, акустика музыкальных инструментов и голоса, акустика концертных залов и помещений для прослушивания, техника звукозаписи, компьютерные музыкальные технологии [1].

Почти любой предмет, издающий звук, может стать музыкальным инструментом. На протяжении долгих лет человечество долго и упорно трудилось, создавая разнообразные устройства для извлечения мелодий. В настоящее время древесина остается одним из главных материалов для изготовления музыкальных инструментов.

Акустические характеристики музыкального инструмента определяются физическими свойствами древесины, такими как плотность, упругость и структура волокон. Породы древесины, имеющие высокую плотность (например, эбен), обеспечивают насыщенный и глубокий тембр звука, а породы с низкой плотностью (такие как ель или болотный ясень) характеризуются яркостью, звонкостью и выраженной атакой. Таким образом, различия в звучании древесины обусловлены ее природными характеристиками и методами подготовки материала для производства музыкальных инструментов [2]. Существует множество музыкальных инструментов, созданных из массивной древесины, например, щипковые (балалайки, домры, гусли, гитары), смычковые (скрипка, альт, виолончель,

контрабас), язычковые (гармони, баяны, аккордеоны), духовые (флейта, кларнет, фагот).

Рассмотрим подробно конструкцию такого музыкального инструмента, как гитара. Она состоит из трех основных частей: голова, гриф и корпус. В голову гитары встроен колковый механизм, позволяющий регулировать натяжение струн. Основание грифа изготавливается в основном из клена, махагони или кедра. Для изготовления верхней накладки грифа используется палисандр или махагони. В верхней части грифа находится нулевой порожек, выполненный из натуральной кости или пластика. Накладка на гриф разделена на лады, которые позволяют изменять тон звука. Ладовые порожки изготавливают из различных металлов и сплавов, таких как латунь, нильсеребряный сплав, мельхиор и сталь.

Корпус – это сердце щипковых и смычковых музыкальных инструментов, именно он формирует объем и тембр звука. Как правило, он состоит из трех основных элементов: нижней и верхней дек и обечайки. У деки есть три основные функции: передача и усиление звука, определение тембра звука и эстетическая. Если первая функция говорит сама за себя, то вторая функция зависит от качества материала и геометрических (конструктивных) параметров, оказывает огромное влияние на тембр звука инструмента. Третья функция – это основной элемент внешнего вида гитары, которая может украшаться различными узорами, инкрустацией и прочими декоративными элементами.

Наиболее подходящие породами древесины для изготовления дек является ель, сосна, пихта кавказская, кедр сибирский. Лиственные породы древесины имеют более низкие акустические константы, поэтому их применение при изготовлении дек весьма ограничено. Наибольшее преимущество имеет древесина ели из-за того, что у нее относительно мало пороков и достаточная толщина стволов деревьев.

Доски, предназначенные для изготовления дек, проходят тщательный отбор. Помимо того, что резонансная древесина не должна иметь пороков, не последнюю роль играет ее влажность, которая должна колебаться в пределах от 8 до 10 % [3].

Существует косвенный и прямой способ отбора древесины для изготовления корпуса музыкальных инструментов. Данный способ подразделяется на несколько критериев и один из них – внешний вид и состояние древесины. Его суть заключается в визуальном осмотре еще не срубленного дерева или не распиленного круглого лесоматериала. Ствол должен иметь цилиндрическую форму с минимальным количеством сучков и без повреждений, а крона должна быть островершинной, узкой и симметричной. Следующий критерий – цвет и состояние коры. Однозначного ответа здесь нет, потому что разные мастера, занимающиеся отбором древесины, утверждали разное. Например, русские мастера отдавали предпочтения чешуекорым елям, так как они имеют генетическую пластичность.

В Румынии считают, что кора должна состоять из округлых и вогнутых чашечек, а во Франции утверждают, что чешуйки должны быть небольшими и гладкими. И последним критерием является макроструктура древесины. Ширина годичных колец должна варьироваться в диапазоне от 1 до 4 мм, а содержание поздней древесины не должно превышать 30 %.

Большое влияние на качество древесины оказывает наличие косослоя (таблица) [3]. Косослой – это отклонения древесных волокон от продольной оси круглого лесоматериала. Как правило, волокна расположены в бревне винтообразно от комля к вершине. Существует два основных вида наклона волокон. Первый – это природный косослой, который описан выше. Чаще всего он встречается у хвойных пород древесины. Второй вид – это искусственный косослой, который появляется в результате отклонения направления годичных колец от продольной оси материала из-за распиловки дерева с кривизной или неправильной распиловки прямолинейного ствола. Такую древесину отбраковывают из-за того, что у нее снижены физико-механические показатели. Она легко растрескивается, имеет нестабильную форму.

Влияние косослоя древесины на ее акустические свойства

| Угол наклона, град. | Изменение акустической постоянной, %, при наклоне волокон в направлении | | Угол наклона, град. | Изменение акустической постоянной, %, при наклоне волокон в направлении | |
|---|---|---|---|---|---|
| | тангенциальном | радиальном | | тангенциальном | радиальном |
| 0 | 100 | 100 | 10 | 81,9 | 79,7 |
| 2 | 98,9 | 98,9 | 15 | 68,6 | 65,7 |
| 4 | 95,1 | 95,5 | 20 | 57,6 | 55,9 |
| 6 | 92 | 91,3 | 30 | 42,3 | 43,1 |
| 8 | 87,3 | 86 | 40 | 33,1 | 34,3 |

При прямом способе определения качества резонансной древесины измеряют основные физико-механические характеристики, такие как плотность, модуль упругости, скорость звука в древесине, амплитуда колебаний и величина потерь энергии на внутреннее трение.

Способность древесины к излучению принято характеризовать акустической постоянной (акустической константой) ($K_a$):

$$K_a = \sqrt{E/\rho^3} = c/\rho,$$

где $E = c^2 p$ – модуль упругости (модуль Юнга), Па;

$c$ – скорость распространения звука в древесине, м/с;

$\rho$ – плотность древесины, кг/м$^3$.

Породы древесины, для которых значения акустической константы максимальны, наилучшим образом подходят для изготовления музыкальных

инструментов и создания интерьеров концертных залов и помещений для прослушивания. Наибольшей величиной акустической константы обладает древесина ели, пихты и кедра [4].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что хвойные породы древесины являются наиболее предпочтительным материалом для производства дек музыкальных инструментов. Это обусловлено их высокими акустическими характеристиками. В то же время лиственные породы древесины редко используются в данной области из-за их низкого значения величины акустической константы.

В связи с этим модификация лиственных пород древесины с целью улучшения их резонансных свойств является перспективным направлением научных исследований.

*Список источников*

1. Словарь аккустических терминов : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QZFGH (дата обращения: 05.09.2025).

2. Резонансная древесина // Ламинированная ДСП : [сайт]. URL: https://clck.ru/3QZF8G (дата обращения: 05.09.2025).

3. Кузнецов Л. А. Акустика музыкальных инструментов. М. : Легпромбытиздат, 1989. 364 с.

4. Глебов И. Т. Физика древесины. Екатеринбург : УГЛТУ, 2018. 80 с.

*References*

1. Dictionary of acoustic terms : [website]. URL: https://clck.ru/3QZFGH (date of accessed: 05.09.2025).

2. Resonant wood // Laminated DSP : [website]. URL: https://clck.ru/3QZF8G (date of accessed: 05.09.2025).

3. Kuznetsov L. A. Acoustics of musical instruments. M. : Legprombytizdat, 1989. 364 p.

4. Glebov I. T. Physics of wood. Ekaterinburg : USFEU, 2018. 80 p.

Научная статья
УДК 674.5

# ЗВУКОВЫЕ ПАНЕЛИ И ДРЕВЕСИНА: АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

**Ирина Валерьевна Яцун[1], Матвей Сергеевич Чекасин[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] yatsuniv@m.usfeu.ru
[2] chekasin01gto@gmail.com

***Аннотация.*** В данной статье проводится детальный анализ акустических характеристик древесины и рассматриваются различные типы акустических панелей, изготовленных из массивной древесины.

***Ключевые слова:*** звуковые панели, звуковые свойства древесины, древесина

***Для цитирования:*** Яцун И. В., Чекасин М. С. Звуковые панели и древесина: анализ акустических свойств и конструктивных решений // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 381–387.

Original article

# SOUND PANELS AND WOOD: ANALYSIS OF ACOUSTIC PROPERTIES AND STRUCTURAL SOLUTIONS

**Irina V. Yatsun[1], Matvey S. Chekasin[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] yatsuniv@m.usfeu.ru
[2] chekasin01gto@gmail.com

***Abstract.*** This article provides a detailed analysis of the acoustic properties of wood and discusses various types of acoustic panels made from solid wood.

***Keywords:*** sound panels, sound properties of wood, wood

© Яцун И. В., Чекасин М. С., 2026

***For citation:*** Yatsun I. V., Chekasin M. S. (2026) Zvukovy`e paneli i drevesina: analiz akusticheskix svojstv i konstruktivny`x reshenij [Sound panels and wood: analysis of acoustic properties and structural solutions]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 381–387. (In Russ).

Звуковые свойства древесины – это комплекс свойств и характеристик древесины, позволяющих отражать, поглощать и проводить звук.

Особенности распространения звуковых волн зависят от физических свойств среды, таких как влажность, плотность и направление волокон [1].

Рассмотрение звуковых свойств древесины начнем с акустической эмиссии. Это явление излучения звуковых волн под действием нагрузки, в результате которой деформируется структура и появляются дефекты, например, микроразрывы. Метод акустической эмиссии применяется для отслеживания состояния конструкций, так как позволяет выявлять развитие повреждений в деревянных конструкциях и оценивать их остаточный ресурс. Применяется он также при контроле технологических процессов, таких как резание, сушка и склеивание древесины. Анализ разрушения позволяет изучать скорость разрушения древесины, образования дефектов и их размер с целью повысить устойчивость древесины к высоким нагрузкам. Предупреждение о разрушении: стойки из хвойных пород древесины при усилении давления на крепь начинают издавать треск, что является сигналом о том, что стойка в скором времени разрушится. Именно поэтому деревянные стойки используют в горнодобывающей промышленности.

Резонансные свойства древесины – это способность древесины усиливать звук без искажения. Благодаря данному свойству древесина широко используется в производстве музыкальных инструментов.

Звукопроводность древесины – это способность проводить звук, скорость которого зависит от направления волокон (вдоль волокон звук распространяется с большей скоростью, чем поперек). Из-за хорошей звукопроводности древесина применяется в строительстве, и, как было сказано выше, в производстве музыкальных инструментов. Дополнительным свойством звукопроводности может являться индикация качества древесной породы. Если у дерева при ударении звонкий звук, то оно качественное, а если глухой, то загнивающее или поражено паразитами.

Звукопоглощающая способность древесины – это способность древесины поглощать звуковые волны. Для характеристики данного свойства был введен коэффициент звукопоглощения (α):

$$\alpha = {E_{\text{пад.}}}\Big/{E_{\text{погл.}}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{пад.}}$ – падающая звуковая энергия, Дж/м$^3$;

$E_{\text{погл.}}$ – поглощенная звуковая энергия, Дж/м$^3$.

Падающая звуковая энергия – это энергия, которую излучает источник звуковых волн, а поглощенная звуковая энергия – это некоторая часть звуковой энергии, которую поглотила звуковая панель.

Коэффициент звукопоглощения варьируется в диапазоне от 0 до 1, в частотном диапазоне от 100 до 4000 Гц данные представлены в таблице [1].

Значение коэффициента звукопоглощения

| Наименование материала | Коэффициент звукопоглощения, α | |
|---|---|---|
| | от | до |
| Сосновая перегородка толщиной 19 мм | 0,081 | 0,11 |
| Кора пробкового дуба | 0,2 | 0,8 |
| ДСтП | 0,2 | 0,5 |
| МДФ | 0,4 | 0,8 |
| Панели с перфорацией и воздушными промежутками | 0,6 | 0,8 |

С опорой на знания о звуковых свойствах древесины были созданы звуковые панели. Это специально разработанные конструкции из древесины, предназначенные для отделки стен и потолков внутри помещений, с целью повышения качества акустики помещения, снижения эха и повышения эстетической и декоративной атмосферы (рис. 1).



Рис. 1. Пример отделки акустическими панелями[1]

При воздействии звуковых волн панель подвергается вибрационным колебаниям. Если происходит совпадение собственной частоты панели

[1] Изображение взято с сайта: stroi-news.ru. URL: https://clck.ru/3QeBKx (дата обращения: 5.09.2025).

и воздействующей на нее волны, то это является проявлением такого явления, как резонанс. Вблизи от панели формируется звуковое поле, в котором происходит перераспределение энергии между различными полуволнами колеблющейся конструкции. В результате часть энергии звуковых волн не рассеивается в окружающее пространство и сохраняется в виде кинетической энергии в воздушной среде, примыкающей к панели. Этот процесс обеспечивает звукопоглощение в диапазоне низких частот [2]. Величина этой частоты определяется соотношением

$$f_{\text{гр}} = 0{,}55\left(\frac{\text{С}_{\text{в}}^2}{h\text{С}_{\text{д}}}\right), \quad (2)$$

где $\text{С}_{\text{в}}$ – скорость звука в воздухе, м/с;

$\text{С}_{\text{д}}$ – скорость звука в древесине панели, м/с;

$h$ – толщина панели, мм.

При волновом совпадение интенсивность изгибных колебаний резко увеличивается. С граничной частоты начинается достаточно эффективное звукоизлучение от самой панели, что может негативно повлиять на акустику помещений [3]. Известно, что скорость звука в древесине определяется соотношением

$$\text{С}_{\text{д}} = \sqrt{\text{E}/\rho}, \quad (3)$$

где $E$ – модуль упругости, Па;

$\rho$ – плотность древесины, кг/м$^3$.

Существует множество видов акустических панелей, остановимся на некоторых из них:

1) *перфорированные деревянные акустические панели* (рис. 2). Используются для создания комфортной акустической среды в домах, офисах, студиях и других общественных зданиях. Принцип действия основан на рассеивании и поглощении звуковых волн, счет отверстий разного диаметра и глубины;

2) *панели, покрытые текстилем или тканью* (рис. 3). Каркас может создаваться из массивной древесины или древесных материалов, таких как МДФ или ДСтП с применением высококачественных тканей, которые улучшают визуальную привлекательность помещения, а панели обеспечивают превосходные акустические свойства за счет поглощения звуковых волн;

3) *реечные деревянные панели* (рис. 4). Выполнены в виде планок из древесины с зазорами между ними с подложенными акустическим материалом. Используются в основном для внутренней отделки и декорирования помещений, а также для зонирования пространства. За счет поглощения звуковых волн снижается уровень эха в помещении;



Рис. 2. Перфорированные деревянные акустические панели[2]



Рис. 3. Панели, покрытые текстилем или тканью[3]

[2] Изображение взято с сайта: pinterest.com. URL: https://clc.li/SiycL (дата обращения: 5.09.2025).
[3] Изображение взято с сайта: mmvikont.ru. URL: https://clck.ru/3QeJgw (дата обращения: 5.09.2025).

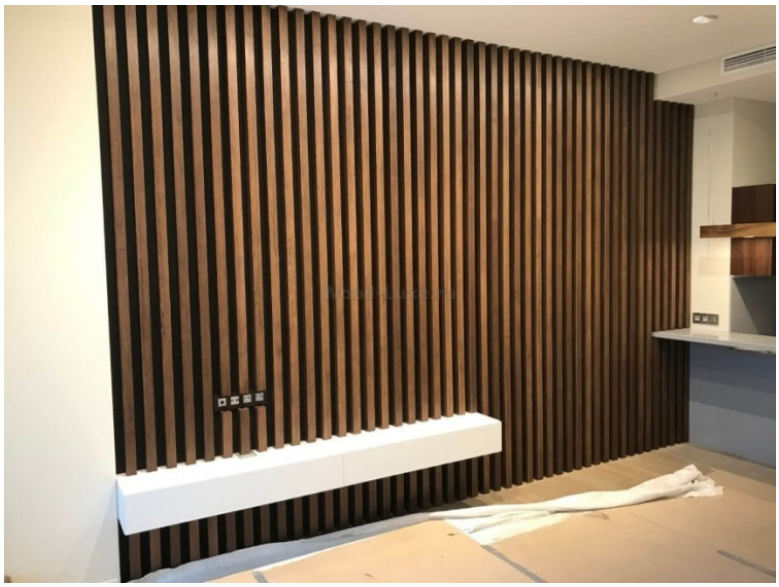


Рис. 4. Реечные деревянные панели[4]

4) *потолочные перегородки* (рис. 5) – это подвесные акустические панели, которые свисают с потолка и поглощают звук со всех направлений, а также устраняют эхо и реверберацию, что помогает повысить разборчивость речи. Изготавливают из древесноволокнистой плиты средней плотности (МДФ), реже из массивной древесины.



Рис. 5. Потолочные перегородки[5]

[4] Изображение взято с сайта: stroistyle.com. URL: https://clck.ru/3Qgi7C (дата обращения: 5.09.2025).

[5] Изображение взято с сайта: yandex.ru. URL: https://clck.ru/3QeKEo (дата обращения: 5.09.2025).

Таким образом, на основании выше сказанного можно сделать вывод что, использование акустических панелей повышает качество звучания в помещении, ликвидирует посторонние звуки и снижает эхо. За счет высоких декоративных свойств древесины придают интерьеру стильный вид, добавляя теплоту и минимализм в помещении. Чтобы повысить качество звука, панели нужно изготавливать из высококачественных древесных материалов, что считается не целесообразным. Но возможно другое решение – это модифицирование древесины мягколиственных пород с целью повышения звуковых свойств и создание оптимальной конструкции звуковой панели.

*Список источников*

1. Звуковые свойства древесины // Большая российская энциклопедия : [сайт]. URL: https://bigenc.ru/c/zvukovye-svoistva-drevesiny-83c1d6 (дата обращения: 05.09.2025).

2. Рейхардт В. Акустика общественных зданий. М. : Стройиздат, 1984. 200 с.

3. Шлычков С. В. Влияние породы древесины на качество акустических панелей // Лесной вестник. 2016. Т. 20, № 4. С. 60–63.

*References*

1. Sound properties of wood // The Great Russian Encyclopedia : [website]. URL: https://bigenc.ru/c/zvukovye-svoistva-drevesiny-83c1d6 (date of accessed: 05.09.2025).

2. Reinhardt V. Acoustics of Public Buildings. M. : Stroyizdat, 1984. 200 p.

3. Shlychkov S. V. The effect of wood type on the quality of acoustic panels // Forestry bulletin. 2016. Vol. 20, No. 4. P. 60–63.

# СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Научная статья
УДК 004.65

# СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТОМ В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ

**Евгения Васильевна Анянова[1], Фаррух Ахмаджонович Жабборов [2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] anyanovagv@m.usfeu.ru
[2] jabborovfa@mail.ru

***Аннотация.*** В статье рассматриваются задачи автоматизации документооборота на предприятии. В частности, описаны проблемы ручной обработки документов в ООО «Эмалто» (производителе обуви). Предложена клиент-серверная информационная система, обеспечивающая автоматическую регистрацию документов, формирование электронных журналов, поиск по реквизитам, постановку на контроль и генерацию отчетов.

***Ключевые слова:*** документооборот, автоматизация, информационная система, корпоративное управление, контроль исполнения документов

***Для цитирования:*** Анянова Е. В., Жабборов Ф. А. Современные автоматизированные информационные технологии для управления документооборотом в корпоративной среде // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 389−395.

Original article

# MODERN AUTOMATED INFORMATION TECHNOLOGIES FOR DOCUMENT FLOW MANAGEMENT IN THE CORPORATE ENVIRONMENT

**Evgenia V. Anyanova[1], Farrukh A. Zhabborov[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] anyanovagv@m.usfeu.ru
[2] jabborovfa@mail.ru

© Анянова Е. В., Жабборов Ф. А., 2026

***Abstract.*** The article examines the tasks of automating document flow at an enterprise. In particular, it describes the problems of manual document processing at Emalto LLC (shoe manufacturer). A client-server information system is proposed, providing automatic document registration, electronic journal creating, search by details, control registration and report generation.

***Keywords:*** document flow, automation, information system, corporate management, document execution control

***For citation:*** Anyanova E. V., Zhabborov F. A. (2026) Sovremennye avtomatizirovannye informacionnye texnologii dlya upravleniya dokumentoborotom v korporativnoj srede. [Modern automated information technologies for document flow management in the corporate environment]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 389–395. (In Russ).

Организация эффективного документооборота является критически важной задачей для любого предприятия. В современных условиях повышение эффективности управления предполагает совершенствование работы с документами: от этого зависит качество управленческих решений и работа аппарата управления. Ручные журналы и бумажные формы учета документов затрудняют поиск информации и контроль сроков. Так, в АХО компании Эмалто ежегодно регистрируется около 2000 входящих, 1500 исходящих и 2500 внутренних документов, при этом многие операции выполняются вручную. Существующая система обработки документов (бумажные журналы, файлы Excel) не обеспечивает эффективного поиска и контроля, например, чтобы найти просроченные документы, приходится листать длинные журнал и таблицы.

В связи с этим на предприятии поставлена задача автоматизации учета и контроля исполнения документов. Автоматизированная система должна заменить рутинные операции – регистрацию, учет, поиск и контроль документов – и сократить временные затраты персонала. В статье описываются проблемы текущей системы документооборота в Эмалто, архитектура и функции разработанного решения, обоснование необходимости автоматизации, а также сравнение с существующими системами.

В ООО «Эмалто» документооборот ведется по традиционной журнальной схеме. Каждый документ регистрируется последовательно в бумажных или электронных журналах входящих, исходящих и внутренних документов. При этом информация о постановке документов на контроль заносится в Excel-файл «Контроль и учет исполнения». Такие подходы имеют ряд серьезных недостатков:

• огромные трудозатраты на поиск. Журнальная система учета ведется хронологически, поэтому поиск нужного документа требует пролистывания записей в журнале. Аналогично, Excel-файл не позволяет быстро найти документы по реквизитам: чтобы найти просроченные или конкретные документы, приходится вручную просматривать таблицу. Это приводит к значительным потерям рабочего времени и снижению оперативности работы отдела;

• отсутствие контроля сроков. Поскольку информация о дате исполнения просто записывается в журналах, нет автоматического механизма отслеживания просрочек. Документы с истекшим сроком исполнения обнаруживаются только при их просмотре, что повышает риск пропуска важных сроков и снижает дисциплину исполнения;

• дублирование регистрации. Каждый документ регистрируется в разных журналах (входящих, внутренней переписки, исходящих) – вплоть до 3–5 раз. Это дублирование увеличивает вероятность ошибок и создает избыточную бумажную работу;

• фрагментированность информации. Документы хранятся в архивах «дел» (папках) и бумажных записях; не существует единой электронной базы. Нет отслеживания связи между документами и их текущего статуса по подразделениям. Вопрос о том, у кого находится тот или иной документ и на какой стадии его исполнение, часто остается без оперативного ответа.

В совокупности указанные проблемы приводят к неэффективному управлению документооборотом и снижению качества работы АХО. Журнальная система регистрации делает практически невозможной справочную работу по документам, а при возникновении необходимости поиска нужного документа приходится последовательно просматривать записи. Следствием этого являются задержки в исполнении документов, увеличение бумажного документооборота и снижение исполнительской дисциплины.

На рынке информационных систем автоматизации документооборота представлено множество готовых решений. «На сегодняшний день в России существует множество систем электронного документооборота, призванных для автоматизации делопроизводства и административного управления» [1]. Среди основных коммерческих продуктов обычно выделяют:

• «Евфрат-Документооборот» (Cognitive Technologies). Система выступает как электронный архив с базовыми функциями контроля исполнения. Она позволяет автоматизировать регистрацию документов, обеспечивает совместную работу сотрудников, поиск информации, контроль выполнения задач, формирование отчетов и ограничение прав доступа. При этом «Евфрат» рассчитан на работу как небольшого отдела (канцелярии), так и распределенной организации;

• «Флагман: Документооборот» (Инфософт). Подсистема входит в корпоративную систему «Флагман» и предназначена для автоматизации дело-

производства. Она обеспечивает регистрацию и обработку документов, рассылку их по исполнителям, создание полнотекстовых файлов и ведение реестров [2]. Функционал включает ввод документа, создание макетов для печати, поиск по реквизитам, задание этапов обработки и маршрутов, а также контроль исполнения;

• «Дело» (ЭОС). Семейство систем «Дело» полностью соответствует отечественным нормативам делопроизводства. Оно поддерживает как электронный документооборот, так и параллельную обработку бумажных документов, предоставляет средства организации workflow с централизованным учетом движения и исполнения документов [1].

Несмотря на богатый функционал, перечисленные системы имеют и недостатки для конкретного предприятия. Во-первых, они зачастую избыточно сложны и дороги в эксплуатации, содержат функции (работа с удаленными офисами, web-интеграция, рассылка по e-mail, SMS), которые не требуются данному заказчику. Во-вторых, в готовых продуктах могут отсутствовать специфические отчеты, важные для АХО Эмалто (например, отчет по исполнению документов по подразделениям). Таким образом, существующие системы оказываются либо слишком тяжеловесными, либо неполными в части учета локальных требований. Это обосновывает разработку специализированного решения, адаптированного под бизнес-процессы Эмалто.

Для наглядности в таблице приведена сводка основных возможностей рассмотренных систем и предлагаемой разработки.

Сравнительная характеристика систем электронного документооборота

| Система | Регистрация документов | Ведение журналов | Поиск по реквизитам | Контроль сроков | Формирование отчетов |
|---|---|---|---|---|---|
| «Евфрат-Документооборот» | да | да | да | да | да |
| «Флагман: Документооборот» | да | да | да | да | да |
| «Дело» | да | да | да | да | да |
| Разрабатываемая система | да | да | да | да | да |

Все перечисленные системы обеспечивают основные функции регистрации, поиска, контроля и отчетов [2]. Разрабатываемая система заточена

под особенности документооборота предприятия, исключая избыточный функционал сторонних систем.

Разрабатываемая система призвана устранить выявленные недостатки ручного документооборота. Она построена по клиент-серверной архитектуре: в основе – централизованная реляционная база данных (например, MS SQL Server) и бизнес-логика на C# (Visual Studio), а пользователю предоставлен графический интерфейс форм для ввода данных. Такой подход обеспечивает хранение данных в едином хранилище, поддерживает многопользовательский доступ и возможности масштабирования.

Основные функции системы реализованы согласно постановке задачи:

- автоматическая регистрация входящих, исходящих и внутренних документов;
- формирование и поддержка электронной номенклатуры справочников;
- редактирование и удаление записей о документах;
- автоматическое формирование журналов регистрации на основе заполненных регистрационных карточек;
- расширенный поиск по любым реквизитам документа (номер, дата, тема, исполнитель и т. д.);
- постановка документов на контроль по срокам исполнения и автоматический учет их статусов;
- генерация типовых отчетов по документообороту (входящим, незавершенным, просроченным документам и т. д.).

Интерфейс системы представляет собой набор связанных экранных форм ввода и просмотра информации. При регистрации документа открывается форма «регистрационная карточка» с полями (дата, номер, содержание, исполнитель, срок и т. д.), куда оператор вносит данные. После регистрации сведения сохраняются в базе данных, что позволяет «забросить» документ в общий реестр. На основе уже заполненной карточки система автоматически заполняет соответствующие журналы регистрации (входящих, исходящих, внутренних). Журналы выводятся на экран и могут сортироваться по дате, исполнителю или статусу, что облегчает контроль и поиск. Например, сортировка по столбцу «срок исполнения» позволяет быстро получить список документов с истекающим сроком.

Система предусматривает распределение прав доступа. Определены два уровня: Администратор (полные права на регистрацию, изменение и удаление документов) и Пользователь (только просмотр). Такая разграниченность защищает от несанкционированных изменений. Важная функция – гибкий поиск. Пользователь может искать документы по любому реквизиту: номеру, дате, исполнителю, теме и т. д. Поиск осуществляется как по текущим, так и по историческим записям. В результате система мгновенно выдает нужные записи, что ранее было невозможно в журнальной технологии.

Таким образом, созданная система реализует автоматизированный цикл документооборота от регистрации до отчетности. Автоматизация снимает

рутинные операции и обеспечивает непрерывный контроль: к примеру, при заполнении поля «срок исполнения» документ автоматически попадает на контроль, а после фактического исполнения поле обновляется. Все изменения сразу отражаются в базе, что повышает актуальность информации и готовность отчетов к выдаче руководству.

Внедрение автоматизированной системы документооборота в Эмалто призвано существенно повысить эффективность работы АХО. Во-первых, у всех подразделений вводится единая формализованная технология делопроизводства. Это обеспечивает унификацию и прозрачность процесса управления документами. Во-вторых, организация становится полностью управляемой: появляется возможность ответить на любой запрос по документам и исполнителям, проводить анализ документооборота и выявлять «узкие места». Упрощается координация через различные отделы даже в распределенной структуре предприятия.

Кроме того, автоматизация ускоряет прохождение документов по организации. При внедрении электронного документооборота время доставки и обработки входящих/исходящих документов заметно сокращается. Система снизит трудоемкость операций: хотя первичная регистрация с вводом полных данных требует усилий, впоследствии поиск, повторное использование информации и подготовка отчетов выполняются в разы быстрее [3]. Это приводит к снижению ошибок учета и уменьшению бумажной волокиты.

Автоматизация документальных процедур способствует повышению дисциплины исполнения: руководитель в любой момент может получить аналитические справки о неисполненных или просроченных заданиях. В итоге улучшается качество управления предприятием в целом. «Внедрение автоматизированного документооборота обеспечивает снижение психологических и физиологических нагрузок сотрудников, т. к. время, затрачиваемое на рутинную работу, существенно уменьшается». Отпадает необходимость ручного перебора бумажных журналов – вместо этого система выдаст списки документов по любым критериям в считанные секунды.

Сравнение с существующими системами подтверждает преимущества разработанного решения. Как указано выше, готовые системы («Евфрат», «Флагман», «Дело») обладают широким функционалом, но зачастую избыточным для АХО Эмалто и дорогостоящим. Разработанная система оптимизирована под фактические потребности: в ней реализованы только необходимые модули (регистрация, учет, контроль, отчеты), что упрощает ее сопровождение. Например, отсутствует сложный механизм работы с удаленными офисами, но добавлена функция составления отчетов по невыполненным документам – чего не хватало в стандартных решениях [4]. При этом системная архитектура позволяет в будущем расширять функционал (например, интеграция с сайтом или бухгалтерией) без полного перепроектирования, сохраняя централизованный учет.

В статье показана актуальность автоматизации документооборота в современных организациях. На примере предприятия Эмалто выявлены основные проблемы ручных процедур – фрагментарный учет, трудоемкий поиск, отсутствие контроля. Разработана автоматизированная информационная система, которая объединяет регистрацию входящих, исходящих и внутренних документов, электронные регистрационные журналы, поиск по базе данных и контроль сроков исполнения. Система выполнена по клиент-серверной архитектуре с универсальной базой данных, что обеспечивает централизованное хранение информации и возможность удаленного доступа в будущем.

Результаты внедрения подтвердили ожидаемые эффекты: сократилось время обработки документов, уменьшилось количество ошибок при вводе, повысилась исполнительская дисциплина. Информационная система позволила перейти к формально регламентированному документообороту и оперативному контролю за исполнением поручений. Таким образом, автоматизация документооборота на предприятии показала свое преимущество: она устранила выявленные недостатки бумажной технологии и повысила управляемость организацией в целом.

*Список источников*

1. Ахметова Г. Р. Информационные системы и технологии в экономике. М. : ИНФРА-М, 2021. 352 с.

2. Григорьев С. Г., Титов В. А. Автоматизация документооборота в организациях. СПб. : Питер, 2020. 288 с.

3. Крюков А. С. Системы электронного документооборота: теория и практика. М. : Юрайт, 2018. 270 с.

4. Бовина Н. Л. Основы управления товарными запасами на складе. М. : Экономика, 2017. 240 с.

*References*

1. Akhmetova G. R. Information systems and technologies in economics. M. : INFRA-M, 2021. 352 p.

2. Grigoriev S. G., Titov V. A. Automation of document flow in organizations. St. Petersburg : Piter, 2020. 288 p.

3. Kryukov A. S. Electronic document flow systems: theory and practice. M. : Yurait, 2018. 270 p.

4. Bovina N. L. Fundamentals of inventory management in a warehouse. M. : Economy, 2017. 240 p.

Научная статья
УДК 674.047

# ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

**Евгения Васильевна Анянова[1], Хайрулло Хасанович Ходжиев[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] anyanovagv@m.usfeu.ru
[2] hojiev99.99@mail.ru

***Аннотация.*** В статье рассмотрены современные цифровые технологии и автоматизация в управлении сушкой пиломатериалов на деревообрабатывающих предприятиях. Описаны SCADA-системы, датчики влажности, интеллектуальные алгоритмы, IoT-решения и системы сбора данных, применяемые для контроля сушки древесины.

***Ключевые слова:*** автоматизация производства, SCADA-система, датчики влажности, IoT, качество

***Для цитирования:*** Анянова Е. В., Ходжиев Х. Х. Цифровые технологии в управлении качеством сушки пиломатериалов // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 396−400.

Original article

# DIGITAL TECHNOLOGIES IN QUALITY MANAGEMENT OF SAWN TIMBER DRYING

**Evgenia V. Anyanova[1], Khairullo H. Hojiev[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] anyanovagv@m.usfeu.ru
[2] hojiev99.99@mail.ru

***Abstract.*** The article examines modern digital technologies and automation in the management of sawn timber drying at woodworking enterprises. SCADA systems, humidity sensors, intelligent algorithms, IoT solutions, and data collection systems used to control the sawn timber drying are described.

© Анянова Е. В., Ходжиев Х. Х., 2026

***Keywords:*** production automation, SCADA system, humidity sensors, IoT, quality

***For citation:*** Anyanova E. V., Hojiev Kh. H. (2026) Cifrovye texnologii v upravlenii kachestvom sush-ki pilomaterialov [Digital technologies in the quality management of sawn tumber drying]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 396–400. (In Russ).

Сушка пиломатериалов является критически важным и энергоемким этапом лесопереработки. На этом этапе древесина избавляется от избыточной влаги, и от точности соблюдения температурно-влажностного режима зависит прочность готовой продукции и доля бракованных изделий. Ручное управление параметрами сушки часто не обеспечивает стабильности режима: испытания показывают, что оно сопровождается колебаниями влажности и перерасходом энергии. Поэтому для повышения качества высушиваемой древесины и снижения потерь внедряются цифровые технологии и автоматизированные системы управления процессом [1].

Современные системы управления сушильными камерами основаны на PLC-контроллерах и SCADA, которые непрерывно отслеживают и регулируют ключевые параметры процесса. Автоматическая система управления сушки реагирует на изменение фактических значений климата (температуры и влажности) и автоматически подмешивает свежий воздух в необходимых объемах для поддержания заданного режима. Благодаря этому поддерживается оптимальная влажность древесины на протяжении всего цикла. Как отмечено на примере одной системы, подобная автоматизация приводит к существенному повышению качества высушиваемого материала и производительности, упрощению обслуживания оборудования и снижению энергопотребления. Автоматический контроль позволяет поддерживать стабильность режима и исключает человеческий фактор, благодаря чему уменьшаются случаи пересушки или недосушки и связанный с ними брак [2].

Для точного контроля процессов сушки применяются современные датчики влажности и температуры воздуха и древесины, включая стационарные и беспроводные IoT-сенсоры. Применение беспроводных RF-датчиков позволяет устанавливать десятки сенсорных элементов внутри камеры, что дает полную картину распределения влаги в загруженных пиломатериалах. Данные этих датчиков передаются в систему управления и используются для оперативной корректировки режима. Внедрение IoT-функционала обеспечивает предиктивное обслуживание: сенсоры информируют оператора о потенциальных неполадках (например, низком заряде аккумулятора) заранее. Это повышает надежность системы и предотвращает простои из-за от-

казами датчиков. Сетевое объединение сушильных камер позволяет централизованно мониторить несколько установок удалеbнно, что облегчает управление большими производствами и обеспечивает быстрое принятие решений на основе глобальных данных [3].

Интеграция «умных» алгоритмов управления – адаптивных ПИД-регуляторов, нейронных сетей, предиктивных моделей – позволяет оптимизировать режим сушки под конкретные условия и вид древесины. Такие интеллектуальные алгоритмы автоматически настраивают параметры сушки, минимизируя потери энергии и времени. Автоматизированные системы действительно сокращают продолжительность цикла и энергозатраты, одновременно повышая качество продукции и снижая количество брака. Дополнительные технологии, как рекуперация тепла и ПИД-регулирование частоты вентиляторов, также внедряются в системы управления сушильными камерами, представлены в таблице. В совокупности эти меры обеспечивают равномерное просушивание по всему объему и поддержание параметров в узких пределах, что гарантирует стабильное высокое качество древесины [4].

Сравнение систем управления процессом сушки древесины

| Система управления | Преимущества | Недостатки | Область применения |
|---|---|---|---|
| Ручной контроль (hot-check) | Низкая стоимость, простота внедрения | Нет непрерывного контроля, высокая вероятность ошибок, низкая точность и энергоэффективность | Небольшие предприятия, низкие объемы |
| Локальные регуляторы (PID) | Частичная автоматизация, относительно низкая цена | Ограниченные возможности синхронизации, требуется ручная настройка, отсутствие централизованного мониторинга | Малый и средний бизнес |
| SCADA/PLC системы | Полная автоматизация процесса, надежный контроль, сбор данных и визуализация, удаленный мониторинг | Высокая стоимость внедрения, сложность обслуживания, требуется квалификация персонала | Средние и крупные предприятия |

*Окончание таблицы*

| Система управления | Преимущества | Недостатки | Область |
|---|---|---|---|
| Интеллектуальные IoT-системы | Предиктивное управление, оптимизация энергопотребления, анализ данных, удаленное управление | Наибольшая стоимость и сложность, требуются IT-инфраструктура и обеспечение кибербезопасности | Крупные и инновационные производства |

Внедрение информационных технологий и автоматизации в процесс сушки пиломатериалов дает заметный эффект: за счет точного контроля параметров сушки достигается более равномерное высушивание, уменьшается число трещин и деформаций, а также сокращаются энергетические и материальные потери. SCADA-системы и датчики позволяют минимизировать влияние человеческого фактора и оперативно реагировать на любые отклонения, а интеллектуальные алгоритмы оптимизируют работу установки по условиям загрузки. В результате деревообрабатывающее предприятие получает высококачественный продукт с более стабильными характеристиками при меньших затратах ресурсов и времени. Применение перечисленных цифровых технологий показало в реальных проектах повышение производительности и качества продукции при снижении эксплуатационных затрат.

*Список источников*

1. Дунаев А. М., Дунаев М. П. Автоматизированная система научных исследований технологического процесса сушки древесины // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2019. № 3. С. 443–450. // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/journal/issue/324140 (дата обращения: 13.01.2026).

2. Моделирование процесса сушки пиломатериалов / А. Г. Гороховский, В. В. Побединский, Е. Е. Шишкина, Е. В. Побединский // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 1. С. 154–166 // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/journal/issue/ (дата обращения: 13.01.2026).

3. Цифровые технологии в лесном секторе : материалы конференции / под редакцией А. А. Добровольского [и др.]. Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. 110 с. // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/288926 (дата обращения: 13.01.2026).

4. Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Т. 3 // Сборник научных трудов по результатам работы X

Всероссийской научно-практической конференции с международным участием : материалы конференции / под редакцией В. В. Сурова [и др.]. Вологда : ВГМХА им. Н. В. Верещагина, 2025. Т. 3 : Ч. 1. Биологические науки, 2025. С. 403.

*References*

1. Dunaev A. M., Dunaev M. P. Automated System of Scientific Research of the Technological Process of Wood Drying // Bulletin of Irkutsk State Technical University. 2019. No. 3. P. 443–450. // Lan : electronic library system. URL: https://e.lanbook.com/journal/issue/324140 (date of accessed: 13.01.2026).

2. Modeling the Drying Process of sawn timber / A. G. Gorokhovsky, V. V. Pobedinsky, E. E. Shishkina, E. V. Pobedinsky // News of higher educational institutions. Forest journal. 2020. No. 1. P. 154–166. // Lan : electronic library system. URL: https://e.lanbook.com/journal/issue/ (date of accessed: 13.01.2026).

3. Digital Technologies in the Forest Sector: Conference Proceedings / Edited by A. A. Dobrovolsky [et al.]. St. Petersburg : SPSFU, 2022. 110 p. // Hind : electronic library system. URL: https://e.lanbook.com/book/288926 (date of accessed: 13.01.2026).

4. Young Researchers of the Agro-Industrial and Forest Complexes to the Regions. Vol. 3 // Collection of Scientific Papers Based on the Results of the 10th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation: Conference Proceedings / Edited by V. V. Surov [et al.]. Vologda : N. V. Vereshchagin All-Russian Research Institute of Agricultural Engineering, 2025. Vol. 3: P. 1. Biological Sciences, 2025. P. 403.

Научная статья
УДК 332.1

# ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕСС ОЦЕНКИ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

**Татьяна Львовна Безрукова[1], Оксана Васильевна Кувшинова[2], Евгений Игоревич Гаврилов[3], Владимир Витальевич Миколюк[4]**
[1-4] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия
[1] bezrukova_t_l@mail.ru
[2] oxkuv@yandex.ru
[3] evgeny.gavrilov@metafrax.ru
 mikolyuk_v@mail.ru

***Аннотация***. В статье рассматривается актуальная проблема интеграции цифровых технологий в процессе оценки социо-эколого-экономической эффективности развития регионов. Раскрывается понятие социо-эколого-экономической эффективности, анализируются современные подходы к ее оценке, предлагаются методические подходы к применению цифровых моделей для комплексной оценки эффективности развития регионов.

***Ключевые слова:*** цифровые технологии, социо-эколого-экономическая эффективность, региональное развитие, методические подходы, искусственный интеллект, устойчивость

***Для цитирования:*** Интеграция цифровых технологий в процесс оценки социо-эколого-экономической эффективности регионального развития: методические подходы / Т. Л. Безрукова, О. В. Кувшинова, Е. И. Гаврилов, В. В. Миколюк // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 401−408.

© Безрукова Т. Л., Кувшинова О. В., Гаврилов Е. И., Миколюк В. В., 2026

Original article

# INTEGRATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES INTO THE PROCESS OF ASSESSING THE SOCIO-ECOLOGICAL-ECONOMIC EFFICIENCY OF REGIONAL DEVELOPMENT: METHODOLOGICAL APPROACHES

**Tatyana L. Bezrukova[1], Oksana V. Kuvshinova[2], Evgeny I. Gavrilov[3], Vladimir V. Mikolyuk[4]**

[1–4] Voronezh State Forestry University named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia

[1] bezrukova_t_l@mail.ru

[2] oxkuv@yandex.ru

[3] evgeny.gavrilov@metafrax.ru

 mikolyuk_v@mail.ru

***Abstract.*** This article examines the pressing issue of integrating digital technologies into the processes of assessing the socio-ecological-economic performance of regional development. It explains the concept of socio-ecological-economic effectiveness, analyzes modern approaches to its assessment, and proposes methodological approaches to the application of digital models for comprehensive assessment of regional development effectiveness.

***Keywords:*** digital technologies, socio-ecological-economic efficiency, regional development, methodological approaches, artificial intelligence, sustainability

***For citation:*** Integraciya cifrovyx texnologij v process ocenki socio-ekologo-ekonomicheskoj effektivnosti razvitiya regionov: metodicheskie podxody [Integration of digital technologies into the process of assessing the socio-ecological-economic efficiency of regional development: methodological approaches] (2026) T. L. Bezrukova, O. V. Kuvshinova, E. I. Gavrilov, V. V. Mikolyuk. Effective response to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies. [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : Proceedings of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 401–408. (In Russ).

В условиях цифровизации экономики оценка эффективности регионального развития приобретает большую актуальность. Социо-эколого-экономическая эффективность подразумевает баланс между экономическим ростом, социальной стабильностью и экологической устойчивостью. Интеграция цифровых технологий позволяет автоматизировать сбор и анализ данных, повышая объективность оценок, а также оптимизировать использование ресурсов и минимизировать риски. Актуальность темы обусловлена

необходимостью адаптации методических подходов к вызовам цифровой трансформации. Цель статьи – раскрыть теоретические основы и разработать методические подходы к интеграции цифровых технологий в оценку социо-эколого-экономической эффективности регионального развития с акцентом на преимущества такого внедрения [1].

Оценка социо-эколого-экономической эффективности – это комплексный анализ, который учитывает взаимосвязи между социальными, экологическими и экономическими аспектами развития региона. Она помогает измерять, насколько сбалансировано развитие территории, чтобы оно было устойчивым в долгосрочной перспективе, без ущерба для природы, общества и экономики. Социо-эколого-экономическая эффективность отражает баланс между экономическим ростом (например, ВВП региона, инвестиции), социальным благополучием (уровень доходов, занятость, качество жизни) и экологической устойчивостью (снижение загрязнений, рациональное использование ресурсов) в рамках регионального развития. Оценка – это не просто расчет показателей, а инструмент для формирования мнения о состоянии системы на основе синтеза данных [2].

Оценка социо-эколого-экономической эффективности напрямую влияет на разработку стратегий регионального развития. Она предоставляет данные для создания муниципальных и региональных программ, ориентированных на устойчивость. Без такой оценки стратегии могут быть неэффективными, игнорируя экологические риски или социальные проблемы, что приводит к неравномерному развитию. В настоящее время социо-эколого-экономическая оценка эффективности регионов затрудняется высокой степенью изменчивости внутренних и внешних факторов (изменения климата, пандемические угрозы, изменения рынка труда в условиях цифровизации и т. д.), а внедрение цифровых технологий позволит быстро и точно анализировать большое количество данных и отслеживать возможные изменения.

Н. Р. Кельчевская отметила: «Научные подходы к изучению цифровизации бизнес-процессов включают в себя анализ влияния цифровых технологий на экономические показатели, такие как производительность, эффективность и прибыльность, а также на социальные аспекты, такие как взаимодействие с обществом и окружающей средой» [3]. Л. В. Лапидус и В. М. Бондаренко акцентируют внимание на перспективах развития цифровой экономики [4, 5], а в работе А. А. Гретченко – на перспективах цифровизации [6]. Например, Big Data [4] («большие данные», представляют собой технологии обработки огромных объемов, структурированных и неструктурированных данных, генерируемых в реальном времени из различных источников, таких как сенсоры, спутники и социальные сети) стали неотъемлемой частью цифровой экономики, позволяя анализировать паттерны и прогнозировать тенденции с высокой точностью. Искусственный интеллект (ИИ), в свою очередь, включает алгоритмы машинного обучения,

нейронные сети и системы поддержки решений, которые автоматизируют анализ и принятие решений. «Электронная коммерция, цифровые сервисы и логистические решения помогают укреплению региональных экономических связей и расширению внутреннего спроса… онлайн-образование, дистанционное обучение и цифровые платформы для развития компетенций способствуют подготовке квалифицированных кадров, необходимых для устойчивого развития регионов» – отметила А. Г. Санина [7].

Цифровые технологии влияют на оценку социо-эколого-экономической эффективности, позволяя интегрировать разнородные данные для комплексного анализа. Например, Big Data используются для мониторинга экологических систем, где анализ данных помогает оптимизировать ресурсопотребление и снижать загрязнения. Е. А. Лясковская и К. М. Григорьева подчеркивают, что сквозные цифровые технологии, такие как искусственный интеллект и большие данные, интегрируются в стратегии устойчивого развития для оптимизации управления и мониторинга в реальном времени [8]. Интеграция Big Data и искусственного интеллекта трансформирует оценку социо-эколого-экономической эффективности, делая ее более динамичной и точной. Это влияет на эффективность, повышая точность индикаторов: экономическая компонента оптимизируется через предиктивную аналитику (прогноз валового регионального продукта), социальная – через анализ данных о здоровье и занятости, экологическая – через мониторинг загрязнений. В регионах цифровизация повышает доступность услуг, снижая социальные издержки. «Цифровые инструменты существенно упрощают доступ к обучающим программам и позволяют формировать сетевые сообщества для обмена опытом, что стимулирует процесс саморазвития регионов», – отмечает С. А. Синтяев [9].

Методические подходы к интеграции цифровых технологий в оценку социо-эколого-экономической эффективности регионального развития предполагают использование комплексных моделей, которые сочетают экономические, социальные и экологические индикаторы с цифровыми инструментами для анализа и прогнозирования. Они включают разработку гибридных моделей, сочетающих факторный анализ с ИИ-алгоритмами. Основные цели – повышение точности оценок, минимизация рисков (технологических, институциональных, экологических) и обеспечение баланса между ростом и устойчивостью. Е. А. Лясковская и соавторы предлагают методику рейтингования регионов по обеспеченности устойчивого развития цифровыми инструментами, включающую пять этапов: постановочный, информационный, расчетный, аналитический, диагностический [8]. Методологии строятся на комбинации количественных и качественных методов, включая системный анализ, стандартизацию данных и экспертные оценки. Они интегрируют цифровые технологии для автоматизации процессов, что позволяет перейти от статических оценок к мониторингу в настоящем времени.

Рассмотрим основные методические походы, выделенные в литературе:

1. Комплексный анализ статистических данных и композитных индикаторов – показателей, которые объединяют несколько метрик для комплексной оценки. Этот подход предполагает процесс сбора и объединения данных из различных источников, таких как статистика и опросы, для создания композитных индексов, отражающих баланс социо-эколого-экономических аспектов. Цифровые технологии интегрируются для обработки разнородных данных. Big Data используется для сбора и анализа больших наборов данных (например, из региональных статистических систем, административных баз, социальных сетей), а искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения выявляют паттерны и корреляции (например, через матрицы корреляций). Это позволяет моделировать возможные векторы развития региона, прогнозировать риски, такие как экологические катастрофы или социальный дисбаланс и оптимизировать ресурсы.

2. Модель цифровой зрелости и индекса цифровой активности [10], она представляет собой гибридный инструмент оценки, первоначально разработанный для агропромышленного комплекса (АПК), но широко адаптируемый для регионов в целом. Такая модель фокусируется на измерении уровня интеграции цифровых технологий в процессы, что позволяет оценивать готовность к трансформации и ее влияние на социо-эколого-экономическую эффективность регионального развития. Она сочетает качественные этапы зрелости с количественными расчетами индекса, учитывая региональные аспекты, такие как инфраструктура, человеческий капитал и институциональную среду [11]. В контексте России интегрируется в национальные программы, такие как «Цифровая экономика», и помогает выявлять диспропорции в развитии регионов, способствуя устойчивому балансу экономического роста, социальной инклюзии и экологической оптимизации.

3. Контент-анализ и системный анализ для экологизации. Представляют собой интегрированный методический подход, ориентированный на экологический аспект устойчивого регионального развития. Этот пункт фокусируется на оценке и трансформации региональных систем через призму экологизации – процесса, при котором экономическая деятельность адаптируется для минимизации негативного воздействия на окружающую среду, с акцентом на баланс с социальными и экономическими факторами. Подход сочетает качественный анализ текстовых и информационных источников (контент-анализ) с комплексным моделированием систем (системный анализ), что позволяет выявлять факторы экологизации, такие как снижение загрязнений, рациональное природопользование и интеграция «зеленых» технологий. В контексте цифровизации он усиливает роль Big Data и искусственного интеллекта для автоматизированной обработки данных, способствуя переходу регионов к устойчивой модели развития без ущерба для экосистем. Этот метод особенно актуален для промышленных регионов России, где экологизация интегрируется в стратегии [12]. Контент-анализ

в этом контексте – это метод систематического изучения текстовых материалов (например, нормативные акты, СМИ, отчеты, научные публикации) для выявления тем, тенденций и факторов экологизации. Он позволяет количественно и качественно оценить, как экологические проблемы отражаются в информационном пространстве регионов, выявляя закономерности (например, частоту упоминаний загрязнений или «зеленых» инициатив). Системный анализ дополняет его, рассматривая регион как целостную систему с подсистемами (экономическая, социальная, экологическая), где экологизация выступает как процесс оптимизации взаимосвязей для устойчивости.

Общий алгоритм интеграции цифровых технологий в оценку включает следующие этапы:

1. Сбор и агрегация данных из разнообразных источников при помощи Big Data и алгоритмов искусственного интеллекта.

2. Выбор и расчет индикаторов, формирование системы индикаторов (экономических: ВРП, инвестиции; социальных: занятость, доходы; экологических: выбросы, ресурсопотребление).

3. Многоуровневый анализ и моделирование. Применение алгоритмов искусственного интеллекта (например, машинное обучение для корреляций) для анализа взаимосвязей. Моделирование сценариев с использованием Big Data для прогнозирования.

4. Оценка и интерпретация.

5. Мониторинг и оптимизация.

Таким образом, рассмотренные модели демонстрируют, что цифровизация служит катализатором для гармоничного регионального развития. Эти подходы обеспечивают переход к устойчивому развитию, но требуют адаптации к региональным условиям и дальнейших исследований для полной интеграции.

*Список источников*

1. Белозерова Т. П. Система социо-эколого-экономической оценки, как элемент стратегии устойчивого развития Муниципального Образования // Российское предпринимательство. 2011 Т. 12, № 7. С. 164–168.

2. Грузневич Е. С. Оценка социо-эколого-экономической эффективности деятельности организации: сущность и методический подход // Научный результат. Экономические исследования. 2021. Т. 7, № 3. С. 61–70.

3. Кельчевская Н. Р., Жапаров Р. Н. Интеграция цифровых технологий в стратегию устойчивого развития промышленного предприятия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2024. Т. 18, № 3. С. 79–90.

4. Лапидус Л. В. BIG DATA, Sharing Economy, интернет вещей, роботизация: взгляд в будущее российского бизнеса // Перспективы развития

электронного бизнеса и электронной коммерции : материалы III Межфакультетской научно-практической конференции молодых ученых: доклады и выступления. М., 2017. С. 5–24.

5. Bondarenko V. M. Digital Economy: A Vision From The Future // Journal of Economic Science Research. 2020. Vol. 3 (1). P. 16–23.

6. Гретченко А. А. Сущность цифровой экономики, генезис понятия «цифровая экономика» и предпосылки ее формирования в России // Научно-аналитический журнал наука и практика российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. 2018. Т. 10, № 3. С. 23–27.

7. Санина А. Г. Цифровая трансформация и устойчивое развитие российских регионов: оценки соотношения и управленческие импликации // Вопросы государственного и муниципального управления. 2025. № 2. С. 67–83.

8. Лясковская Е. А., Григорьева К. М. Оценка устойчивого развития региона в цифровой среде: цифровые инструменты в стратегиях, программах и проектах развития // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2025. Т. 19, № 1. С. 32–48.

9. Синтяев С. А. Методология оценки эффективности цифровых платформ в контексте устойчивого развития региональных экономических систем // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Т. 15, № 3А. С. 141–153.

10. Мороз О. Н., Медведский Д. А. Концептуально-методические подходы к оценке эффективности цифровой трансформации агропромышленного комплекса России в условиях технологических и институциональных рисков // Вопросы инновационной экономики. 2024. Т. 14, № 1. С. 325–344.

11. Банных Г. А., Баранова М. Е., Режецкая А. И. Оценка цифровой зрелости регионов как инструмент цифровой трансформации государственного управления // Российские регионы в фокусе перемен : сборник докладов в двух томах (18–20 ноября 2021 года, Екатеринбург). Т. 2. Екатеринбург : УрФУ, 2022. С. 554–560.

12. Системный анализ факторов эколого-ориентированного регионального развития (на примере Тюменского района) / Т. И. Паюсова, Н. В. Жеребятьева, Е. А. Карагулян, Е. Я. Ошуркова // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13, № 8. С. 3019–3036.

*References*

1. Belozerova T. P. The system of socio-ecological-economic assessment as an element of the sustainable development strategy of a municipality // Russian entrepreneurship. 2011. Vol. 12, No. 7. P. 164–168.

2. Gruznevich E. S. Assessment of the socio-ecological and economic efficiency of an organization: essence and methodological approach // Scientific result. Economic research. 2021. Vol. 7, No. 3. P. 61–70.

3. Kelchevskaya N. R., Zhaparov R. N. Integration of digital technologies into the strategy of sustainable development of an industrial enterprise // Bulletin of the South Ural State University. 2024. Vol. 18, No. 3. P. 79–90.

4. Lapidus L. V. BIG DATA, Sharing Economy, Internet of Things, Robotization: A Look into the Future of Russian Business // Prospects for the Development of Electronic Business and Electronic Commerce : Proceedings of the III Interfaculty Scientific and Practical Conference of Young Scientists. M., 2017. P. 5–24.

5. Bondarenko V. M. Digital Economy: A Vision From The Future // Journal of Economic Science Research. 2020. Vol. 3(1). P. 16–23.

6. Gretchenko A. A. The essence of the digital economy, the genesis of the concept of "digital economy" and the prerequisites for its formation in Russia // Scientific and analytical journal science and practice of the Plekhanov Russian University of Economics. 2018. Vol. 10, No. 3. P. 23–27.

7. Sanina A. G. Digital Transformation and Sustainable Development of Russian Regions: Ratio Assessments and Management Implications // Issues of Public and Municipal Administration. 2025. No. 2. P. 67–83.

8. Lyaskovskaya E. A., Grigorieva K. M. Assessing the Sustainable Development of a Region in the Digital Environment: Digital Tools in Development Strategies, Programs, and Projects // Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management. 2025. Vol. 19, No. 1. P. 32–48.

9. Sintyaev S. A. Methodology for Assessing the Effectiveness of Digital Platforms in the Context of Sustainable Development of Regional Economic Systems // Economy: Yesterday, Today, Tomorrow. 2025. Vol. 15, No. 3A. P. 141–153.

10. Moroz O. N., Medvedsky D. A. Conceptual and methodological approaches to assessing the effectiveness of digital transformation of the Russian agro-industrial complex in the context of technological and institutional risks / O. N. Moroz, D. A. Medvedsky // Issues of Innovative Economics. 2024. Vol. 14. No. 1. P. 325–344.

11. Bannykh G. A., Baranova M. E., Rezhetskaya A. I. Assessing the digital maturity of regions as a tool for digital transformation of public administration // Russian regions in the focus of change: collection of papers in two volumes, (November 18–20, 2021, Ekaterinburg). Vol. 2. Ekaterinburg : URFU, 2022. P. 554–560.

12. Systems analysis of factors of environmentally oriented regional development (on the example of the Tyumen region) / T. I. Payusova, N. V. Zherebyateva, E. A. Karagulyan, E. Ya. Oshurkova // Economy, entrepreneurship and law. 2023. Vol. 13, No. 8. P. 3019–3036.

Научная статья
УДК 004.421

# ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЛАНДШАФТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Юлия Леонидовна Нирян[1], Павел Леонидович Нирян[2]**
[1] Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия
[2] Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
[1] niran2016@mail.ru
[2] niran908@gmail.com

***Аннотация.*** Ландшафтная индустрия, являясь ключевым элементом широкого сектора проектирования, переживает период интенсивной цифровой трансформации. Эта трансформация стимулируется возрастающими требованиями к экологической устойчивости проектов и необходимостью повышения операционной эффективности. Традиционные рабочие процессы в этой сфере, зависевшие от ручного труда, сталкиваются с серьезными вызовами.

***Ключевые слова:*** ландшафтное проектирование, искусственный интеллект, прогнозирование, дизайн, моделирование

***Для цитирования:*** Нирян Ю. Л., Нирян П. Л. Искусственный интеллект в ландшафтном проектировании и строительстве // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 409−414.

Original article

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LANDSCAPE DESIGN AND CONSTRUCTION

**Yulia L. Niryan[1], Pavel L. Niryan[2]**
[1] Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia
[2] Orenburg State University, Orenburg, Russia
[1] niran2016@mail.ru
[2] niran908@gmail.com

© Нирян Ю. Л., Нирян П. Л., 2026

***Abstract.*** The landscape industry, a key element of the broader design sector, is undergoing a period of intense digital transformation. This transformation is driven by increasing demands for environmental sustainability in projects and the need to improve operational efficiency. Traditional work processes in this sector, which relied on manual labor, are facing significant challenges.

***Keywords:*** landscape design, artificial intelligence, forecasting, design, modeling

***For citation*****:** Niryan Yu. L., Niryan P. L. (2026) Iskusstvennyj intellekt v landshaftnom proektirovanii i stroitel'stve. [Artificial intelligence in landscape design and construction] Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 409–414. (In Russ).

Наиболее значительное развитие в области ландшафтного дизайна связано с переходом искусственного интеллекта (ИИ) от инструмента исключительно эстетического рендеринга к инструменту, обеспечивающему экологическую конгруэнтность. В ходе традиционного проектирования визуально привлекательные решения могут не соответствовать долгосрочным экологическим требованиям, что часто объясняется пробелами в экспертных ботанических знаниях дизайнера.

ИИ-инструменты стремятся преодолеть этот разрыв, интегрируя «экологический интеллект» с самого начала процесса. Система анализирует обширные данные о климате, типе почвы и уровне инсоляции участка (например, полный свет, полутень), чтобы предложить оптимальные решения и виды растений, адаптированные к конкретным условиям. Например, генераторы ландшафта могут предлагать растения, которые процветают в условиях низкой влажности, что идеально подходит для садов в засушливом климате.

ИИ позволяет также проводить прогнозное моделирование экосистем. Модели и алгоритмы анализируют и прогнозируют влияние проектных решений на критически важные показатели, такие как водные ресурсы, качество почвы, биоразнообразие и накопление углерода. Это позволяет ландшафтным архитекторам принимать решения, основанные на данных, что повышает устойчивость и жизнеспособность создаваемых ландшафтов в долгосрочной перспективе. На уровне городского планирования ИИ используется для анализа трафика и инфраструктуры, помогая определить оптимальные места для новых зеленых коридоров и парков, тем самым способствуя созданию более устойчивых и пригодных для жизни городов [1].

Ключевые направления применения искусственного интеллекта.

Применение ИИ в ландшафтной индустрии можно разделить на три основные функциональные домена, которые охватывают весь жизненный цикл проекта:

1. Генеративный дизайн и экологическое моделирование: использование ИИ для ускорения креативного поиска и обеспечения экологической устойчивости на ранних этапах проекта.

2. Оптимизация рабочих процессов: повышение точности и скорости на этапах оценки, сметы и документации.

3. Автономные операции и эксплуатация: интеграция робототехники, умного орошения и предиктивного мониторинга для управления полевыми работами и ресурсами.

1. Генеративный дизайн и экологическое моделирование.

ИИ трансформирует концептуальный дизайн, традиционно являющийся наиболее трудоемким этапом ландшафтного проекта. Генеративные модели значительно ускоряют процесс и предоставляют широкое поле для творческих экспериментов.

Генеративный ИИ, в частности модели Text-to-Image, такие как Midjourney, позволяют ландшафтным архитекторам мгновенно создавать реалистичные визуализации наружных пространств на основе коротких текстовых промптов. Этот процесс резко сокращает время, необходимое для разработки концепций, которое в традиционном формате могло занимать недели или даже месяцы. Специализированные программы способны сгенерировать более 50 вариантов планировки территории за считанные минуты, в то время как традиционный метод обычно ограничивался 3–5 вариантами, сокращая общее время разработки проекта с 4–6 недель до 2–3 дней.

Подобные инструменты, такие как Neighborbrite и Ideal House, демократизируют доступ к ландшафтному дизайну, позволяя домовладельцам без обширного опыта легко визуализировать идеальное открытое пространство, загрузив фотографию и выбрав желаемый стиль. Кроме того, ИИ интегрируется с профессиональными инструментами. Например, интеграция ИИ с программным обеспечением для автоматизированного проектирования (CAD), таким как Vectorworks, позволяет улучшить качество рендеринга и дополнить 2D/3D макеты, делая презентации более наглядными и вдохновляющими.

2. Оптимизация рабочих процессов.

На подготовительных стадиях строительных и ландшафтных проектов искусственный интеллект становится ключевым инструментом повышения эффективности инвестиций. Его ценность проявляется прежде всего в способности автоматизировать трудоемкие, но жизненно важные процессы, на которые раньше уходили десятки часов ручной работы. Одним из наиболее показательных примеров можно считать интеллектуальные системы расчета объемов материалов – так называемые *takeoffs*, где алгоритмы машинного обучения берут на себя полный цикл измерений и подсчетов.

Современные платформы, включая Beam AI и аналогичные решения, способны полностью автоматизировать извлечение количественных данных из исходных источников. Они анализируют как визуальные материалы, так

и проектную документацию, устраняя человеческий фактор и ускоряя процесс в разы. Работа таких систем строится на двух ключевых типах входных данных.

Во-первых, используются аэрофотоснимки высокого разрешения. Алгоритмы определяют площадь газонов, протяженность живых изгородей, количество деревьев и кустарников, распознавая их по геолокации конкретного объекта. Этот подход особенно востребован при планировании ухода за зелеными насаждениями или реконструкции территорий. Во-вторых, в строительных и ирригационных проектах ИИ анализирует загруженные планы – PDF-чертежи, схемы трубопроводов, посадочные графики. Из них автоматически извлекаются объемы таких материалов, как мульча, гравий, бетонные покрытия, газонные рулоны или элементы оросительных систем.

Практические результаты впечатляют. По данным отраслевых обзоров за 2024 г., автоматизация расчетов позволяет сократить временные затраты почти на 90 %. Для подрядчиков это эквивалентно экономии 15–20 рабочих часов каждую неделю. Освободившиеся ресурсы можно направить на стратегические задачи – оптимизацию себестоимости, анализ конкурентов, расширение участия в тендерах. Как следствие, компании увеличивают количество поданных заявок в два раза и повышают общую пропускную способность бизнеса без расширения штата [2].

Ниже в таблице представлено сравнение традиционного и ИИ-подхода к составлению смет.

Сравнительный анализ автоматизированного и ручного составления смет

| Параметр | Традиционный (ручной) метод | ИИ-Автоматизированный Подход (напр., Beam AI) |
|---|---|---|
| Время на выполнение (Takeoff) | Часы/Дни кропотливой работы | Сокращение до 90 % (минуты/часы) |
| Точность расчетов | Зависит от человеческого фактора (до 85 %) | Высокая, проверенная QA (свыше 90 %) |
| Скорость отклика на тендеры | Низкая, ограничивает количество bids | Увеличение количества обрабатываемых заявок (до 2X больше bids) |
| Исходные данные | 2D-чертежи, физические замеры | Аэрофотоснимки, PDF, BIM-модели |

3. Автономные операции и эксплуатация.

Внедрение автономной техники, разработанной для сельского хозяйства и строительства, активно адаптируется для коммерческого ландшафта, решая проблему нехватки квалифицированного персонала. Коммерческие автономные роботы-газонокосилки (AMRs) спроектированы специально

для больших открытых пространств, таких как спортивные поля, аэропорты, общественные кампусы и бизнес-парки.

Эти машины используют продвинутые технологии, включая GPS и RTK-картирование, для обеспечения высокой точности навигации. Оператору требуется лишь один раз вручную объехать периметр и определить зоны, свободные от кошения; после этого робот сохраняет план и выполняет его автономно при последующих посещениях. Ключевым показателем эффективности является возможность масштабирования рабочей силы: один оператор может одновременно управлять до трех автономными машинами, что делает автономию «мультипликатором рабочей силы» и позволяет достигать высокой скорости кошения (1,5–2,5 акра/час) [3].

Технологии, такие как комплект автономности John Deere, использующий передовое компьютерное зрение, ИИ и Lidar, демонстрируют, как автономия распространяется на более сложные ландшафтные задачи, включая автономное опрыскивание в садах, где требуется навигация в плотных условиях.

Искусственный интеллект постепенно меняет саму природу проектирования в ландшафтной архитектуре и строительстве. Его влияние проявляется не только в ускорении работы, но и в качественном изменении подходов – от первых эскизов до эксплуатации готового объекта. Если раньше архитектурный замысел в значительной степени опирался на интуицию и опыт проектировщика, то сегодня алгоритмы позволяют создавать решения, в которых эстетика, функциональность и экологическая целесообразность соединяются в единую систему. Программы на основе машинного обучения анализируют ботанические данные, микроклимат, гидрологические параметры, создавая модели устойчивых экосистем, способных адаптироваться к изменению климата и сезонным колебаниям.

На практике это означает переход от традиционного «ручного» проектирования к интеллектуальной среде, где архитекторы и инженеры сотрудничают с алгоритмами. Системы умного орошения, автономная строительная техника и цифровые модели местности сокращают время реализации проектов на 25–40 %, одновременно снижая расход воды и энергоресурсов. Исследования показывают, что внедрение ИИ-технологий может уменьшить углеродный след крупных ландшафтных проектов почти на треть [4].

Тем не менее, несмотря на впечатляющий потенциал, уровень интеграции искусственного интеллекта в отрасли остается низким: по последним оценкам около 83 % компаний все еще не используют ИИ-инструменты в ежедневной работе. Причины кроются в технологических барьерах – несовместимых программных решениях, фрагментации данных и устаревших рабочих процессах. Немалую роль играет и организационная инерция: в компаниях с жесткой иерархией инновации часто воспринимаются как риск, а не как стратегическая необходимость.

Чтобы преодолеть эти ограничения, руководителям отрасли стоит сосредоточиться на трех направлениях. Во-первых, необходимо стандартизировать данные. Инвестиции в унифицированные платформы управления (например, адаптированные для ландшафтных задач BIM-системы) создают основу для масштабирования и внедрения аналитических решений. Во-вторых, автоматизацию следует направлять туда, где она быстро окупается. Хорошие примеры – интеллектуальные системы составления смет и роботизированная техника, повышающая эффективность строительных операций. В-третьих, важно формировать гибридные компетенции. Ландшафтный архитектор будущего – это не просто проектировщик, а специалист, который объединяет экологическое мышление, управленческие навыки и техническое понимание алгоритмов.

*Список источников*

1. Сахаров П. М., Тлустый Р. Е. Искусственный интеллект в архитектурном проектировании: инновации, оптимизация и будущее // Вестник науки. 2024. №. 6. С. 1423–1437.

2. John Deere Reveals New Autonomous Machines and Technology at CES 2025 // Deere : [сайт]. URL: https://www.deere.co.uk/en-gb/media-center/john-deere-reveals-new-autonomous-machines-and-technology-at-ces--2025 (дата обращения: 14.01.2026).

3. AI in Landscaping: Why 83% of Pros Haven't Adopted It (Yet) // GreenPal : [сайт]. URL: https://www.yourgreenpal.com/blog/ai-in-landscaping-why-83-of-pros-haven-t-adopted-it-yet (дата обращения: 14.01.2026).

4. The Role of Artificial Intelligence (AI) in Smart Irrigation Systems // Dripworks : [сайт]. URL: https://www.dripworks.com/blog/the-role-of-artificial-intelligence-ai-in-smart-irrigation-systems (дата обращения: 14.01.2026).

*References*

1. Sakharov P. M., Tlusty R. E. Artificial intelligence in architectural design: innovation, optimization and the future // Science Bulletin. 2024. No. 6. P. 1423–1437.

2. John Deere Reveals New Autonomous Machines and Technology at CES 2025 // Deere : [website]. URL: https://www.deere.co.uk/en-gb/media-center/john-deere-reveals-new-autonomous-machines-and-technology-at-ces--2025 (date of accessed: 14.01.2026).

3. AI in Landscaping: Why 83% of Pros Haven't Adopted It (Yet) // GreenPal : [website]. URL: https://www.yourgreenpal.com/blog/ai-in-landscaping-why-83-of-pros-haven-t-adopted-it-yet (date of accessed: 14.01.2026).

4. The Role of Artificial Intelligence (AI) in Smart Irrigation Systems // Dripworks : [website]. URL: https://www.dripworks.com/blog/the-role-of-artificial-intelligence-ai-in-smart-irrigation-systems (date of accessed: 14.01.2026).

Научная статья
УДК 004.942 (629.3)

# РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГИДРОПРИВОДА УПРАВЛЕНИЯ НАВЕСНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ТРАКТОРА МТЗ (BELARUS) 82

**Владимир Викторович Побединский[1], Григорий Александрович Иовлев[2], Андрей Александрович Лазуков[3], Александр Владимирович Андрианов[4]**

[1] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

[1–4] Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

[1] pobedinskii@m.usfeu.ru

[2] gri-iovlev@yandex.ru

[3] lazukov@mail.com

[4] alexandrandrwork@gmail.com

***Аннотация***. Рассмотрена проблема совершенствования гидропривода трактора. Цель работы заключалась в создании имитационной модели гидропривода управления навесным оборудованием трактора МТЗ BELARUS 82. Разработан алгоритм в программе визуально-блочного моделирования Simulink+Simscape, предназначенный для использования при проектировании конструкции гидросистемы трактора.

***Ключевые слова*:** гидропривод, моделирование работы гидропривода, Simulink+Simscape

***Для цитирования:*** Разработка имитационной модели гидропривода управления навесным оборудованием трактора МТЗ (BELARUS) 82 / В. В. Побединский, Г. А. Иовлев, А. А. Лазуков, А. В. Андрианов // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 415−420.

© Побединский В. В., Иовлев Г. А., Лазуков А. А., Андрианов А. В., 2026

Original article

# DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF A HYDRAULIC DRIVE FOR CONTROLLING ATTACHED EQUIPMENT FOR THE MTZ TRACTOR (BELARUS) 82

**Vladimir V. Pobedinsky[1], Grigory A. Iovlev[2], Andrey A. Lazukov[3], Alexander V. Andrianov[4]**
[1] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1–4] Ural State Agrarian Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] pobedinskii@m.usfeu.ru
[2] gri-iovlev@yandex.ru
[3] lazukov@mail.com
[4] alexandrandrwork@gmail.com

***Abstract***. The problem of improving the tractor's hydraulic drive has been considered. The purpose of this work was to create a simulation model of the hydraulic drive for controlling the attachments of the MTZ BELARUS 82 tractor. An algorithm has been developed in the Simulink+Simscape visual block modeling program, which can be used in the design of the tractor's hydraulic system

***Keywords:*** hydraulic drive, hydraulic drive simulation, Simulink+Simscape
***For citation:*** Razrabotka imitazinnoi modeli gidroprivoda upravleniaj navesnum oborudovaniem traktora MTZ (BELARUS) 82. [Development of a simulation model of a hydraulic drive controlling attached for the MTZ tractor (BELARUS) 82] (2026) V. V. Pobedinsky, G. A. Iovlev, A. A. Lazukov, A. V. Andrianov. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 415–420. (In Russ).

В настоящее время в лесной отрасли самой распространенной технологией становится сортиментная заготовка древесины с использованием системы машин «Харвестер-Форвардер». Но еще в 1990-х гг. и даже десять лет назад в Российской Федерации не было подобных машин отечественного выпуска. На сегодняшний день благодаря политике импортозамещения, а в первую очередь благодаря санкциям Запада, в России и странах СНГ появилась целая индустрия этих машин собственного производства.

Показательным примером является модельный ряд тракторов МТЗ BELARUS, первоначально предназначенный для агропромышленного комплекса. За короткий срок Минским заводом был освоен серийный выпуск целого модельного ряда универсальной лесной техники

«BELARUS» для лесозаготовительных и лесохозяйственных технологий [1], включающий следующие модели и модификации: BELARUS ТТР-411, BELARUS ТТР-411.1, BELARUS Л1221, МУЛ 1221 Belarus, МУЛ 82.2 Belarus, BELARUS Л82.2, BELARUS МЛХ-46, «BELARUS-SAMPO» МЛХ46, Belarus МПТ 461.1, Belarus Л952.4, BELARUS ТТР-401М, МЛ 131 Belarus, BELARUS МЛПТ-344, BELARUS Л1221, BELARUS Л1221.1, BELARUS МПТ-471, BELARUS ММ-2,0.

В сравнении с аналогами лесопромышленных стран эти машины не уступают, а по ряду технологических параметров для наших условий превосходят зарубежные. Они выполняют все операции лесосечных работ для сортиментов и хлыстов: любые виды рубок, трелевку, сбор сортиментов, штабелирование, формирование пачек. Выполняют работы в любых природно-климатических, грунтовых условиях, видах рельефа, атмосферных явлениях и пр.

При этом в сравнении с предыдущими, базовые модели МТЗ-82 или МТЗ-1221 имеют увеличенную мощность и более широкие технологические возможности, поскольку совмещаются практически с любым навесным оборудованием для тракторов в лесном, сельском хозяйстве, строительстве, коммунальной сфере. Как видим, именно большой перечень навесного оборудования, управляемый на всех моделях гидроприводом, является важнейшим условием применимости трактора.

Еще одним важным моментом в эволюции трактора МТЗ являются короткие сроки создания модельного ряда, что невозможно достичь без современных методов проектирования, в частности самого распространенного метода модельно-ориентированного проектирования. В настоящее время созданы компьютерные средства для реализации таких задач, например, приложение Simulink с библиотекой блоков Simscape системы MATLAB.

Таким образом, внедрение современных методов проектирования в конструкторскую практику и учебный процесс ВУЗов является актуальным направлением.

Таким образом, было создание имитационной модели гидропривода управления навесным оборудованием трактора МТЗ BELARUS в системе Simulink+Simscape.

В работе решались следующие задачи.

1. Разработать схему или физическую модель гидропривода.

2. Разработать моделирующий алгоритм программы работы гидропривода.

3. Реализовать алгоритм в программе визуально-блочного моделирования MATLAB, используя библиотеку физического моделирования Simscape.

Общий вид гидравлической системы привода навесного оборудования трактора МТЗ BELARUS приведен на рис. 1.

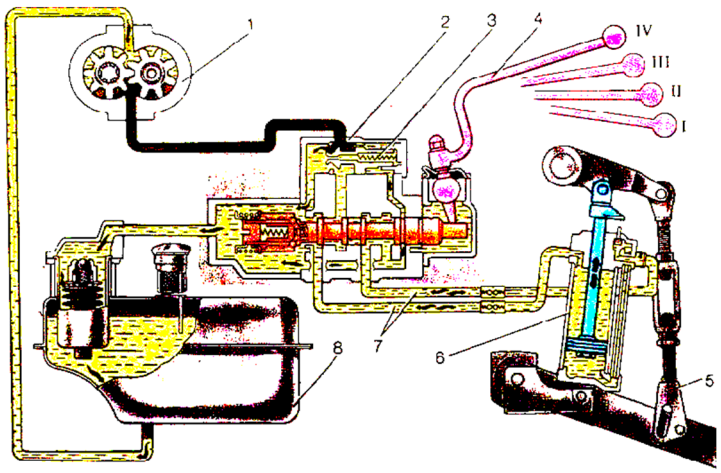



Рис. 1. Общий вид гидравлической системы привода навесного оборудования трактора МТЗ BELARUS 82: 1 – масляный насос; 2 – распределитель; 3 – перепускной клапан; 4 – рукоятка распределителя; 5 – механизм навески; 6 – силовой гидроцилиндр; 7 – маслопроводы; 8 – масляный бак; I – подъем; II – нейтральное; III – опускание принудительное; IV – плавающее

Общий вид может быть представлен в виде гидравлической схемы, которая показана на рис. 2.

Методы визуально-блочного моделирования MATLAB [2] позволяют совместить разработку моделирующего алгоритм программы с разработкой имитационной модели исследуемого объекта. В результате выполнения этих задач была получена имитационная модель гидропривода. Модель реализована в среде Simulink с использованием библиотеки физического моделирования Simscape, которая позволяет моделировать работу гидропривода, исследовать его поведение в зависимости от различных параметров гидросистемы, величины нагрузки, динамических воздействий, а с использованием специальных стендов с датчиками от реальных элементов гидросистем выполнять полунатурные эксперименты. Общий вид имитационной модели в Simulink+Simscape формате приведен на рис. 2.

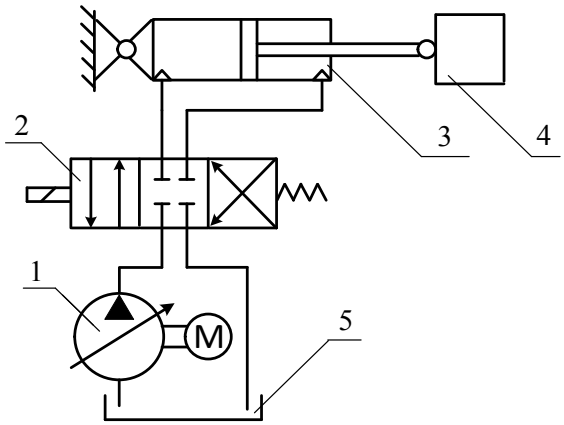



Рис. 2. Схема гидросистемы: 1– масляный насос; 2 – 4-х ходовой гидрораспределитель; 3 – силовой гидроцилиндр; 4 – нагрузка от навесного оборудования на штоке гидроцилиндра; 5 – масляный бак

Результаты моделирования отображаются на экране электронного осциллографа, куда они поступают через блоки Goto и From (названия параметров указаны на блоках, рис. 3).

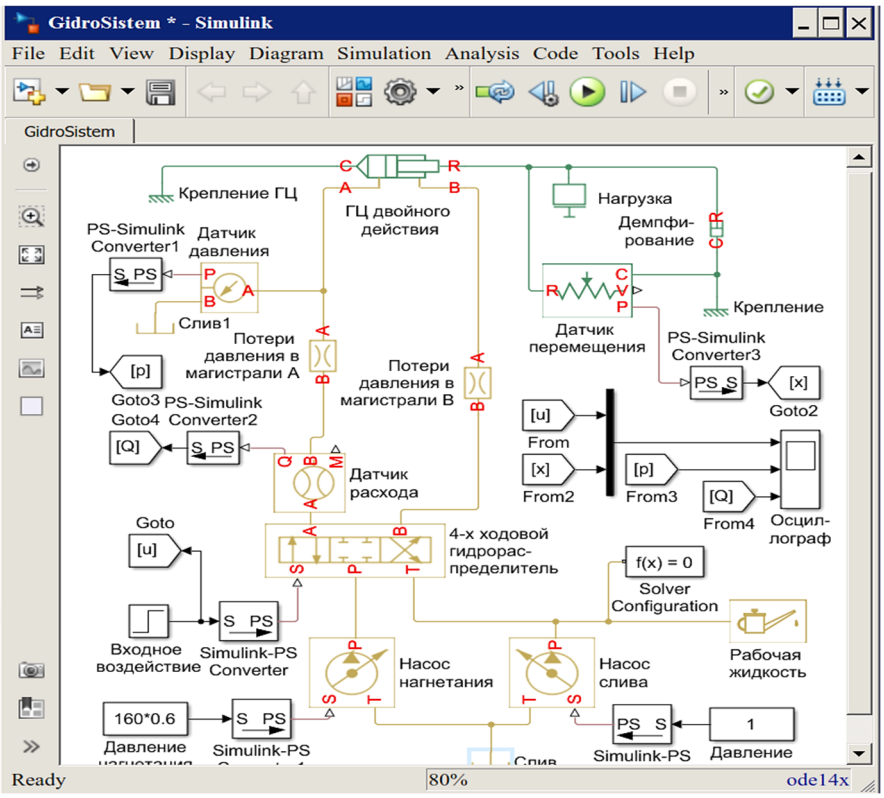



Рис. 3. Имитационная модель гидропривода управление навесным оборудованием трактора в формате Simulink+Simscape

Некоторые результаты исследования гидропривода по тестовым примерам приведены на рис. 4.

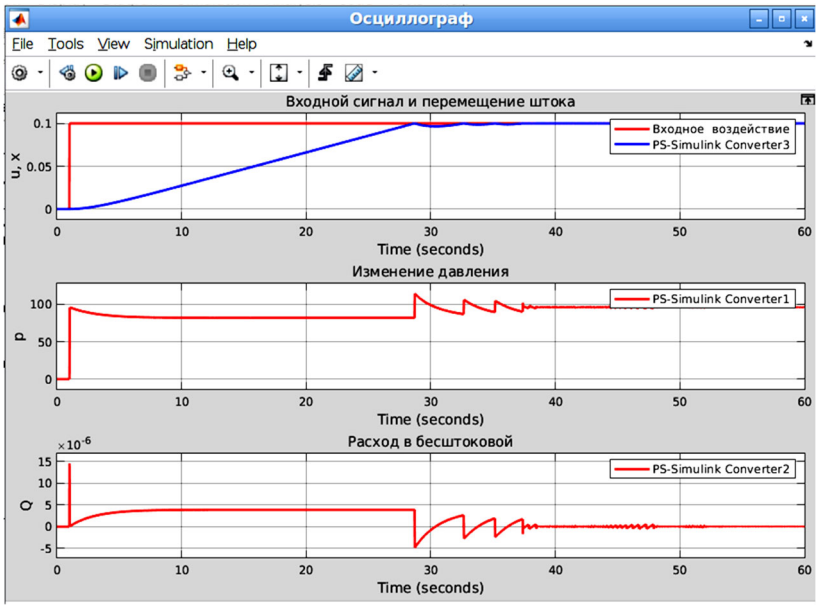



Рис. 4. Вывод результатов моделирования на осциллографе по тестовым примерам

Таким образом, можно отметить следующее:

1. Предложенная модель подробно описывает схему конструкции, все основные параметры, динамические процессы в гидроприводе помогают достаточно адекватно прогнозировать состояние системы при ее работе.

2. Реализация модели в компьютерной программе позволяет использовать ее для процессов модельно-ориентированного проектирования гидропривода трактора МТЗ BELARUS.

*Список источников*

1. Гидросистема трактора МТЗ-80 и МТЗ-82 // Тракторные системы : [сайт]. URL: https://traktor-mtz.ru/statii-i-novosti/gidrosistema-traktora-mtz-80-i-mtz-82/ (дата обращения: 05.10.2025).

2. MATLAB Release Notes for R20013a. MathWorks //Available at : [сайт]. URL: https://www.mathworks.com/help/simulink/ release-notes. (дата обращения 05.10.2025).

*References*

1. Hydraulic system of the MTZ-80 and MTZ-82 tractors // Tractor systems : [website]. URL: https://traktor-mtz.ru/statii-i-novosti/gidrosistema-traktora-mtz-80-i-mtz-82/ (date of accessed: 05.10.2025).

2. MATLAB Release Notes for R20013a. MathWorks // Available at : [website]. URL: https://www.mathworks.com/help/simulink/ release-notes (date of accessed: 05.10.2025).

# ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья
УДК 613.644

# КЛЮЧЕВЫЕ КРИТЕРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ ШУМОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТРАМВАЙНОЙ ЛИНИИ

**Артем Вячеславович Артемов [1], Сергей Николаевич Сычугов [2], Андрей Ильич Гомзиков [3], Ксения Артемовна Артемова [4]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[3] Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия
[4] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[1] artemovav@m.usfeu.ru
[2] sychugovsn@m.usfeu.ru
[3] andreyha@mail.ru
[4] ksuartemovaa@yandex.ru

***Аннотация.*** Приоритетность выполнения шумозащитных мероприятий для перспективной трамвайной инфраструктуры основывается на оценке степени воздействия шума на окружающую среду и здоровье населения. Приведены ключевые критерии и рекомендации для определения приоритетности таких мероприятий.

***Ключевые слова:*** физическое воздействие, шум, трамвайная линия, природоохранные мероприятия

***Для цитирования:*** Артемов А. В., Сычугов С. Н., Гомзиков А. И., Артемова К. А. Ключевые критерии выполнения шумозащитных мероприятий для перспективной трамвайной линии // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 422–429.

© Артемов А. В., Сычугов С. Н., Гомзиков А. И., Артемова К. А., 2026

Original article

# KEY CRITERIA FOR IMPLEMENTING NOISE PROTECTION MEASURES FOR A PROSPECTIVE TRAM LINE

**Artyom V. Artyomov[1], Sergey N. Sychugov[2],**
**Andrey I. Gomzikov[3], Ksenia A. Artyomova[4]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[3] Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia
[4] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
[1] artemovav@m.usfeu.ru
[2] sychugovsn@m.usfeu.ru
[3] andreyha@mail.ru
[4] ksuartemovaa@yandex.ru

***Abstract.*** The priority of implementing noise protection measures for prospective tram infrastructure is based on an assessment of the degree of noise impact on the environment and population health. Key criteria and recommendations are provided to determine the priority of such measures.

***Keywords:*** physical impact, noise, tram line, environmental protection measures

***For citation:*** Artyomov A. V., Sychugov S. N., Gomzikov A. I., Artyomova K. A. (2026) Klyuchevyie kriterii vypolneniya shumozashchitnyih meropriyatii dlya perspektivnoy tramvaynoy liniyi [Key criteria for implementing noise protection measures for a prospective tram line]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 422–429. (In Russ).

В 2021 г. Правительство России начало программу обновления городского электротранспорта в стране. В программе предусмотрено улучшение инфраструктуры, такой как пути и депо, а также покупка новых трамваев. Екатеринбург вошел в список городов с перспективными проектами, и в нем собираются строить новую трамвайную инфраструктуру в Академическом районе.

В 2023 г. в Академическом районе, где живут больше 120 тыс. человек, открыли новую трамвайную линию. А в прошлом году запустили трамваи в жилом районе Солнечный. В 2025–2026 гг. планируется купить 15 новых трамваев за 4 млрд рублей из бюджета Екатеринбурга и области.

В рамках проведения международной промышленной выставки «Иннопром» в июле 2025 г. глава Екатеринбурга отметил, что трамвай – один из самых эффективных видов общественного транспорта, который призван стать основой устойчивой транспортной системы города в условиях динамичного развития мегаполиса и значительного увеличения транспортной нагрузки.

В ряде научных работ, выполненных как российскими учеными, так и зарубежными, отмечается, что при всех достоинствах трамвая (относительная экологичность, отделенность от потока автомобильного транспорта, сохранение историко-культурных традиций города), отмечается основной негативный фактор – это относительно высокий уровень шума, который создает трамвайное движение [1].

В статье [2] была выполнена оценка экологических рисков от воздействия шума трамвайного движения. Исследование подтвердило наличие акустического риска: наблюдается превышение шума свыше 65 дБА. Такое шумовое воздействие вызывает не только психологический дискомфорт, но и может привести к проблемам с сосредоточением, сердечно-сосудистыми заболеваниями, психическими и слуховыми расстройствами, что негативно сказывается на здоровье людей, проживающих и передвигающихся вблизи транспортных маршрутов.

В качестве защиты населения могут широко применяться шумозащитные экраны, выполняться установка окон и балконных дверей из сертифицированных ПВХ переплетов с двухкамерными стеклопакетами по ГОСТ 30674–99 с высоким коэффициентом звукоизоляции, а также возможна установка в окнах закрытых стеклопакетов с приточными клапанами, оснащенными специальными звукоизоляционными элементами [3].

Решения для снижения шума трамвайных путей подразделяются на две группы [4]:

- применение шумопоглощающих материалов (демпферов, панелей, матов, зеленых покрытий) в конструкции верхнего или нижнего строения пути;
- установка шумозащитных экранов (барьеров, насыпей, зеленых насаждений) вдоль или над путями (например, тоннелей).

В выполненном исследовании [5] по реализации шумозащитных мероприятий в виде акустических барьеров для жилой среды от трамвайной линии показали их эффективность и снижения уровня шума как минимум на 10 дБА.

Однако авторы статьи [6] отмечают, что в случае реконструкции трамвайной линии внутри уже сложившейся застройки, либо при строительстве нового жилого района с трамвайной инфраструктурой, целесообразно реализовывать новые системы и технологии, касающиеся самого строительства трамвайных путей. В перспективе – это создание самих малошумных трамваев.

Цель данной работы заключается в определении ключевых критериев для установления приоритетности выполнения шумозащитных мероприятий для перспективной трамвайной инфраструктуры, основываясь на оценке степени воздействия шума на окружающую среду и здоровье населения.

Объектом исследования стало проектирование и обустройство трамвайной линии в микрорайоне «Академический» города Екатеринбурга.

Рассмотрим отрезок трамвайной линии по ул. Вильгельма де Геннина от ул. Краснолесья до объездной дороги (рис. 1).

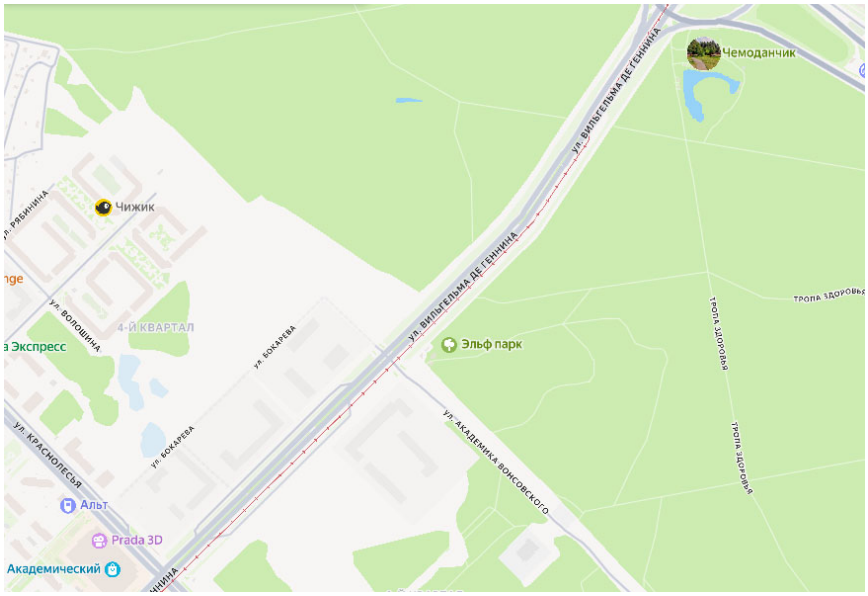



Рис. 1. План-схема размещения рассматриваемого отрезка трамвайной линии [7]

На участке трамвайных путей от улицы Краснолесья до улицы Академика Вонсовского (участок № 1) трамвайные пути уложены на монолитное бетонное основание и оборудованы шумозащитными экранами, к трамвайной линии прилегает перспективная жилая застройка (рис. 2).

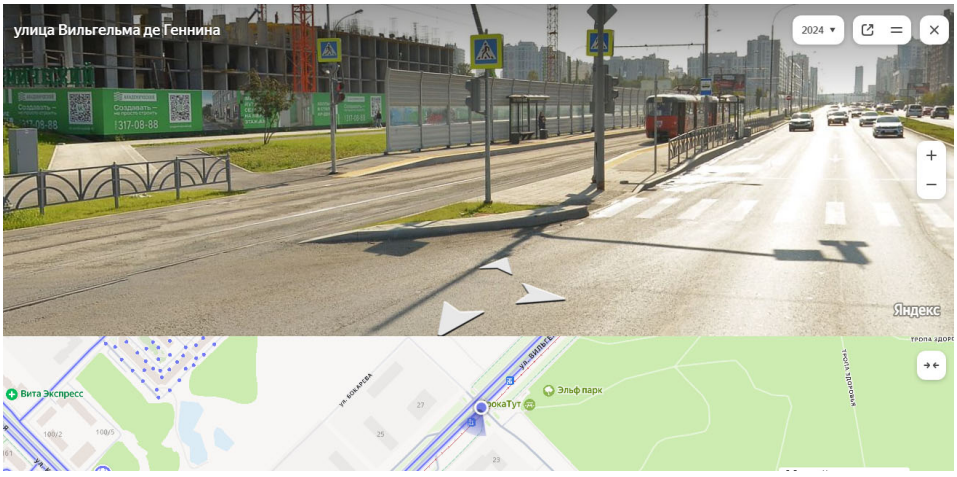



Рис. 2. Панорама обустройства трамвайной линии от ул. А. Вонсовского до ул. Краснолесья [7]

Далее от ул. Ак. Вонсовского до Объездной дороги (участок № 2), трамвайная линия проходит по шпально-щебеночному основанию без применения установки шумозащитных экранов (рис. 3). Непосредственно рядом с трамвайной линией находится особо охраняемая природная территория (ООПТ) регионального значения «Лесопарк «Юго-Западный», отделенная от путей газоном с деревьями и кустарниками городского озеленения, а также велопешеходной дорожкой.




Рис. 3. Панорама обустройства трамвайной линии от ул. Ак. Вонсовского до объездной дороги [7]

Оценивая опыт реализации проектов в различных городах страны, можно сделать вывод о важности предварительного анализа ситуации перед началом строительства и эксплуатации трамвайных линий. Необходимо проведение комплексной оценки потенциального уровня шума, учитывающей особенности местности, градостроительную ситуацию, интенсивность движения, конструкцию путей и проч.

Таким образом, приоритетность выполнения шумозащитных мероприятий для реконструируемой и перспективной трамвайной инфраструктуры основывается на оценке степени воздействия шума на окружающую среду и здоровье населения. Ниже приведены ключевые критерии для определения приоритетности таких мероприятий:

- характеристика подвижного состава;
- интенсивность трамвайного потока (линии);
- конструкция трамвайного пути;
- шумоизоляция естественных и искусственных ограждающих конструкций;
- назначение прилегающей территории, подлежащей соблюдению установленных нормативных требований;

• фоновая шумовая обстановка в районе размещения рассматриваемой трамвайной линии.

Сведения для оценки принятых к реализации проектных решений по фактору шумового воздействия рассматриваемой трамвайной линии на прилегающую территорию были получены из общедоступных источников, включая интернет-ресурсы, нормативные документы и научные публикации, а также натурных исследований.

Критерии и приоритетность выполнения шумозащитных мероприятий при проектировании и эксплуатации трамвайной линии на примере рассматриваемых участков представлены в таблице.

Приоритетность выполнения шумозащитных мероприятий рассматриваемых участков

| Критерий | Характеристика участка | | Приоритет участка |
|---|---|---|---|
| | участок №1 | участок №2 | |
| Характеристика подвижного состава | Существующий подвижной трамвайный состав Екатеринбурга. Перспектива: внедрение современных низкопольных вагонов с инновационными конструктивными решениями для значительного снижения уровня шума («Кастор») | | – |
| Интенсивность трамвайного потока | 1 маршрут, интервал 10–15 мин (6 ед./ч по одному пути). Перспектива: 3–4 маршрута (до 50 ед./ч в обоих направлениях) | | – |
| Конструкция трамвайного пути | Безбалластная, бесшпальная, монолитная фибробетонная плита | Щебеночный балласт, рельсошпальная конструкция | 1 |
| | Бесстыковая технология звеньевого пути | | |
| Прилегающая нормируемая территория | Жилая зона | ООПТ регионального значения, природно-рекреационная зона (зоны отдыха населения Р-1) | 2 |
| Шумоизоляция естественных и искусственных ограждений | Высококачественный шумозащитный экран | Первый эшелон зеленых насаждений | 2 |
| Временной режим эксплуатации линии | Дневное и ночное время | | 1 |
| Фоновое шумовое загрязнение | Проезжая часть для автотранспорта по ул. Краснолесья, В. Де Геннина, ул. Акад. Вонсовского | Проезжая часть для автотранспорта по ул. Акад. Вонсовского, В. Де Геннина, объездная дорога | 2 |

Согласно таблице, выбор шумозащитных мероприятий для реконструируемых или перспективных трамвайных линий определяется не только экономическими соображениями [8], но и целым рядом других важных критериев.

Мероприятия по снижению шума становятся особенно важными вблизи густонаселунных территорий и зон отдыха, где расстояние до жилой застройки минимально. Шум особенно негативно воспринимается ночью, поэтому мероприятия, направленные на его снижение в это время, получают высший приоритет. Скоростные маршруты требуют большего внимания, поскольку высокая скорость движения трамваев увеличивает уровень шума. Использование шумоподавляющих материалов и технологий укладки покрытия может значительно снизить уровень шума. Архитектурные особенности местности также играют важную роль: наличие высоких зданий и закрытых пространств усиливает эффект отражунного звука, увеличивая общий уровень шума. Чем интенсивнее движение трамваев, тем сильнее техногенная нагрузка на прилегающие территории. Особую защиту от чрезмерного шума заслуживают природоохранные зоны и парки, которые находятся вблизи такой транспортной инфраструктуры.

*Список источников*

1. Пасхина А. А., Калинин А. В., Ладыгина О. В. Исследование влияния шума от трамвайного движения и мероприятия по его снижению на примере улично-дорожной сети г. Ярославля // Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17. № 2. URL: https://esj.today/PDF/26NZVN225.pdf (дата обращения: 22.01.2026).

2. Panulinova E., Harabinova S. Noise Annoyance from Tram Traffic in the Urban Environment // Civil and Environmental Engineering. 2022. № 18 (2). DOI:10.2478/cee-2022-0063.

3. Оценка уровня шума от автодороги в зависимости от режима работы светофора в течение суток / А. И. Гомзиков, К. О. Старцева, А. В. Артемов, С. Н. Сычугов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции, Екатеринбург, 07–17 апреля 2025 года. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 656–661.

4. Левадная Н. В., Черняева В. А. Рациональные меры и средства снижения городского шума // Транспорт Российской Федерации. 2014. № 4(53). С. 76–78.

5. Pietrzak K., Tokarski Z., Kowalski K. J. Assessment of the traffic noise reduction when using tramway screening // Roads and Bridges – Drogi I Mosty. 2018. № 17(2). P. 127–139. URL: https://doi.org/10.7409/rabdim.018.008 (дата обращения: 22.01.2026).

6. The Effect of Rail Fastening System Modifications on Tram Traffic Noise and Vibration / Lakušić S. [et al.] // Shock and Vibration. 2016. P. 1–15.

7. Яндекс Карты : [сайт]. URL: https://yandex.ru/maps/54/yekaterinburg-/?ll=60.597465%2C56.838011&z=12 (дата обращения: 22.01.2026).

8. Аткина Л. И., Ефимова Н. А. Особенности планировочных решений образовательных объектов ограниченного пользования // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 4 (87). С. 78–87.

*References*

1. Paskhina A. A., Kalinin A. V., Ladygina O. V. Investigation of the Influence of Tram Movement Noise and Measures to Reduce It Using an Example of Street-Road Network of Yaroslavl City. Bulletin of Eurasian Science. 2025. Vol. 17, No. 2. URL: https://esj.today/PDF/26NZVN225.pdf (date of accessed: 22.01.2026).

2. Panulinova E., Harabinova, S. Noise Annoyance from Tram Traffic in the Urban Environment // Civil and Environmental Engineering. 2022. Vol. 18, No. 2. Doi:10.2478/cee-2022-0063.

3. Assessment of the noise level from the road depending on the traffic light operation mode during the day / A. I. Gomzikov, K. O. Startseva, A. V. Artyomov, S. N. Sychugov // Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of students and postgraduates. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 656−661.

4. Levadnaya N. V., Chernyaeva, V. A. Rational measures and methods for reducing Urban Noise // Transport Russian Federation. 2014. №. 4(53). P. 76–78.

5. Pietrzak K., Tokarski Z., Kowalski K. J. Assessment of the traffic noise reduction when using tramway screening // Roads and Bridges – Drogi i Mosty. 2018. Vol. 17, No. 2. P. 127–139. Doi:10.7409/rabdim.018.008.

6. The Effect of Rail Fastening System Modifications on Tram Traffic Noise and Vibration / Lakušić S. [et al.] // Shock and Vibration. 2016. P. 1–15.

7. Yandex Maps : [website]. URL: https://yandex.ru/maps/54/-yekaterinburg/?ll=60.597465%2C56.838011&z=12 (date of accessed: 22.01.2026).

8. Atkina L. I., Efimova N. A. Features of planning solutions for educational facilities with restricted access // Forests of Russia and economy in Them. 2023. №. 4(87). P. 78–87.

Научная статья
УДК 678.046.3:614.84

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ДПК С ДОБАВКАМИ БРОМИРОВАННОЙ КАРДАНОЛЬНОЙ НОВОЛАЧНОЙ СМОЛЫ И ПОЛИФОСФАТА АММОНИЯ

**Александр Александрович Баев [1], Алексей Евгеньевич Шкуро [2], Татьяна Валерьевна Якубова [3], Олег Федорович Шишлов [4]**
[1, 3] Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург, Россия
[2, 4] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] pancho.99@inbox.ru
[2] shkuruae@m.usfeu.ru
[3] tatanaaku-bova71723@gmail.com
[4] o.shishlov@ucp.ru

***Аннотация.*** Древесно-полимерные композиты эстетичны и долговечны, но горючи, что ограничивает их применение. Традиционные антипирены имеют недостатки. Бромированная карданольная новолачная смола (БКНС) снижает горючесть ПЭНД с древесной мукой, и 20 % ее содержания – оптимальный уровень для повышения огнестойкости. Для эффективности важно правильно балансировать концентрации и использовать стабилизаторы.

***Ключевые слова:*** древесно-полимерные композиты (ДПК), полиэтилен высокой плотности (ПЭНД), древесная мука, полифосфат аммония (ПФА), бромированная карданольная новолачная смола (БНКС), огнестойкость, антипирены

***Для цитирования:*** Баев А. А., Шкуро А. Е., Якубова Т. В., Шишлов О. Ф. Исследование огнестойкости ДПК с добавками бромированной карданольной новолачной смолы и полифосфата аммония // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies: материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 430−434.

© Баев А. А., Шкуро А. Е., Якубова Т. В., Шишлов О. Ф., 2026

Original article

# INVESTIGATION OF FIRE RESISTANCE OF WPC WITH ADDITIVES OF BROMINATED CARDANOLIC NOVOLACTIC RESIN AND AMMONIUM POLYPHOSPHATE

**Alexander A. Baev [1], Alexey E. Shkuro [2], Tatiana V. Yakubova [3], Oleg F. Shishlov [4]**

[1, 3] Ural Institute of SFS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Ekaterinburg, Russia

[2, 4] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

[1] pancho.99@inbox.ru

[2] shkuruae@m.usfeu.ru

[3] tatanaaku-bova71723@gmail.com

[4] o.shishlov@ucp.ru

***Abstract.*** Wood-polymer composites are aesthetically pleasing and durable, but they are flammable, which limits their use. Traditional flame retardants have disadvantages. Brominated cardanol novolactic resin (BCN) reduces the flammability of HDPE with wood flour, and 20 % of its content is the optimal level for increasing fire resistance. For efficiency, it is important to properly balance concentrations and use stabilizers.

***Keywords:*** wood-polymer composites (WPC), high-density polyethylene (HDPE), wood flour, ammonium polyphosphate (APP), brominated cardanol novolactic resin (BNCS), fire resistance, flame retardants

***For citation:*** Issledovanie ognestojkosti DPK s dobavkami bromirovannoj kar-danol'noj novolachnoj smoly i polifosfata ammoniya [Investigation of fire resistance of WPC with additives of brominated cardanol novolactic resin and ammonium polyphosphate] (2026) A. A. Baev, A. E. Shkuro, T. V. Yakubova, O. F. Shishlov. Effective response to modern challenges taking into account the interaction of man and nature, man and technology = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : proceedings of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : UGLTU, 2026. P. 430–434. (In Russ).

Древесно-полимерные композиты (ДПК) завоевали широкую популярность в строительстве, отделке и производстве мебели благодаря сочетанию эстетики натуральной древесины с повышенной долговечностью и технологичностью термопластов. Однако высокая горючесть как целлюлозного наполнителя, так и полимерной матрицы (чаще всего полиэтилена или полипропилена) представляет собой критический недостаток, ограничивающий их применение в ответственных конструкциях. Проблема усугубляется синергетическим эффектом при горении:

древесная мука выступает как фитиль, а полимерная фаза выделяет большое количество тепла и легковоспламеняющихся газов [1].

Традиционные подходы к огнезащите ДПК включают применение интумесцентных систем (например, полифосфата аммония, ПФА), галогенированных антипиренов или минеральных наполнителей. Полифосфат аммония (ПФА) эффективен в конденсированной фазе, катализируя образование термостабильного углеродного слоя при дегидратации целлюлозы. Однако для достижения высоких показателей огнестойкости требуются значительные нагрузки ПФА, что ухудшает механические свойства и перерабатываемость композита. Галогенированные антипирены (особенно бромированные) отличаются высокой эффективностью в газовой фазе при низких концентрациях, но их применение сталкивается с проблемами экотоксичности и коррозионной активности продуктов разложения.

В качестве перспективной альтернативы выступают модифицированные биопродукты, такие как бромированная кардanольная новолачная смола (БКНС). Ее преимущества включают следующее [2]:

1) биооснову сырья (карданол – возобновляемый компонент из скорлупы кешью);

2) механизм газофазного ингибирования горения (высвобождение активного брома);

3) потенциал коксообразования благодаря ароматической структуре.

Однако комбинирование БКНС с ПФА в ДПК представляет научный и практический интерес, так как их механизмы огнезащиты могут как взаимно усиливать друг друга, так и конфликтовать. С одной стороны, БКНС способна дополнить барьерное действие ПФА радикально-ингибирующим эффектом. С другой стороны, кислотные продукты разложения ПФА могут провоцировать преждевременную деструкцию БКНС, а летучие бромистые соединения – дестабилизировать интумесцентный слой.

Целью данной работы является комплексное исследование влияния системы антипиренов на основе БКНС и ПФА на огнестойкость композитов на основе полиэтилена низкого давления (ПЭНД) и древесной муки.

В качестве полимерной матрицы использовали полиэтилен высокой плотности марки 273 (ПЭНД ГОСТ 16338–85); в качестве наполнителя – древесную муку марки 180 (ДМ, ГОСТ 16361–87); в качестве антипиренов – полифосфат аммония (ГОСТ 12.1.007) и бромированную кардanольную новолачную смолу марки Резикард-Б, производства ПАО «Уралхимпласт» (г. Нижний Тагил). Смешение компонентов проводилось методом вальцевания при температуре 180 °С. Рецептуры композитов приведены в таблице.

Рецептуры полученных композитов

| № | Содержание компонента, мас. ч. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ПЭНД | Древесная мука | Полифосфат аммония | БНКС |
| 1 | 100 | 80 | 20 | 0 |
| 2 | 100 | 80 | 20 | 10 |
| 3 | 100 | 80 | 20 | 20 |
| 4 | 100 | 80 | 20 | 30 |
| 5 | 100 | 80 | 20 | 40 |

Огнестойкость полученных композитов определялась следующим образом: образец (150×25×1 мм) закреплялся так, чтобы его продольная ось была направлена вертикально, а нижняя часть находилась на расстоянии 300 мм от слоя гигроскопической хирургической ваты размером 50×50 мм и толщиной 6 мм. Газовая горелка, установленная под углом 45° к вертикально закреплунному образцу композита, зажигалась и регулировалась таким образом, чтобы расстояние от конца горелки до голубого пламени с желтым кончиком составляло 20±1 мм. Пламя горелки подносилось к центру свободного конца образца на 10 с. Затем горелка удалялась от образца на расстояние не менее 150 мм, и регистрировалось время горения и изменение массы образца.

Результаты определения огнестойкости композитов на основе ПЭНД и древесной муки приведены на рис. 1 и 2.

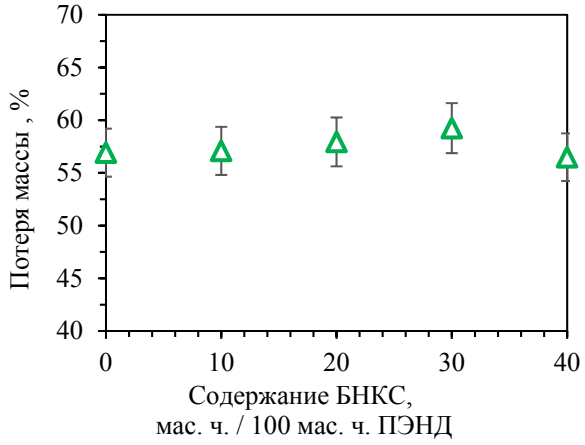



Рис. 1. Потеря массы образцами композитов после проведения испытаний на огнестойкость

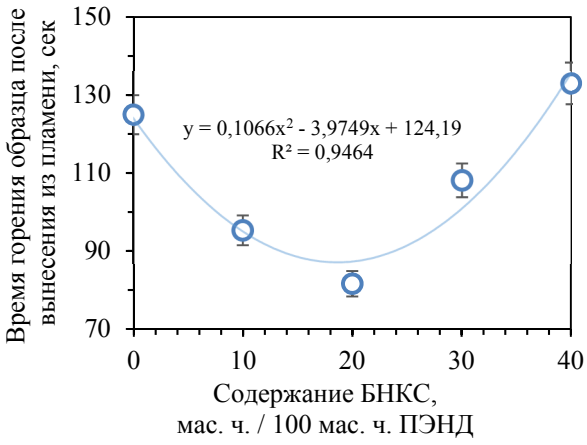



Рис. 2. Время горения образцов композитов после вынесения из пламени

Значения потери массы после испытаний варьируются в узком диапозоне от 56,5 % до 59,2 %, не демонстрируя явной корреляции с содержанием БКНС. Минимальная потеря массы наблюдается при времени воздействия 40 часов БКНС (56,5 %), максимальная – при 30 ч (59,2 %).

Таким образом**,** в исследованном диапазоне содержание БКНС не оказывает статистически значимого или систематического влияния на потерю массы при горении. Вероятно, данный параметр в большей степени зависит от основного состава материала, включающего полиэтилен низкого давления (ПЭНД), древесную муку и полифосфат аммония.

Добавление БКНС существенно улучшает огнестойкость (снижает время горения после вынесения из пламени) только в диапазоне 10–20 мас. ч. При 20 мас. ч. достигается оптимальный эффект. Дальнейшее увеличение содержания БКНС (30–40 мас. ч.) ухудшает огнестойкость, делая материал даже более горючим, чем без добавки. Эффективность антипирена нелинейна и может быть описана полиномом второй степени (рис. 2).

Причина снижения огнестойкости ДПК с высокими содержаниями БНКС предположительно заключается в антагонизме антипиренов. Огнезащитное действие ПФА требует формирования плотного защитного слоя в конденсированной фазе, а БКНС генерирует большие объемы летучих газов и эффективна в газовой фазе. Избыток этих веществ дестабилизирует и разрушает интумесцентный слой, создаваемый ПФА, сводя на нет его барьерный эффект. Одновременно, кислоты ПФА могут ухудшать работу БКНС. Для максимальной эффективности совместного применения этих антипиренов необходимо тщательное балансирование концентраций и использование специальных добавок, стабилизирующих углеродный слой (например, оксидов сурьмы и цинка).

*Список источников*

1. Древесно-полимерные композиты – эффективные отделочные строительные материалы / В. А. Ушков, А. Ю. Семочкин, Д. И. Невзоров, Ю. А. Семочкин // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 82–85.

2. Synthesis of bro-minated cardanol derivatives and their efficiency as fire retardants for wood / O. F. Shishlov, S. A. Dozhdikov, O. S. El’tsov [et al.] // Polymer Science, Series D. 2014. Vol. 7(3). P. 238–245. DOI: 10.1134/S1995421214030186.

*References*

1. Wood-polymer composites are effective finishing construction materials / V. A. Ushkov, A. Yu. Semochkin, D. I. Nevzorov, and Yu. A. Semochkin // Industrial and civil construction. 2014. №. 8. P. 82–85.

2. Synthesis of bro-minated cardanol derivatives and their efficiency as fire retardants for wood / O. F. Shishlov, S. A. Dozhdikov, O. S. El’tsov [et al.] // Polymer Science, Series D. 2014. Vol. 7(3). P. 238–245. DOI: 10.1134/S1995421214030186.

Научная статья
УДК 541.64:547.458.8

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОЛИЗА АЦЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

**В. Г. Бурындин[1], А. Е. Шкуро[2], Р. А. Вазиров[3], Н. С. Штабнов[4], М. Е. Котельников[5]**
[1, 2, 4] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[3, 5] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
Автор, ответственный за переписку: Штабнов Никита Семенович, lol_hukutos@mail.ru

***Аннотация.*** Методом ИК-спектроскопии изучен радиолиз ацетатцеллюлозных пленок быстрыми электронами (0–90 кГр). Обнаружена конкуренция процессов деацетилирования (рост пика ОН при 3488 $см^{-1}$) и окисления (относительная стабильность пика С=О). Установлено, что процесс радиолиза интенсивно протекает при дозах свыше 50 кГр.

***Ключевые слова***: ацетат целлюлозы, радиолиз, быстрые электроны, ИК-спектроскопия, деацетилирование, радиационное окисление

***Для цитирования***: Исследование радиолиза ацетилцеллюлозных пленок методом ИК-спектроскопии / В. Г. Бурындин, А. Е. Шкуро, Р. А. Вазиров [и др.] // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 435−440.

Original article

# RESEARCH OF RADIOLYSIS OF ACETYL CELLULOSE FILMS BY IR SPECTROSCOPY

**V. G. Buryndin[1], A. E. Shkuro[2], R. A. Vazirov[3], N. S. Shtabnov[4], M. E. Kotelnikov[5]**
[1, 2, 4] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[3, 5] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

© Бурындин В. Г., Шкуро А. Е., Вазиров Р. А., Штабнов Н. С., Котельников М. Е., 2026

[1] buryndinvg@m.usfeu.ru
[2] shkuroae@m.usfeu.ru
[3] vazirov23@gmail.com
[4] lol_hukutos@mail.ru
[5] kotielnikov02@mail.ru
Corresponding author: Nikita Semenovich Shtabnov, lol_hukutos@mail.ru

***Abstract.*** Radiolysis of acetyl cellulose films by high-energy electrons (0–90 kGy) was researched using IR spectroscopy. Competition between deacetylation (an increase OH peak at 3488 $cm^{-1}$) and oxidation (relative stability of the C=O peak) processes was detected. It has been established that the radiolysis process proceeds intensively at doses above 50 kGy.

***Keywords:*** acetyl cellulose, radiolysis, high-energy electrons, IR spectroscopy, deacetylation, radiation oxidation

***For citation:*** Issledovaniye radioliza atsetat tsellyuloznykh plenok metodom IK-spektroskopii [Research of radiolysis of acetyl cellulose films by IR spectroscopy] (2026) V. G. Buryndin, A. E. Shkuro, R. A. Vazirov [et al.]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 435–440. (In Russ).

Возрастающее внимание к устойчивому развитию усиливает интереск возобновляемым полимерам, в том числе в радиационной дозиметрии. Перспективными считаются эфиры целлюлозы – производные самого распространенного природного полимера, сочетающие разнообразие структур и свойств с экологичностью, биосовместимостью и биоразлагаемостью. Они характеризуются высокой чувствительностью к ионизирующему излучению, возможностью регулирования отклика через модификацию структуры, хорошей пленкообразующей способностью и совместимостью с добавками. Доступность и низкая стоимость делают их привлекательной альтернативой синтетическим материалам, особенно для массовых дозиметрических приложений [1, 2].

Отдельный интерес представляет использование ИК-спектроскопии как быстрой и дешевой альтернативы ЭПР-дозиметрии. Для ее развития необходимо понимание процессов, протекающих в ацетилцеллюлозе при облучении, а также оценка их интенсивности и вклада в формирование радиационного отклика.

Цель настоящей работы – исследование структурных изменений в пленках ацетата целлюлозы при облучении быстрыми электронами методом ИК-спектроскопии,

Для получения пленок ацетат целлюлозы, ТУ 6-05-943-75) растворяли в грамме ацетона с последующим введением этилацетата. Смесь выдерживали (24 ч), перемешивали, затем отстаивали (12 ч). Концентрация раствора составляла 5,5–7,0 %. После фильтрации и вакуумирования раствор разливали в чашки Петри; формирование пленок происходило 24 ч при комнатной температуре.

Облучение проводили на ускорителе УЭЛР-10-10С2 (10 МэВ, УрФУ). Дозу контролировали детекторами СО ПД(Ф)Р-5/50, оптическую плотность измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400УФ. Доза облучения варьировалась в пределах 10–90 кГр.

Изменения химического состава пленок ацетата целлюлозы при радиолизе исследовали с использованием ИК-Фурье-спектрометра ФСМ-2203. Полученные в результате ИК-спектры приведены на рис. 1.

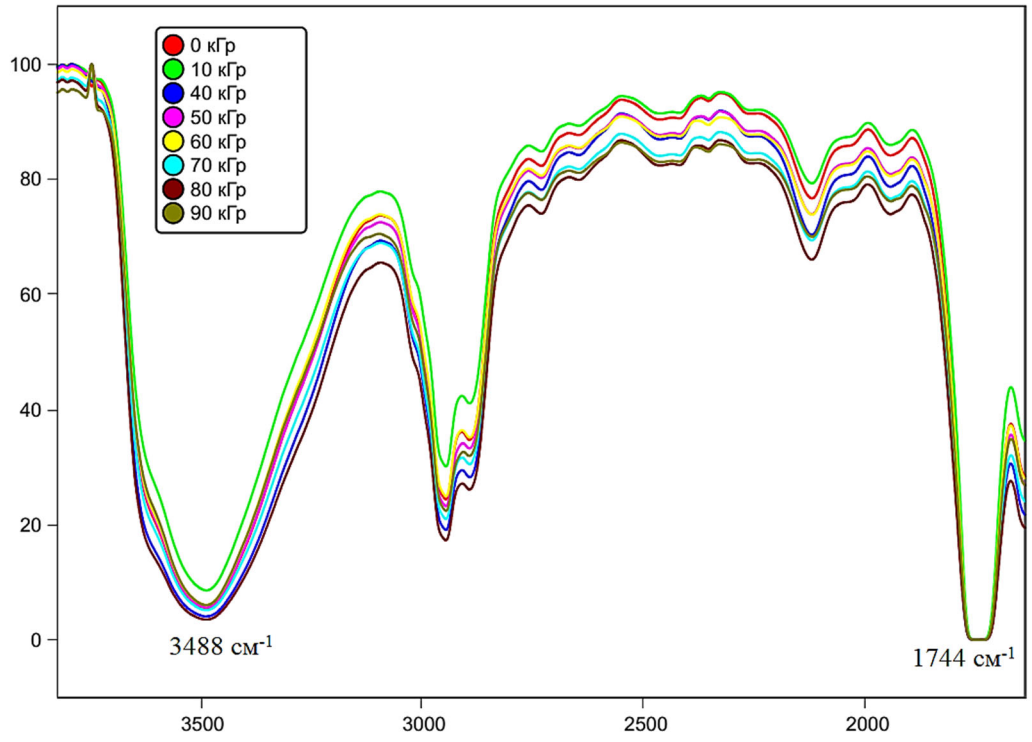



Рис. 1. ИК-спектры пленок из ацетата целлюлозы, облученных быстрыми электронами

При радиолизе ацетата целлюлозы наиболее информативными представляются пики 3488 $см^{-1}$ (O–H) и 1744 $см^{-1}$ (C=O), изменения которых отражают деструкцию гидроксильных и сложноэфирных связей. На рис. 2 и 3 представлены изменения относительной площади этих пиков (как правило пропорциональные содержанию характеризуемых ими функциональных групп) в зависимости от величины поглощенной дозы ионизирующего излучения.

На основании данных ИК-спектроскопии пленок ацетата целлюлозы, облученных быстрыми электронами, можно сделать следующие выводы о происходящих структурных изменениях. Наблюдается четкий тренд к увеличению площади пика в области 3488 $см^{-1}$, соответствующего валентным колебаниям O–H связей, с ростом поглощенной дозы, особенно выраженный при увлечении дозы выше 50 кГр. Это увеличение однозначно свидетельствует о процессе радиолитического деацетилирования, при котором под действием излучения происходит отщепление ацетатных групп от основной цепи целлюлозы, что приводит к образованию новых гидроксильных групп.

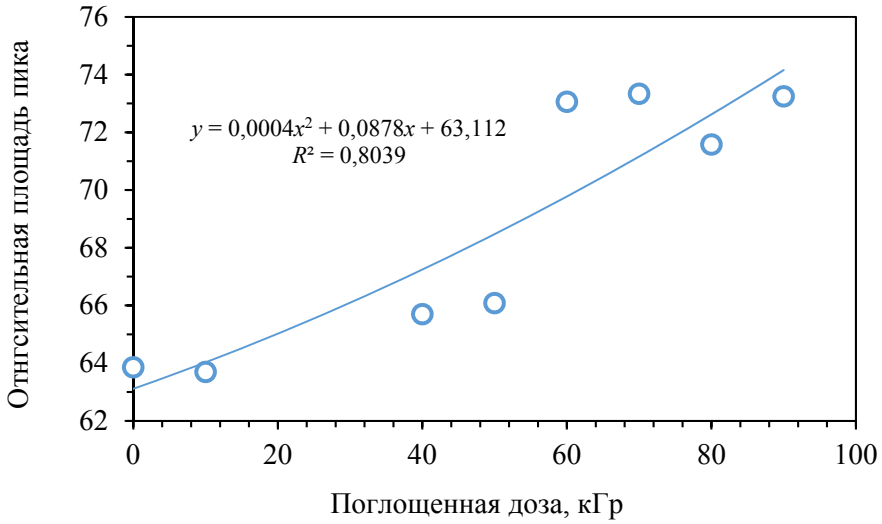



Рис. 2. Изменение относительной площади пика при 3488 $см^{-1}$ в процессе радиолиза пленок из ацетата целлюлозы

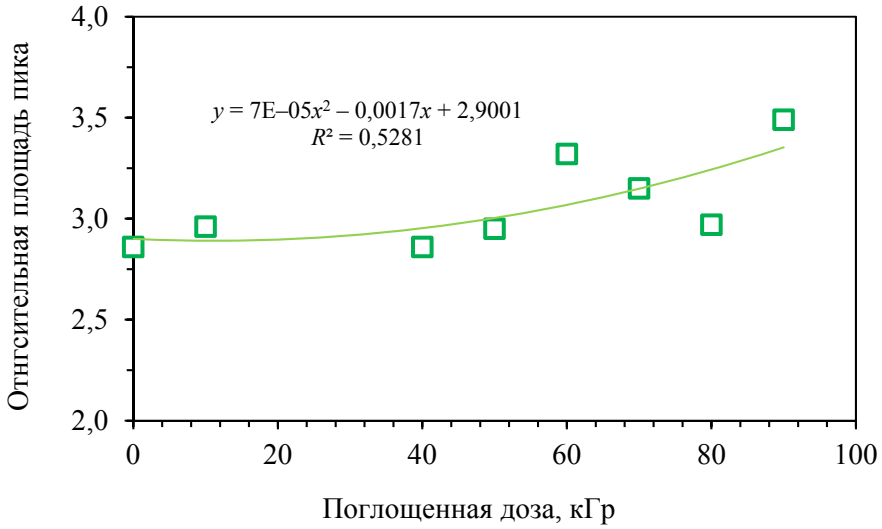



Рис. 3. Изменение относительной площади пика при 1744 $см^{-1}$ в процессе радиолиза пленок из ацетата целлюлозы

В то же время площадь пика карбонильной группы при 1736 $см^{-1}$, характерного для сложноэфирных связей ацетатных заместителей, не демонстрирует систематического снижения, ожидаемого при деацетилировании, а колеблется в пределах погрешности измерения. Отсутствие снижения данного пика на фоне роста концентрации ОН-групп объясняется конкуренцией двух параллельных радиационных процессов. Первый процесс – это непосредственное деацетилирование, ведущее к уменьшению количества карбонильных групп. Второй процесс – радиационно-индуцированное окисление, в ходе которого образующиеся свободные радикалы взаимодействуют с кислородом воздуха, что приводит к образованию новых карбонильных групп в составе альдегидных, кетонных или карбоксильных производных. Незначительный рост площади пика C=O при высоких дозах облучения (90 кГр) указывает на интенсификацию окислительных процессов. В целом, стабильность пика 1736 $см^{-1}$ является результатом баланса между потерей ацетатных групп и образованием карбонильных групп в результате окисления.

Таким образом, облучение электронным пучком вызывает глубокие превращения в материале, основным из которых является деацетилирование, сопровождаемое значительным окислением полимерной матрицы. Резкое ускорение роста количества ОН-групп в интервале доз от 50 до 60 кГр может указывать на наличие пороговой дозы, после которой процесс деструкции ацетатных заместителей значительно интенсифицируется. Перспективность применения ацетилцеллюлозных пленок в ИК-дозиметрах обусловлена выраженной зависимостью интенсивности пиков 3488 и 1744 $см^{-1}$ от дозы облучения. Линейный характер изменений в диапазоне 50–90 кГр и неразрушающий метод контроля делают систему перспективной для практического использования.

*Список источников*

1. McLaughlin W., Ba W.-Z. Cellulose diacetate film dosimeters // Radiat Phys Chem. 1998. Vol. 31. No. 4–6. P. 481–490.

2. Algethami M. Effect of gamma radiation on the optical and color properties of cellulose triacetate for the application in radiation dosimetry // Journal of Radiation Research and Applied Sciences. 2025. Vol. 18. P. 101507. DOI: 10.1016/j.jrras.2025.101507.

*References*

1. McLaughlin W., Ba W.-Z. Cellulose diacetate film dosimeters // Radiat Phys Chem. 1998. Vol. 31. No. 4–6. P. 481–490.

2. Algethami M. Effect of gamma radiation on the optical and color properties of cellulose triacetate for the application in radiation dosimetry // Journal of Radiation Research and Applied Sciences. 2025. Vol. 18. P. 101507. DOI: 10.1016/j.jrras.2025.101507.

*Сведения об авторах*

*Виктор Гаврилович Бурындин* – доктор технических наук, профессор, buryndinvg@m.usfeu.ru;
*Алексей Евгеньевич Шкуро* – доктор технических наук, профессор, shkuroae@m.usfeu.ru;
*Руслан Альбертович Вазиров* – кандидат биологических наук, доцент, vazirov23@gmail.com;
*Никита Семенович Штабнов* – аспирант, lol_Hukutos@mail.ru;
*Максим Евгеньевич Котельников* – кандидат технических наук, доцент, kotielnikov02@mail.ru.

*Information about the authors*

*Viktor G. Buryndin* – doctor of Technical Sciences, Professor, buryndinvg@m.usfeu.ru.
*Aleksey E. Shkuro* – doctor of Technical Sciences, Professor, shkuroae@m.usfeu.ru;
*Ruslan A. Vazirov* – candidate of Biological Sciences, Associate Professor, vazirov23@gmail.com;
*Nikita S. Shtabnov* – graduate Student, marazaratamara@gmail.com;
*Maxim E. Kotelnikov* – candidate of Technical Sciences, Associate Professor, kotielnikov02@mail.ru.

Научная статья
УДК 621.3.049.7:628.542

# ТИПОВОЙ РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ РУДНО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ДУГОВОЙ ПЕЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Наталия Алексеевна Воронова[1], Артем Вячеславович Артемов[2]**
[1] Общество с ограниченной ответственностью «Технология систем безопасности», Екатеринбург, Россия
[2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] voronova_nataliy_20@mail.ru
[2] artemovav@m.usfeu.ru

***Аннотация***. Предложен метод определения загрязняющих веществ от рудно-термической дуговой печи постоянного тока (РДППТ). Дана оценка состава газовоздушной смеси, поступающей от РДППТ на производстве. Определены максимально-разовые и валовые объемы выбросов от РДППТ.

***Ключевые слова:*** литейное производство, дуговая печь, шихта, выброс, загрязняющие вещества, атмосфера

***Для цитирования:*** Воронова Н. А., Артемов А. В. Типовой расчет загрязняющих веществ от рудно-термической дуговой печи постоянного тока // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 441–449.

Original article

# TYPICAL CALCULATION OF POLLUTANTS FROM A DIRECT CURRENT MINERAL-ARC FURNACE

**Natalia A. Voronova[1], Artyom V. Artyomov[2]**
[1] Technology of Security Systems LLC, Yekaterinburg, Russia
[2] Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia
[1] voronova_nataliy_20@mail.ru
[2] artemovav@m.usfeu.ru

© Воронова Н. А., Артемов А. В., 2026

***Abstract.*** A method for determining pollutants from a direct current mineral-arc furnace (DCMAF) has been proposed. The composition of the gas-air mixture emitted from the DCMAF in production has been evaluated. The maximum single and total emission volumes from the DCMAF have been determined.

***Keywords:*** casting production, arc furnace, charge, emission, pollutants, atmosphere

***For citation:*** Voronova N.A., Artyomov A.V. (2026) Tipovoj raschet zagryaznyayushchikh veshchestv ot rudno-termicheskoj dugovoj pechi postoyannogo toka [Typical calculation of pollutants from a direct current mineral-arc furnace]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 441–449. (In Russ).

Плавка и разлив металлов осуществляются с использованием вагранок, электродуговых и индукционных печей, а также литьевых машин различных типов. В процессе их работы в атмосферу могут выделяться оксиды металлов, углерода, азота и серы, а также масла, щелочи, пары ацетона и спиртов [1].

Процесс разделения драгоценных и недрагоценных металлов осуществляется посредством плавления и удаления шлака, содержащего неблагородные металлы, в металлический сплав с коллектором. Плавка на три периода: завалка (загрузка) шихты, расплавление, выдержка и слив расплава. Плавка ведется с накоплением металла, т. е. делается 5–10 плавок, в результате которых сливается только шлак, а затем сливается металл, если тигель футерованный. Если плавка ведется в медном кристаллизаторе, то кристаллизатор охлаждается и разбирается, после чего металл снимается с пода печи.

Загрузка шихты осуществляется периодически по мере ее проплавления и проседания, порциями на поверхность еще нерасплавленной шихты. В этот период возможно появление кратковременных пыле-дымовых выбросов из печи, связанных с проседанием шихты в расплав и загрузкой свежей порции материала. Локализацию и удаление этих выбросов осуществляет зонт, расположенный над печью. Этот период занимает до 70 % от всего времени плавки.

Во время второго периода шихта полностью расплавляется и доводится до требуемой температуры, при которой шлак имеет оптимальную жидкотекучесть для максимального осаждения металла из него. В этот период протекают процессы восстановления металла и образования оксида углерода (II) из загружаемого восстановителя (кокса):

$$2C + O_2 = CO\uparrow$$
$$MeO + CO = Me + CO_2\uparrow$$
$$Me_2O_3 + 3CO = 2Me + 3CO_2\uparrow$$
$$MeO_2 + 2CO = Me + 2CO_2\uparrow$$

где Me – Fe, Ni, Cu и ДМ.

В этот период при нормально работающей вытяжной вентиляции газопылевых выбросов не происходит. Длительность второго периода занимает 10–30 % от всего времени плавки.

Слив расплава длится 5–10 % от всего времени плавки и характеризуется интенсивным выделением пыледымовых газов. Слив расплава делится на две части: слив шлака, разогрев и слив металла. Перед сливом шлака из расплава поднимают электроды и выдерживают 5–10 мин до прекращения интенсивного газовыделения внутри печи, после чего производят слив шлака в заранее подготовленную и обмазанную изложницу. Затем прогревают металл и сливают в заранее подготовленную и обмазанную изложницу. Слив металла производят только после его накопления примерно через 5–10 плавок. При плавке в медном кристаллизаторе слив металла не производят, так как он за счет водоохлаждаемого пода печи, кристаллизуется на поде печи [2].

Определение состава и объема выбросов вредных веществ в атмосферу от рассматриваемого технологического оборудования проводилось поэтапно [3]:

1. Подготовительный этап включал изучение характеристики рассматриваемой печи как источника загрязнения атмосферы, анализ балансовой схемы, определение параметров источника выбросов, а также идентификация загрязняющих веществ.

2. Систематизация установленных данных, формирование исходных и выполнение расчетов.

Объект исследования – технологический процесс разделения драгоценных и недрагоценных металлов путем расплавления и удаления примесей с образованием шлака. В результате драгоценные металлы переходят в металлический сплав с металлом-коллектором, что приводит к образованию загрязняющих веществ, которые во время плавки в дуговой печи выделяются в атмосферу.

Цель работы – определение состава и мощности выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от рудно-термической дуговой печи постоянного тока (РДППТ) расчетным методом.

РДППТ (рудовосстановительная печь) – электрическая дуговая печь смешанного нагрева, в которой теплота выделяется как от электрической дуги под слоем шихты или шлака, так и от электрического тока между электродами через шихту или шлак [4].

В качестве примера, была рассмотрена эксплуатация дуговой печи постоянного тока с двумя сводовыми и одним подовым электродами [5].

Шихта на плавку поступает из отделения шихтовки, отделения сушки или со склада временного хранения, откуда ее привозят на электропогрузчике или гидравлической тележкой в транспортной таре.

Далее шихта из транспортной тары пересыпается в приемный бункер-питатель. Операция заполнения бункера-питателя производится с помощью бочкоопрокидывающего устройства, которое подвешивается на кран-балку. На бочку устанавливается специально изготовленная крышка с вмонтированным патрубком для высыпания материала. При опрокидывании бочки патрубок соединяется с приемным отверстием бункера-питателя. Для исключения пыления применяются мягкие вставки.

Шихта подается в печь из накопительного бункера с помощью питающего устройства. Подача осуществляется периодически: новая порция загружается после полного проплавления предыдущей. Загрузка продолжается до достижения максимально допустимого уровня. Период загрузки материала длится 1–2 ч.

При достижении расплавом нужного уровня загрузка прекращается, и расплав прогревается до температуры, обеспечивающей оптимальную вязкость шлака для его разделения с металлом и позволяющей слить его без застывания в печи. После достижения заданной температуры расплав выдерживается 20–40 мин для полного восстановления драгоценных металлов и их перехода из шлака в коллектирующий сплав. Период проплавления и выдержки длится 40–60 мин.

По окончании периода выдержки печь отключается, электроды полностью выводятся из печи, и расплав выстаивается 2–5 мин для дегазации. После дегазации производится наклон печи и происходи слив шлака в заранее подготовленную изложницу с антипригарным покрытием. Изложницу заполняют шлаком не более чем на 3/4 от полного объема изложницы. После слива 3/4 шлака печь возвращается в исходное положение, электроды опускаются, и подается нагрузка. Печь загружается шихтой и плавка повторяется еще 5–10 раз, до накопления металла.

По мере накопления металла в печи происходит его слив. Для этого после слива шлака металл прогревается до температуры, обеспечивающей его слив без застывания в печи. Разогретый металл сливается в заранее подготовленную изложницу с антипригарным покрытием.

При сливе шлаков происходит отбор пробы. Проба отбирается пробоотборником с закрепленным на конце графитовым тиглем марки ТГН-5. Отобранная проба от шлака сливается в небольшую изложницу. После охлаждения проба измельчается и затаривается в пакет.

Если плавка ведется в медном кристаллизаторе, то для выпуска шлака специальным устройством пробивается шпур и происходит выпуск шлака в заранее подготовленную изложницу, покрытую антипригарным покрытием. По мере накопления металла кристаллизатор охлаждается, снимается и вывозится на стенд. На стенде происходит разборка кристаллизатора, снимаются боковые стены, а с пода кристаллизатора сдирается металл. После съема металла плиты кристаллизатора осматриваются на отсутствие повреждений согласно инструкции эксплуатации кристаллизатора. После замены поврежденных плит кристаллизатор собирается и устанавливается на печь [5].

Выделяющиеся в процессе работы газы проходят последовательную очистку от пыли в системе газоочистки. Система газоочистки состоит из циклона-искрогасителя ЦГ-10 и рукавного фильтра КФЕ-100, снабженных бункерами для сбора пыли. Пыль, осевшая в бункерах, выгружается один раз в 1–3 суток и направляется на операцию шихтовки. Газы, очищенные от пыли, через трубу выбрасываются в атмосферу. Состав выбрасываемых газов представляет смесь воздуха с небольшим количеством водяного пара (образуется вследствие досушки шихты при плавке) и углекислого газа (образуется при восстановительных процессах). Вентилятор отсоса газов от печи отключают не ранее чем через 1 ч после окончания плавки [6].

Расчет выбросов загрязняющих веществ от источников выделения выполнен по формулам согласно [1].

В качестве исходных данных для расчета выбросов используются учетные сведения о выполняемой технологической операции, виде оборудования, годовом фонде рабочего времени:

1. Плавка материала:
   - железо содержание в шихте до 30 %;
   - никеля – до 5 %;
   - меди – до 10 %;
   - драгоценные металлы (ДМ) – до 1% (по платине).
2. Печь – дуговая печь постоянного тока.
3. Расход металлической завалки – 450 кг.
4. Время производственного цикла (плавки) –2–3 ч.
5. Время работы печи – 9 ч/сут.
6. Годовой фонд работы печи – 2268 ч/год.
7. Производительность: 4000 кг/сут. по шихте.
8. Эффективность работы ПГУ:
   - циклон ЦГ-10 – 70 %;
   - рукавный фильтр КФЕ-100 – 94 %.

Принимая во внимание нестационарность работы печи в зависимости от переплавляемого материала, при определении выбросов были учтены следующие положения:

1. Расчет выбросов осуществлен по всем видам перерабатываемых материалов.

2. За конечный результат были приняты наибольшие значения для максимально-разовых выбросов и суммарные значения для валовых.

3. При определении валового выброса было учтено, что печь по плавке каждого материала работает весь год (252 сут./год).

4. В расчете не учитывается содержание сопутствующих металлов шихте (для железа, меди, никеля) из-за низкого содержания их в расплаве.

5. Из расчета исключена переплавка драгметаллов из-за небольших объемов, т. е. не является приоритетным процессом в образовании загрязняющих веществ отводимых в атмосферу от печи.

Результаты расчетов выбросов в зависимости от видов перерабатываемых материалов представлены в табл. 1–3. Суммарный объем образующихся выбросов представлен в табл. 4.

*Таблица 1*

Выбросы загрязняющих веществ от переплавки железа

| Код | Вещество | Масса (г/с) | Масса (т/год) |
|---|---|---|---|
| 0301 | Азота диоксид | 0,0180000 | 0,146966 |
| 0303 | Азот (II) оксид | 0,0028750 | 0,023474 |
| 0330 | Сера диоксид | 0,0200000 | 0,163296 |
| 0337 | Углерод оксид | 0,0212500 | 0,173502 |
| 2908 | Пыль неорганическая: 70-20% $SiO_2$ | 0,0003300 | 0,002694 |

*Таблица 2*

Выбросы загрязняющих веществ от переплавки меди

| Код | Вещество | Масса (г/с) | Масса (т/год) |
|---|---|---|---|
| 0146 | Медь оксид /в пересчете на медь/ | 0,0006000 | 0,004899 |
| 0301 | Азота диоксид | 0,0200000 | 0,163296 |
| 0303 | Азот (II) оксид | 0,0032500 | 0,026536 |
| 0337 | Углерод оксид | 0,0250000 | 0,204120 |

*Таблица 3*

Выбросы загрязняющих веществ от переплавки никеля

| Код | Вещество | Масса (г/с) | Масса (т/год) |
|---|---|---|---|
| 0164 | Никель оксид /в пересчете на никель/ | 0,0006000 | 0,004899 |
| 0301 | Азота диоксид | 0,0200000 | 0,163296 |
| 0303 | Азот (II) оксид | 0,0032500 | 0,026536 |
| 0337 | Углерод оксид | 0,0250000 | 0,204120 |

*Таблица 4*

Суммарные выбросы загрязняющих веществ от печи плавки

| Код | Вещество | ПДК$_{м.р.}$, мг/м$^3$ | ПДК$_{с.с.}$, мг/м$^3$ | ОБУВ, мг/м$^3$ | Класс опасности | Выброс вещества | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | г/с | т/год |
| 0146 | Медь оксид /в пересчете на медь/ | – | 0,002 | – | 2 | 0,0006000 | 0,004899 |
| 0164 | Никель оксид /в пересчете на никель/ | – | 0,001 | – | 2 | 0,0006000 | 0,004899 |
| 0301 | Азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота) | 0,200 | 0,040 | – | 3 | 0,0200000 | 0,473558 |
| 0304 | Азот (II) оксид (азота монооксид) | 0,400 | 0,060 | – | 3 | 0,0032500 | 0,076546 |
| 0330 | Сера диоксид | 0,500 | 0,050 | – | 3 | 0,0200000 | 0,163296 |
| 0337 | Углерод оксид (углерод окись; углерод моноокись; угарный газ) | 5,000 | 3,000 | – | 4 | 0,0250000 | 0,581742 |
| 2908 | Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 | 0,300 | 0,100 | – | 3 | 0,0003300 | 0,002694 |
| ИТОГО: 7 | | | | | | 0,0697800 | 1,307634 |
| из них твердых: 3 | | | | | | 0,0014530 | 0,012492 |
| из них газообразных/жидких: 4 | | | | | | 0,0682500 | 1,295142 |

Используя расчетный метод, определили состав и мощность выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от РДППТ.

Полученные данные о составе и мощности выбросов от печи РДППТ соответствуют расчетной методике, а при изменении технологии или увеличении мощности печи потребуется корректировка документации и подтверждение выбросов инструментальным методом в соответствии с ГОСТ 17.2.4.06–90 и ГОСТ 17.2.4.07–90.

## *Список источников*

1. Инструкция Ростехнадзора. Расчетная инструкция (методика). Удельные показатели образования вредных веществ, выделяющихся в атмосферу от основных видов технологического оборудования для предприятий радиоэлектронного комплекса (шифр 1011) / Федеральное агентство по промышленности. СПб. : ООО «ЭВИОН», 2006.

2. Николаева Е. П. Обзор технологий и оборудования для пирометаллургической переработки богатых концентратов драгоценных металлов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 9(56). С. 142–148.

3. Воронова Н. А., Артемов А. В. Особенности определения качественного и количественного состава выбросов линии сращивания при производстве мебели // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века : материалы XX Международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 13-15 октября 2025 года. Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2025. С. 116–121.

4. Рубцов В. П., Хомяков И. В., Чурсин А. Ю. Разработка модели системы управления руднотермической печью с поддержанием сопротивления шлаковой ванны // Вестник МЭИ. 2020. № 1. С. 82–88. DOI: 10.24160/1993-6982-2020-1-82-88.

5. Елизаров К. А., Нехамин И. С. Многофункциональные дуговые печи малой емкости для литейных производств и исследовательских центров // Главный механик. 2016. № 1. С. 17–23.

6. Кочнов М. Ю., Шульц Л. А., Кочнов Ю. М. Анализ экологических показателей загрязнения атмосферного воздуха при работе крупнотоннажных дуговых сталеплавильных печей // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2010. № 5. С. 59–67.

*References*

1. Instruction of Rostechnadzor Calculation Instruction (Methodology). Specific indicators of the formation of harmful substances emitted into the atmosphere from the main types of technological equipment for enterprises of the radioelectronic complex (cipher 1011) / Federal Agency for Industry. St. Petersburg : LLC “EVION”, 2006.

2. Nikolaeva E. P. Review of technologies and equipment for pyrometallurgical processing of rich concentrates of precious metals // Bulletin of Irkutsk State Technical University. 2011. № 9 (56). P. 142–148.

3. Voronova N. A., Artyomov A. V. Features of determining the qualitative and quantitative composition of emissions from the splicing line in furniture production // Woodworking: Technologies, Equipment, Management of the XXI Century : materials of the XX International Eurasian Symposium, Ekaterinburg, October 13–15, 2025. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2025. P. 116–121.

4. Rubtsov V. P., Khomyakov I. V., Chursin A. Yu. Development of a control system model for an ore-thermal arc furnace with maintenance of the resistance of the slag bath // Bulletin of MPEI. 2020. № 1. P. 82–88. DOI: 10.24160/1993-6982-2020-1-82-88.

5. Elizarov K. A., Nekhamin I. S. Multifunctional arc furnaces of small capacity for foundry production and research centers // Chief Mechanic. 2016. №. 1. P. 17–23.

6. Kochnov M. Yu., Shults L. A., Kochnov Yu. M. Analysis of environmental indicators of atmospheric air pollution during the operation of large-capacity arc steelmaking furnaces // News of Higher Educational Institutions. Ferrous Metallurgy. 2010. № 5. P. 59–67.

Научная статья
УДК 674.81

# ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА МОДИФИКАЦИИ ГИДРОПЕРИТОМ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

**А. С. Ершова[1], Т. А. Захарова[2], А. В. Артемов[3], А. Е. Шкуро[4], В. Г. Бурындин[5]**
[1–5] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
Автор, ответственный за переписку: Анна Сергеевна Ершова, ershovaas@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В исследовании с помощью метода инфракрасной спектроскопии были изучены механизмы химических преобразований лигнина модифицированной гидроперитом биомассы борщевика Сосновского. Модификация гидропиритом вызывает комбинацию эффектов пероксида водорода и карбамида.

***Ключевые слова:*** пластик, модификатор, гидроперит, борщевик, ИК-спектры, механизм

***Для цитирования:*** Изучение механизма модификации гидроперитом методом ИК-спектроскопии при получении композиционного материала без применения связующих веществ / А. С. Ершова, Т. А. Захарова, А. В. Артемов [и др.] // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 450–457.

Original article

# STUDY OF MODIFICATION MECHANISM BY HYDROPERITE USING IR SPECTROSCOPY DURING PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIAL WITHOUT RESINS

**Anna S. Ershova[1], Tamara A. Zakharova[2], Artyom V. Artyomov[3], Alexey E. Shkuro[4], Victor G. Buryndin[5]**
[1–5] Ural State Forestry University, Yekaterinburg, Russia
Corresponding author: Anna Sergeevna Ershova, ishadow104@gmai.com

© Ершова А. С., Захарова Т. А., Артемов А. В., Шкуро А. Е., Бурындин В. Г., 2026

***Abstract.*** In this study, infrared spectroscopy was used to investigate the mechanisms of chemical transformations of lignin in Heracleum sosnowskyi biomass modified by hydroperite. Hydroperite modification causes a combination of effects from hydrogen peroxide and carbamide.

***Keywords:*** ɜlastic, modifier, hydroperite, heracleum (Heracleum sosnowskyi), IR spectra, mechanism

***For citation:*** Ershova A. S., Zakharova T. A., Artyomov A. V., Shkuro A. E., Buryndin V. G. (2026) Izuchenie mekhanizma modifikatsii gidroperitom metodom IK-spektroskopii pri poluchenii kompozitsionnogo materiala bez primeneniya svyazuyushchikh veshchestv [Study of modification mechanism by hydroperite using ir spectroscopy during production of composite material without resins]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 450–457. (In Russ).

Ранее были выполнены работы, посвящённые изучению применения нового модификатора в форме клатрата пероксида водорода с карбамидом (мочевиной) $CO(NH_2)_2 \cdot H_2O_2$ (гидроперита) для получения композиционных материалов без применения связующих веществ (КМ-БС) на основе биомассы борщевика Сосновского [1, 2].

Установлено, что гидроперит положительно влияет на свойства получаемого материала, способствуя улучшению его физико-механических характеристик. Наибольшее улучшение наблюдается при расчете количества модификатора относительно содержания карбамида (соотношение карбамида к одному молю лигнина прессованного сырья) [1]. Было высказано предположение, что в данном случае протекают два параллельных процесса: химическая активация лигнина карбамидом посредством реакций поликонденсации и физико-химическим воздействием модификатора на лигнин в пьезотермических условиях (включая процессы диспергирования и сольватации).

При этом важно учитывать комбинированное влияние обоих компонентов клатратного соединения на лигнин. Предшествующая обработка пероксидом водорода повышает активность лигнина, делая его более восприимчивым к реакции с карбамидом.

Необходимо отметить, что в составе применяемого модификатора имелось избыточное количество карбамида. Под действием нагрева и влаги неиспользованный карбамид подвергается разложению, выделяя аммонийные ионы, которые, вступая в реакцию с формальдегидом, содержащимся в лигноцеллюлозе, образуют гексаметилентетрамин (уротропин). Известно, что уротропин применяется при синтезе фенол-

формальдегидных смол и способен формировать резитоподобные структуры в исследуемых условиях [3].

Следовательно, при пьезотермической обработке биомассы борщевика Сосновского, предварительно обработанной гидроперитом, протекают комплексные химические преобразования. Благодаря своим индивидуальным механизмам взаимодействия с лигнином, компоненты модификатора обеспечивают получение композита с уникальными эксплуатационными характеристиками.

Для полного понимания происходящих химических процессов, протекающих при образовании КМ-БС из лигноцеллюзосодержащей биомассы в присутствии гидроперита, необходимо проведение детального исследования с использованием современных методов, таких, как метод инфракрасной спектроскопии (FTIR-анализа).

Цель настоящей работы: изучение химического механизма формирования композиционного материала на основе биомассы борщевика Сосновского с применением метода FTIR-спектроскопии.

Были получены образцы КМ-БС согласно вариантам, рассмотренным в работе [1]:

- вариант №1 «Расчет по пероксиду водорода». В расчете принималось количество пероксида водорода по количеству лигнина в пресс-сырье: 5 %;
- вариант №2 «Расчет по карбамиду». В расчете принималось количество карбамида на реакцию 1 молем лигнина пресс-сырья: 0,006 моль.

Полученные образцы подвергались измельчению до состояния пыли и просеивались через сито с диметром отверстий 0,125 мм.

ИК-спектры регистрировались на ИК-спектрометре Bruker Alpha (Германия) FTIR с помощью приставки однократного нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) с алмазной призмой. Условия записи спектров:

- диапазон от 4000 до 500 $см^{-1}$;
- разрешение – 4 $см^{-1}$;
- параллельные сканирования образца – 128.

На рис. 1–2 представлены ИК-спектры полученных образцов КМ-БС.

Стоить отметить, что спектры материалов КМ-БС, полученные по варианту № 1 («расчет по пероксиду водорода») и варианту № 2 («расчет по карбамиду»), оказались практически идентичными. Это свидетельствует о том, что оба подхода приводят к формированию аналогичных структурных изменений в материале, несмотря на различия в исходных расчетах концентрации реагентов.

Такое сходство спектральных характеристик позволяет сделать вывод, что решающим фактором является не столько концентрация конкретного компонента (пероксида водорода или карбамида), сколько общее

состояние системы и условия ее обработки. Вероятно, оба пути модификации инициируют схожие механизмы образования новых функциональных групп и межмолекулярных связей, приводящие к одинаковым изменениям спектра поглощения.

Поскольку спектры обоих вариантов показали высокую степень совпадения, дальнейшее обсуждение целесообразно вести на примере спектра, зарегистрированного для образца варианта № 2 («расчет по карбамиду»).

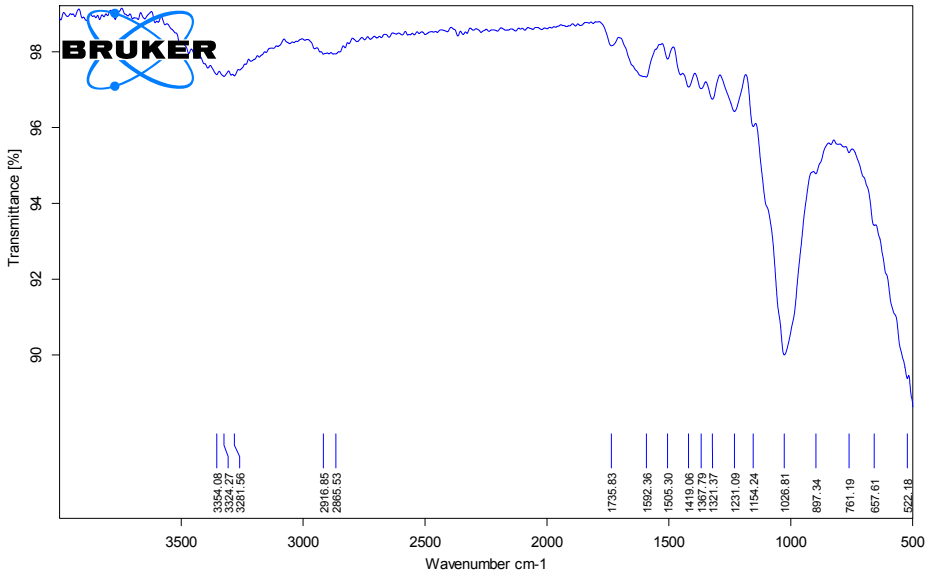



Рис. 1. ИК-спектр образца КМ-БС (контроль)

Как видно из рис. 1 (контроль), основные полосы: C–H (~2900 $см^{-1}$), C–O (~1100 $см^{-1}$), широкий OH-пик (~3300 $см^{-1}$) представляют собой исходный материал без признаков сильной химической модификации. Отсутствуют полосы, характерные для карбонильных и амидных групп.

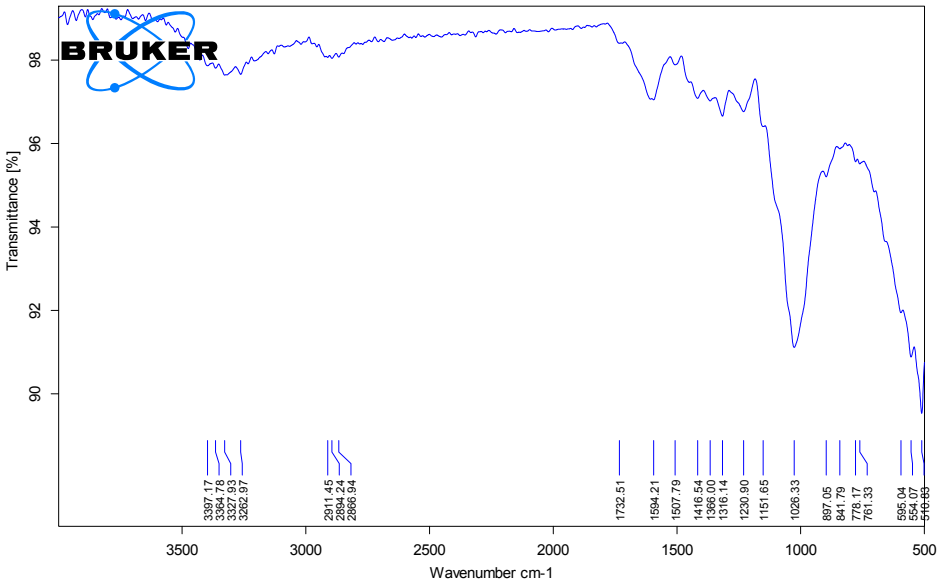



Рис. 2. ИК-спектр образца КМ-БС (вариант № 2)

Для ИК-спектра для образцов варианта № 2 (рис. 2) выделены спектры: OH/NH растяжение (~3300 $см^{-1}$), C=O (~1700 $см^{-1}$), C–O и пероксидные группы (~1000–1200 $см^{-1}$). Признаки взаимодействия с пероксидом водорода выражены умеренно.

Основные особенности спектров и обобщённые результаты приведены в таблице ниже.

Результаты FTIR-анализа

| Образец | ≈3300 $см^{-1}$ (OH/NH) | ≈2900 $см^{-1}$ (C–H) | ≈1700 $см^{-1}$ (C=O) | ≈1550 $см^{-1}$ (N–H изгибание) | ≈1100-1000 $см^{-1}$ (C–O / C–N) | Особенности |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Контроль | + | + | – | – | + | Базовая структура, алифатические структуры |
| Вариант № 1 | + | + | + | + | + | Смешанный профиль (окисление + амиды), гидрат/производное мочевины |
| Вариант № 2 | + | + | + | + | + | Схожий спектр |

Модификация гидроперитом по обоим вариантам дает комплексное изменение спектра и структуры. Объединяет признаки как окисления (наличие C=O), так и амидной природы (N–H изгибания). Это подтверждает, что гидропирит участвует в двойственном взаимодействии: пероксид водорода окисляет, а мочевина модифицирует структуру амидными группами. Сравнительный вывод: гидроперит вызывает комбинацию эффектов пероксида и карбамида.

Также наблюдения подтверждают участие основных компонентов растительного сырья (лигнин, целлюлоза) в формировании конечного продукта и позволяют заключить, что структура полученного композита обладает сложной сетью внутримолекулярных и межмолекулярных взаимодействий, определяющих его уникальные характеристики.

Исходя из анализа полученных и литературных данных, возможно предположить схемы реакций, объясняющие механизм формирования композиции КМ-БС с участием гидроперита:

1. Схема 1 «Последовательное воздействие пероксида водорода и карбамида»

Пероксид водорода ($H_2O_2$) первоначально окисляет структурные единицы (СЕ) лигнина в кислой среде (в условиях пьезотермической обработки растительного сырья создается кислая среда в процессе термогидролиза), раскрывая активные группы (центры). Затем карбамид ($CH_4N_2O$)

вступает в реакцию с этими группами, формируя фрагменты термореактивной смолы (ФТС), способные далее объединяться в сшитый полимер:

*(СЕ лигнина) + $H_2O_2$ → (Модифицированная единица лигнина)*
*(Модифицированная единица лигнина) + $CH_4N_2O$ → (ФТС)*
*(ФТС) + (ФТС) + … → (Сшитый полимер)*

2. Схема 2 «Одновременное воздействие пероксида и карбамида на разные участки лигнина»

Пероксид и карбамид реагируют с разными функциональными группами лигнина параллельно, образуя промежуточные продукты, которые впоследствии сшиваются в единый сетчатый полимер:

*(СЕ лигнина) + $H_2O_2$ + $CH_4N_2O$ → (Модифицированная единица лигнина)*
*(Модифицированная единица лигнина) + (Модифицированная единица лигнина) + … → (Сшитый полимер)*

3. Схема 3 «Совместное воздействие пероксида и карбамида на общую единицу лигнина»

Пероксид и карбамид совместно участвуют в одной и той же реакции с одним участком лигнина, вызывая создание единого функционального фрагмента, который далее формирует соединения путем объединения аналогичных фрагментов в единый сетчатый полимер:

*(СЕ лигнина) + $H_2O_2$ + $CH_4N_2O$ → (Функциональная единица лигнина)*
*(Функциональная единица лигнина) + (Функциональная единица лигнина) + + … → (Сшитый полимер)*

Каждая схема модификации обладает своей значимостью и может реализовываться как по отдельности, так и в комбинации с другими в зависимости от условий пьезотермической обработки и вида растительного сырья. Выбор варианта модификации гидроперитом биомассы борщевика не является решающим для получения композитного материала КМ-БС, поскольку ключевыми факторами остаются общие принципы взаимодействия ее основных компонентов [4].

Исследование показало, что метод модификации путем добавления гидроперита, независимо от выбранного способа расчёта дозировки (варианты № 1 и № 2), приводит к формированию аналогичного состава активированных функциональных групп и особенностей внутренней структуры лигноуглеводного комплекса. Следовательно, выбор варианта модификации гидроперитом биомассы растительного сырья должен определяться путем оптимизации основных параметров технологического процесса получения КМ-БС (влажность сырья, температура прессования и проч.) [5].

*Список источников*

1. Ершова А. С., Артемов А. В., Бурындин В. Г. Новый химический модификатор для получения композиционного материала без применения связующих веществ // Древесные плиты и фанера: теория и практика: XXVIII Всероссийская научно-практическая конференция, Санкт-Петербург, 12–13 марта 2025 года. СПб. : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова, 2025. С. 80–84.

2. Ершова А. С., Артемов А. В. Перспективные химические модификаторы для получения композиционного материала без применения связующих веществ на основе биомассы борщевика Сосновского // XXVIII Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием): тезисы докладов, Нижний Новгород, 15–17 апреля 2025 года. Нижний Новгород : Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 2025. С. 592.

3. Нетоксичные древесно-полимерные композиции на основе модифицированных аминоформальдегидных смол / В. Е. Цветков, О. П. Мачнева, М. Ю. Екимова, А. Е. Шкуро // Клеи. Герметики. Технологии. 2025. № 7. С. 36–40. DOI 10.31044/1813-7008-2025-0-7-36-40.

4. Исследование превращений содержащегося в растительном сырье лигнина как естественного связующего при получении пластика в закрытых пресс-формах / А. В. Артемов, В. Г. Бурындин, П. С. Кривоногов [и др.] // Клеи. Герметики. Технологии. 2022. № 9. С. 8–15. DOI 10.31044/1813-7008-2022-9-8-15.

5. Определение и оптимизация технологических параметров прессования реактопластов : Учебно-методическое пособие / Н. М. Мухин, А. Е. Шкуро, А. В. Артемов, О. Ф. Шишлов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2024. 70 с.

*References*

1. Ershova A. S., Artemov A. V., Buryndin V. G. New chemical modifier for obtaining composite material without the use of binder substances // Wood-based panels and plywood: theory and practice: Proceedings of the XXVIII All-Russian Scientific-Practical Conference, St. Petersburg, March 12–13, 2025. St. Petersburg : Saint Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov, 2025. P. 80–84.

2. Ershova A. S., Artemov A. V. Prospective chemical modifiers for obtaining composite materials based on Heracleum sosnowskyi biomass without using binders // Theses of Reports of the XXVIII All-Russian Conference of Young Chemists with International Participation, Nizhny Novgorod, April

15–17, 2025. Nizhny Novgorod : National Research Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky, 2025. P. 592.

3. Non-toxic wood-polymer compositions based on modified amino-formaldehyde resins / V. E. Tsvetkov, O. P. Machneva, M. Yu. Ekimova, A. E. Shkuro // Adhesives. Sealants. Technologies. 2025. № 7. P. 36–40. DOI 10.31044/1813-7008-2025-0-7-36-40.

4. Study of transformations of lignin contained in plant raw materials as a natural binder when producing plastic in closed molds / A. V. Artemov, V. G. Buryndin, P. S. Krivonogov [et al.] // Adhesives. Sealants. Technologies. 2022. № 9. P. 8–15. DOI 10.31044/1813-7008-2022-9-8-15.

5. Determination and optimization of technological parameters of reak-toplast pressing: Tutorial / N. M. Mukhin, A. E. Shkuro, A. V. Artemov, O. F. Shishlov. Ekaterinburg : Ural State Forestry Engineering University, 2024. 70 p.

*Сведения об авторах*

*Анна Сергеевна Ершова* – ассистент, ershovaas@m.usfeu.ru;
*Тамара Андреевна Захарова* – аспирант, marazaratamara@gmail.com;
*Артем Вячеславович Артёмов* – кандидат технических наук, доцент, artemovav@m.usfeu.ru;
*Алексей Евгеньевич Шкуро* – доктор технических наук, профессор, shkuroae@m.usfeu.ru;
*Виктор Гаврилович Бурындин* – доктор технических наук, профессор, buryndinvg@m.usfeu.ru.

*Information about the authors*

*Anna S. Ershova* – Assistant, ershovaas@m.usfeu.ru;
*Tamara A. Zakharova* – Graduate Student, marazaratamara@gmail.com;
*Artyom V. Artyomov* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, artemovav@m.usfeu.ru;
*Aleksey E. Shkuro* – Doctor of Technical Sciences, Professor, shkuro-ae@m.usfeu.ru;
*Viktor G. Buryndin* – Doctor of Technical Sciences, Professor, buryndinvg@m.usfeu.ru.

Научная статья
УДК 628.35

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЛОТАЦИИ БЕЗ РЕАГЕНТОВ НА РАБОТУ МЕТАНРЕАКТОРА

**Михаил Александрович Карякин**
Общество с ограниченной ответственностью «ЭНВИРО-ХЕМИ ГмбХ»,
Екатеринбург, Россия
karjakin@enviro-chemie.ru

***Аннотация.*** В статье рассмотрен вопрос влияния флотации без реагентов на работу метанреактора. Основной фокус исследования: оценка работы метанреактора, биоценоза при повышенном содержании жиров в стоках. Применимость анаэробного метода для стоков с повышенным содержанием жиров на пищевом предприятии.

***Ключевые слова:*** флотация, очистные сооружения, анаэробные, метанреактор, Biomar ASBx, очистка сточных вод

***Для цитирования:*** Карякин М. А. Исследование влияния флотации без реагентов на работу метанреактора // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 458−464.

Original article

# RESEARCH OF THE INFLUENCE OF FLOTATION WITHOUT REAGENTS ON THE METHANE REACTOR OPERATION

**Mikhail A. Karyakin**
ENVIRO-CHEMIE GmbH Limited Liability Company, Ekaterinburg, Russia
karjakin@enviro-chemie.ru

***Abstract.*** This article examines the influence of flotation without reagents on the methane reactor operation. The primary focus of the research is to evaluate methane reactor operation and biocenosis with increased fat content in wastewater. The applicability of the anaerobic method to wastewater with increased fat content in a food processing plant.

© Карякин М. А., 2026

***Keywords:*** flotation, westewater treatment facilities, anaerobic, methane reactor, Biomar ASBx, wastewater treatment

***For citation:*** Karyakin M. A. (2026) Issledovanie vliyaniya flotacii bez reagentov na rabotu metanreaktora [Research of the influence of flotation without reagents on the methane reactor operation]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 458–464. (In Russ).

Согласно требованиям российского законодательства, а также с учетом негативного влияния на окружающую среду пищевые предприятия обязаны предусмотреть необходимые мероприятия по очистке образующихся сточных вод [1]. При высоких концентрациях органических веществ (ХПК, БПК) в сточной воде эффективным методом очистки являются анаэробные технологии с применением метанреакторов.

В настоящее время увеличение ассортимента молочной промышленности и наращивание производительности молокозаводов приводят к тому, что действующие сооружения для очистки производственных сточных вод не справляются с повышенной нагрузкой [2]. Для очистки сточных вод с содержанием сыворотки применение анаэробных технологий является эффективным решением, которое позволяет существенно сократить занимаемую площадь очистных сооружений, минимизировать образование отходов, а также, оптимизировать эксплуатационные затраты на процесс очистки. Концентрация ХПК в сыворотке может достигать 70000 мг/л [3].

Сточные воды молокозаводов и сырзаводов характеризуются не только высоким значением ХПК и БПК, но и повышенной концентрацией жиров. Жиры оказывают негативное влияние на основные биологические процессы очистки, поэтому удаление жиров перед анаэробной стадией очистки является обязательным этапом подготовки сточной воды. В качестве предварительной стадии очистки принято использовать флотационные методы. Флотация является сложным физико-химическим процессом, заключающимся в создании комплекса частица – пузырек воздуха или газа, всплывании этого комплекса и удалении образовавшегося пенного слоя с высоким содержанием нерастворимых веществ (жиры, взвеси и т. д.) [2].

Допустимая остаточная концентрация жиров для подачи на биологическую анаэробную очистку предварительно очищенных сточных вод флотационным методом должна составлять менее 30 мг/л. Данные значения обычно достигаются с применением соответствующих реагентов на флотационной установке (коагулянт, щелочь натрия, флокулянт).

Применение реагентов увеличивает эксплуатационные затраты и занимает существенную долю в себестоимости очистки стоков предприятия.

Таким образом, цель лабораторных исследований состояла в оценке работоспособности анаэробной стадии очистки типа Biomar ASBx предварительно очищенного с использованием безреагентной флотации стока в условиях повышенного содержания жиров и взвешенных веществ (выше установленных лимитов) и с добавлением сыворотки в известной пропорции. Потенциально это позволит существенно снизить производственные и эксплуатационные затраты на очистные сооружения [5].

Научно-исследовательский центр ООО «ЭНВИРО-ХЕМИ ГмбХ» оборудован реактором анаэробной очистки типа Biomar ASB объемом 4 л (рис. 1), который представляет собой метановый биореактор с восходящим потоком сточной воды через слой анаэробного ила.

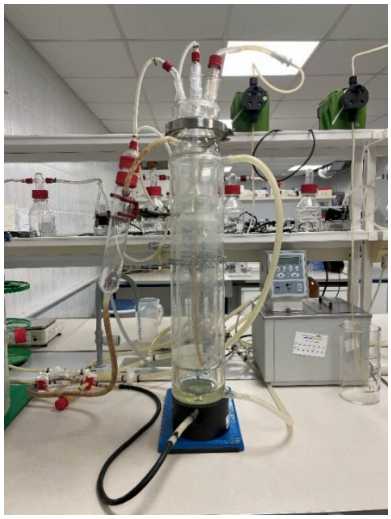


Рис. 1. Внешний вид модели анаэробного реактора Biomar ASB

Схема работы лабораторной модели метанового биореактора типа ASB представлена на рис. 2.

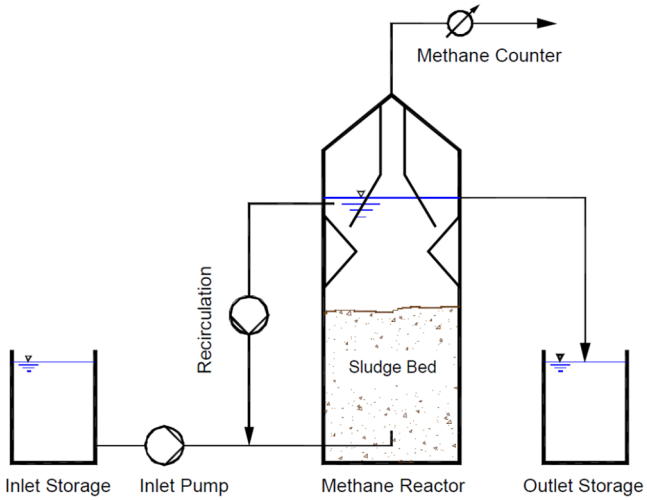



Рис. 2. Схема работы лабораторного метанреактора типа ASB

Принцип работы ASB-реактора: сточная вода подается в нижнюю часть метанреактора, за счет системы рециркуляции и выделения в процессе очистки пузырьков газа сток проходит вверх через слой гранулированного ила, в ходе чего происходит разложение органических веществ анаэробными бактериями с образованием биогаза – метана и углекислого газа. Анаэробный биореактор оснащен системой рециркуляции, которая поддерживает ил во взвешенном состоянии, обеспечивая интенсивное протекание анаэробной очистки, а также способствуя полноценному удалению образовавшегося биогаза из реакционного объема. Работа реактора проходит в мезофильном режиме при температуре 33–36 °C.

Для запуска и эксплуатации лабораторного биореактора типа ASB использовался свежий крупногранулированный анаэробный ил с локальных полнофункциональных очистных сооружений. Два килограмма ила с общим содержанием твердых сухих веществ 72 г/кг (7,2 %) и органических сухих веществ 64 г/кг (6,4 %) были загружены в реактор вместе с двумя литрами анаэробных вод. Перед началом испытаний устанавливалась метаногенная активность загруженного анаэробного ила.

В пробы сточных вод, отобранных после безреагентной флотационной обработки, добавлялась сыворотка в соотношении 35:1 (сточная вода : сыворотка). В конце исследований сыворотка добавлялась в соотношении 10:1 для повышения исходного значения ХПК сточной воды. В случае необходимости в приготовленных смешанных пробах регулировалась величина pH перед подачей воды в анаэробный биореактор. Постоянно контролировалось содержание ХПК, жиров, соединений азота путем проведения химических анализов. Полученные значения фиксировались в таблице с составлением соответствующих графиков для оценки результатов.

Как видно из рис. 3 (черная линия), концентрация ХПК в пробах сточных вод после безреагентной флотационной обработки варьируется от 2230 до 5450 мг/л. Исключая пиковые значения, содержание ХПК в среднем составляет ~2600 мг/л. Добавление в сточную воду сыворотки (рис. 3 синяя линия): в соотношении 35:1 привело к увеличению исходной концентрации ХПК в ~1,5 раза до ~3800 мг/л; в соотношении 10:1 величина ХПК возросла в ~2,2 раза до ~7100 мг/л.

На рис. 3 можно увидеть значительные колебания содержания жиров (8–1500 мг/л) в пробах сточной воды. Причем в 10 партиях воды из 13 (77 %) наблюдалось их существенное превышение относительно предельных значений для анаэробного биореактора 30 мг/л для жиров. Поскольку флотационная обработка воды проводилась без реагентов, то такая вариабельность концентраций свидетельствует о неравномерности

поступления сточных вод предприятия и переменном качественном характере стоков.

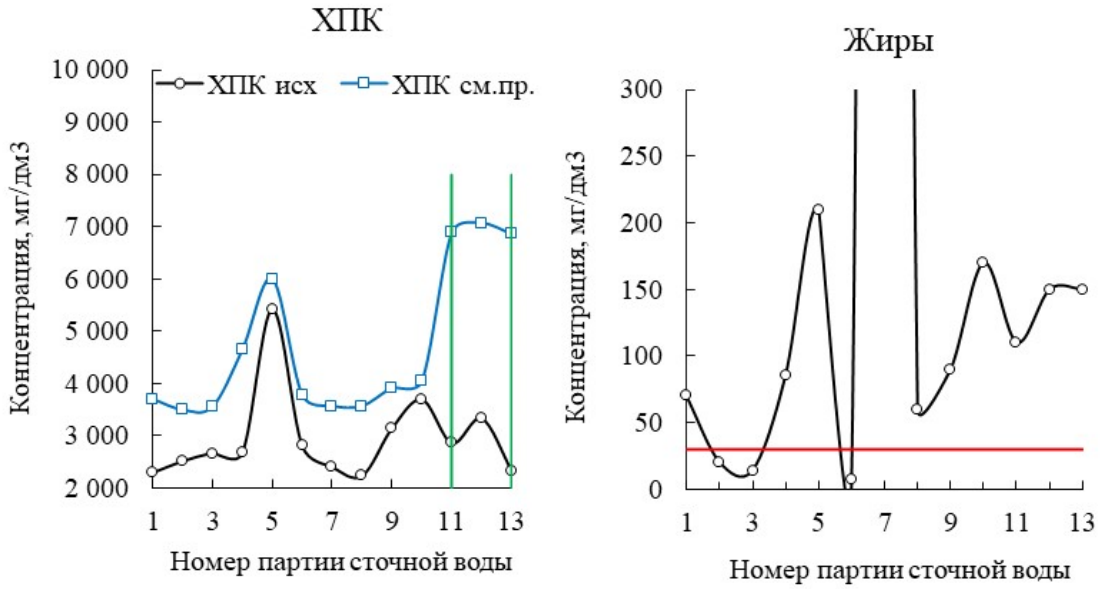



Рис. 3. Изменение концентрации ХПК
и жиров в зависимости от партии воды

В ходе эксперимента продолжительностью несколько месяцев проводился регулярный мониторинг ключевых параметров, характеризующих метаболическую активность анаэробного ила в реакторе: химическое потребление кислорода фильтрованной пробы (ХПКфильтр), концентрация летучих органических кислот (ЛОК), значение величины pH, а также суточный объем выделившегося метана. Массовая нагрузка по ХПК (кг ХПК / кг сухого вещества анаэробного ила в сутки) увеличивалась ступенчато. На начальном этапе эксперимента нагрузка возрастала в 2–3 раза по сравнению с исходным значением 0,01 кг ХПК/кг СВ ила в сутки, затем прирост составлял 20–25 % каждую неделю, а к концу исследований – 7 % и достигал 0,52 кг ХПК/кг СВ ила в сутки.

Из рис. 4 видно, что увеличение массовой нагрузки на ил с 0,01 до 0,48 кг ХПК/кг СВ ила в сутки значительно не влияло на степень деградации загрязнений сточной воды, поступающей на очистку, которая варьировалась от 90 до 95 %. Однако при повышении массовой нагрузки свыше 0,48 кг ХПК/кг СВ ила в сутки наблюдалось снижение удельной скорости удаления ХПК до 68 %.

Увеличение массовой нагрузки по ХПК свыше 0,48 кг ХПК/кг СВ ила в сутки приводит к ухудшению качества очистки по органическим загрязнениям, о чем свидетельствует максимум на рис. 5 черной линии, при котором концентрация ХПК исходной воды составляет ~6800 мг/дм³, а очищенной – 2200 мг/дм³, т. е. в ходе анаэробной очистки было удалено ~ 68 % ХПК.

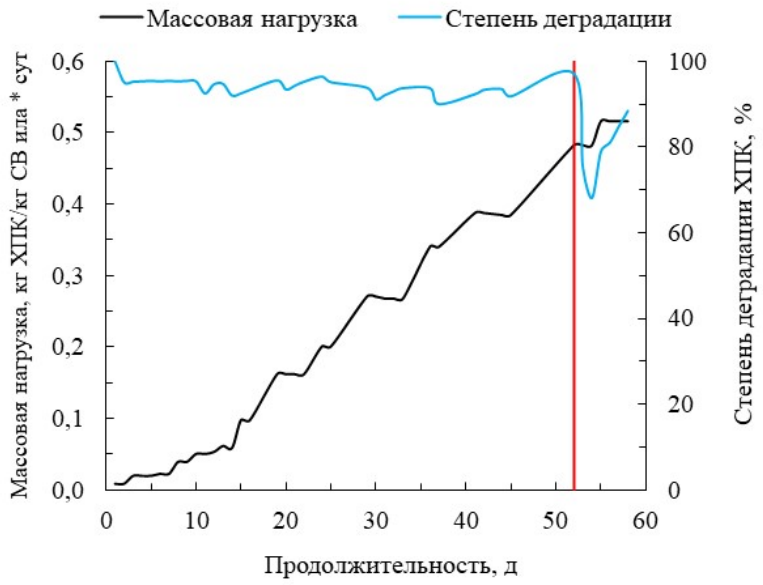



Рис. 4. Динамика увеличения нагрузки по ХПК на единицу массы анаэробного ила (черная линия) в сутки и удельная скорость удаления ХПК (синяя линия)

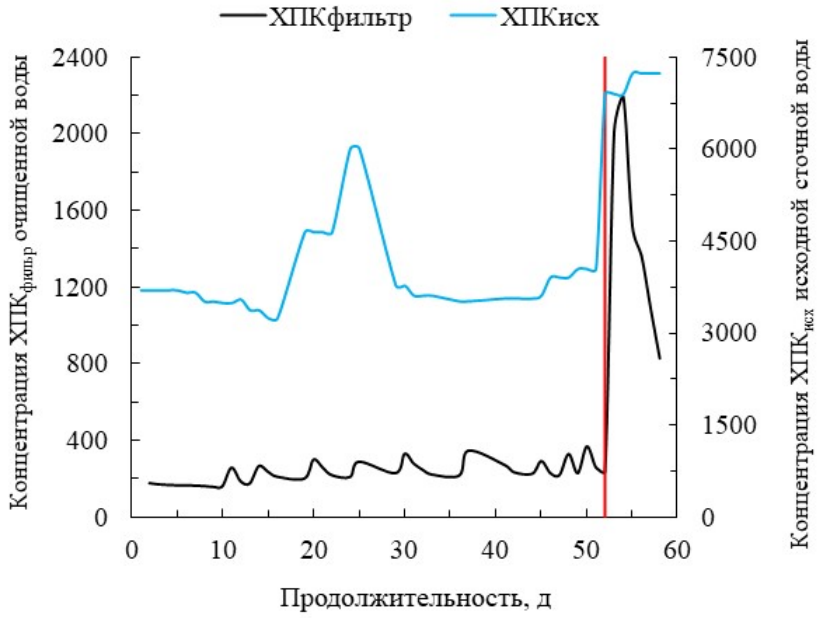



Рис. 5. Концентрация ХПК исходной
и очищенной (фильтрованной) сточной воды

В ходе эксперимента установлена оптимальная массовая нагрузка в анаэробном реакторе Biomar ASBx по ХПК на массу анаэробного ила, которая составляет 0,25–0,4 кг ХПК/кг СВ ила в сутки. При такой нагрузке все анаэробные процессы работали стабильно. Данный диапазон можно принять для расчета промышленного реактора.

Аналитический контроль очищенной воды показал, что биоразлагаемые вещества практически полностью удаляются из сточных вод на анаэробной ступени очистки в реакторе Biomar ASBx при нагрузке до 0,48 кг ХПК/ кг ила в сутки концентрация ХПК снижается до ~ 250 мг/л, а БПК до ~ 70 мг/л.

*Список источников*

1. О водоснабжении и водоотведении : Федеральный закон от 07.12.2011 N 416-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025) // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/-document/cons_doc_LAW_122867/ (дата обращения: 22.01.2026).

2. Глытян А. А., Короткова Т. Г. Очистные сооружения молокозавода для очистки производственных сточных вод // Научные труды КубГТУ. 2019. № 3. С. 774–784. EDN ZQZKIH.

3. Прикладная экобиотехнолгия / А. Е. Кузнецов, Н. Б. Градова, М. Энгельхарт [и др.]. М., 2010.

4. Калюжный С. В., Данилович Д. А., Ножевникова А. Н. Биотехнология. Анаэробная биологическая очистка сточных вод // Итоги науки и техники. М., 1992.

5. Методы очистки сточных вод флотацией / В. И. Щербаков, А. А. Амин, З. С. Абрахем [и др.] // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2011. № 1 (4). С. 115–120. EDN OGZOSR.

*References*

1. On Water supply and sanitation : Federal Law No. 416-FZ of 07.12.2011 (as amended on 08.08.2024) (as amended and supplemented, intro. effective from 01.01.2025) // ConsultantPlus : [website]. URL: https://www.-consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867 (date of accessed: 22.01.2026).

2. Glytyan A. A., Korotkova T. G. Dairy sewage treatment plants for industrial wastewater treatment // Scientific works of KubSTU. 2019. No. 3. P. 774–784. EDN ZQZKIH.

3. Applied ecobiotechnology / A. E. Kuznetsov, N. B. Gradova, M. Engelhart [et al.]. M., 2010.

4. Kalyuzhny S. V., Danilovich D. A., Nozhevnikova A. N. Biotechnology. Anaerobic biological wastewater treatment // Results of science and technology. M., 1992.

5. Methods of wastewater treatment by flotation / V. I. Shcherbakov, A. A. Amin, Z. S. Abraham [et al.] // Scientific Journal. Engineering systems and structures. 2011. No. 1 (4). P. 115–1120. EDN OGZOSR.

Научная статья
УДК 543.42+674.038

# ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК

**Татьяна Ивановна Маслакова[1], Полина Вадимовна Подкорытова[2], Инна Геннадьевна Первова[3]**
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] maslakovati@m.usfeu.ru
[2] crash3592@yandex.ru
[3] pervovaig@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В статье представлен обзор характеристичных полос поглощения в ИК-спектрах древесных опилок до и после их модификации различными химическими реагентами. По положению, сдвигу и относительной интенсивности полос в ИК-спектрах можно идентифицировать состав и количество функциональных групп, определяющих сорбционные свойства сорбентов на основе древесных опилок.

***Ключевые слова:*** ИК-спектроскопия, древесные опилки, функциональные группы, модификация

***Для цитирования:*** Маслакова Т. И., Подкорытова П. В., Первова И. Г. ИК-спектроскопия как инструмент для оценки эффективности модификаций древесных опилок // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 465–470.

Original article

# IR SPECTROSCOPY AS A TOOL FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF SAWDUST MODIFICATION

**Tatiana I. Maslakova[1], Polina V. Podkorytova[2], Inna G. Pervova[3]**
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] maslakovati@m.usfeu.ru
[2] crash3592@yandex.ru
[3] pervovaig@m.usfeu.ru

© Маслакова Т. И., Подкорытова П. В., Первова И. Г., 2026

***Abstract.*** The article presents an overview of the characteristic absorption bands in the IR spectra of sawdust before and after their modification by various chemical reagents. The position, shift, and relative intensity of bands in the IR spectra can be used to identify the composition and number of functional groups that determine the sorption properties of sawdust-based sorbents.

***Keywords:*** IR spectroscopy, sawdust, functional groups, modification

***For citation:*** Maslakova T. I., Podkorytova P. V., Pervova I. G. (2026) IK-spektroskopija kak instrument dlja ocenki jeffektivnosti modifikacii drevesnyh opilok. [IR spectroscopy as a tool for assessing the effeciency of sawdust modification]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 465–470. (In Russ).

Инфракрасная спектроскопия (ИК) является одним из наиболее часто применяемых физико-химических методов анализа объектов природного и техногенного происхождения. При пропускании инфракрасного излучения через вещество происходит возбуждение колебательных движений функциональных групп в молекуле, что сопровождается появлением поглощения на характеристичных данному веществу частотах [1]. Регистрируемый спектр содержит ряд полос поглощения, по положению и относительной интенсивности которых делается вывод о строении изучаемого образца.

ИК-спектроскопия является эффективным аналитическим методом для исследования структуры и природы древесины, ее качественного и количественного анализа благодаря способности метода предоставлять информацию о количестве функциональных групп и других специфических структурных особенностях. Однако ИК-спектр древесины достаточно сложен, так как представляет собой не просто сумму полос поглощения отдельных компонентов древесины, но включает в себя полосы, характеризующие связи, существующие между макромолекулами целлюлозы, лигнина и гемицеллюлоз. Современное представление о древесинном веществе сводится к тому, что это полимерная композиция, состоящая из целлюлозной арматуры и аморфной лигнино-углеводной матрицы. В связи с чем интерпретация ИК-спектров древесины значительно усложняется.

Особенно востребовано ИК-спектроскопическое исследование в сфере получения углеродных сорбентов на основе древесных опилок. Состав функциональных групп на поверхности таких сорбентов обусловливает их физико-химические и сорбционные характеристики, а, следовательно, их применение в процессах извлечения веществ и соединений из водных сред.

Однако опилки нативной (природной) древесины в большинстве случаев не могут полностью удовлетворить техническим требованиям, предъявляемым к фильтрующим материалам, поэтому необходима их химическая модификация с помощью различных реагентов, позволяющая придать определенные характеристики или улучшить уже имеющиеся. При поверхностном модифицировании древесины изменяется химический состав за счет трансформации функциональных групп, влияя на сорбционные свойства и селективность при извлечении токсикантов из воды.

В научной литературе представлен достаточно обширный объем сведений по применению ИК-спектроскопии для идентификации функциональных изменений в древесных опилках в результате химической обработки, однако у исследователей до сих пор возникает проблема, как провести оценку именно эффективности модификации образцов. Целью данной статьи является анализ вклада ИК-спектроскопии в установление структурных изменений поверхности опилок при воздействии на них модифицирующих реагентов.

Наиболее популярным для модификации опилок органическим реагентом является лимонная кислота. Так, в работе [2] авторы основное внимание обращают на образцы белой сосны, обработанные именно лимонной кислотой, и отмечают, что в ИК-спектрах модифицированных образцов отмечено значительное увеличение интенсивности полос карбоксильных групп при 1720 $см^{-1}$ ($\nu_{C=O}$), а также при 3336 $см^{-1}$ ($\nu_{O-H}$), 2896 $см^{-1}$ ($\nu_{C-H}$) и 1030 $см^{-1}$ ($\nu_{C-O}$). В исследовании [3] в ИК-спектрах опилок красной сосны после обработки лимонной кислотой также отмечено увеличение интенсивности полос поглощения –ОН и $COO^-$ карбоксильных групп, закрепленных на поверхности опилок в результате реакции этерификации с лимонной кислотой. Факт этерификации, как указано в работе [4], подчеркивается характерными различиями исследуемых образцов опилок, а именно наличием полос поглощения при 1740 $см^{-1}$ и 1425 $см^{-1}$, относящихся к группе COOH. Согласно полученным результатам, авторы заключили, что измененный химический состав поверхности модифицированных лимонной кислотой опилок красной сосны позволит осуществлять адсорбцию ионов металлов.

Не вызывают вопросов регистрируемые валентные колебания при 1720 $см^{-1}$ и 1730 $см^{-1}$, их относят [2, 5] к связи C=O в карбоксильной группе. В этой же области авторы [3, 6] регистрировали максимумы поглощения при 1742 $см^{-1}$ и 1728 $см^{-1}$. Кроме того, к карбоксильным группам относят и другие валентные колебания, такие как 1030 $см^{-1}$, 1247 $см^{-1}$, 1422 $см^{-1}$ [2, 7, 8]. Связи O–H и C–H в карбоксильной группе указаны только в работе [2], а именно в области 3336 $см^{-1}$ и 2896 $см^{-1}$, соответственно. В исследованиях [5, 7] наличие карбонильной группы отслеживается в виде кетонной (1695 $см^{-1}$ и 1654 $см^{-1}$) и альдегидной (1650 $см^{-1}$ и 1733 $см^{-1}$) связи, хотя модификация проводилась разными по

составу реагентами (гексадецилтриметиламмоний бромидом (HDTMA-Br) и лимонной кислотой).

Подробный анализ ИК-спектров сосновых опилок, модифицированных малеиновой кислотой, и опилок, обогащенных ионами Cd(II), представлен в исследовании [8]. Авторами выявлено, что модификация опилок привела к уменьшению интенсивности валентных колебаний гидрокси-групп ($\nu_{OH}$ = 3322 см$^{-1}$) и увеличению интенсивности полосы поглощения =C–O (1247 см$^{-1}$). Для образца, обработанного солью кадмия, наблюдается уменьшение максимумов, связанных с появлением широкой полосы поглощения в области валентных колебаний O–H и C–O. Полоса при 1634 см$^{-1}$ отнесена к C=O связи сложноэфирной группы [8].

Удивляет отнесение полосы с частотой 1250 см$^{-1}$ к поглощению сульфатной группы S=O [5]. Очевидно данная полоса свидетельствует скорее о появлении в ИК-спектрах поглощения =C–O– групп, образованных в результате обработки опилок серной кислотой. Однозначно отнести данное поглощение к поглощению сульфатной группы можно, изучив зависимость увеличения интенсивности данного поглощения от увеличения концентрации серной кислоты или продолжительности обработки образцов.

Стоить отметить исследование [9] с точки зрения наглядности предоставления информации в виде таблицы для идентификации полос поглощения в образцах древесных опилок, хотя и без отнесения полос к конкретным функциональным группам. Кроме того, авторы предполагают, что при последовательной модификации опилок метилатом натрия, эпихлоргидрином и додециламином в среде диметилсульфоксидане происходит 100 %-ная трансформация оксиранового фрагмента, которому принадлежат максимумы поглощения при 954 см$^{-1}$ и 821 см$^{-1}$.

Таким образом, метод ИК-спектроскопии представляется перспективным для сравнительного исследования модифицированных образцов древесных опилок, однако требуются дополнительные исследования по оценке степени химического преобразования и характера протекающих структурных изменений в результате химической обработки в основных компонентах древесины: лигнине, целлюлозе и гемицеллюлозе.

*Список источников*

1. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М. : Мир, 1965. 220 с.

2. Salazar-Rabago J. J., Leyva-Ramos R. Novel biosorbent with high adsorption capacity prepared by chemical modification of white pine (*Pinus durangensis*) sawdust. Adsorption of Pb(II) from aqueous solutions // Journal of

Environmental Management. 2016. Vol. 169. P. 303–312. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.040.

3. Ulfa S. M., Chamidah N., Kurniawan A. Adsorption of Cu(II) in aqueous solution by modified sawdust cellulose // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 239. Article 012008. DOI 10.1088/1755-1315/239/1/012008.

4. Zhang R., Zhou Y., Gu X., Lu J. Competitive adsorption of Methylene Blue and $Cu^{2+}$ onto citric acid modified pine sawdust //CLEAN. Soil Air Water. 2015. Vol. 43. Issue 1. P. 96–103. https://doi.org/10.1002/clen.201300818.

5. Functionalized sawdust-derived cellulose nanocrystalline adsorbent for efficient removal of vanadium from aqueous solution / B. Zulu, O. A. Oyewo, B. Sithole [et al.] // Frontiers in Environmental Science. 2020. Vol. 8. Article 56. https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00056.

6. Activated *Ailanthus altissima* sawdust as adsorbent for removal of acid Yellow 29 from wastewater: kinetics approach / N. Rahman, I. Ullah, S. Alam [et al.] // Water. 2021. Vol. 13. Article 2136. https://doi.org/10.3390/w13152136.

7. Characterization of modified sawdust, kinetic and equilibrium study about Methylene Blue adsorption in batch mode / W. Zou, H. Bai, S. Gao, K. Li // Korean Journal of Chemical Engineering. 2013. Vol. 30(1). P. 111–122. DOI: 10.1007/s11814-012-0096-y.

8. Non-linear adsorption characteristics of modified pine wood sawdust optimised for adsorption of Cd(II) from aqueous systems / A. Hashem, S. M. Badawy, S. Farag [et al.] // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2020. Vol. 8. Issue 4. Article 103966. https://doi.org/-10.1016/j.jece.2020.103966.

9. Modification and application of *Albizia lebbeck* sawdust for the sorption of lead(II) and copper(II) from aqueous solutions / S. Bhowmik, M. S. Rahman, T. R. Choudhury [et al.] // Oriental Journal of Chemistry. 2020. Vol. 36, № 04. P. 591–600. http://dx.doi.org/10.13005/ojc/360401

*References*

1. Nakanishi K. Infrared spectra and structure of organic compounds. M. : World, 1965. 220 p.

2. Salazar-Rabago J. J., Leyva-Ramos R. Novel biosorbent with high adsorption capacity prepared by chemical modification of white pine (*Pinus durangensis*) sawdust. Adsorption of Pb(II) from aqueous solutions // Journal of Environmental Management. 2016. Vol. 169. P. 303–312. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.040.

3. Ulfa S. M., Chamidah N., Kurniawan A. Adsorption of Cu(II) in aqueous solution by modified sawdust cellulose // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 239. Article 012008. DOI 10.1088/1755-1315/239/1/012008.

4. Zhang R., Zhou Y., Gu X., Lu J. Competitive adsorption of Methylene Blue and $Cu^{2+}$ onto citric acid modified pine sawdust //CLEAN. Soil Air Water. 2015. Vol. 43. Issue 1. P. 96–103. https://doi.org/10.1002/clen.201300818.

5. Functionalized sawdust-derived cellulose nanocrystalline adsorbent for efficient removal of vanadium from aqueous solution / B. Zulu, O. A. Oyewo, B. Sithole [et al.] // Frontiers in Environmental Science. 2020. Vol. 8. Article 56. https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00056.

6. Activated *Ailanthus altissima* sawdust as adsorbent for removal of acid Yellow 29 from wastewater: kinetics approach / N. Rahman, I. Ullah, S. Alam [et al.] // Water. 2021. Vol. 13. Article 2136. https://doi.org/10.3390/w13152136.

7. Characterization of modified sawdust, kinetic and equilibrium study about Methylene Blue adsorption in batch mode / W. Zou, H. Bai, S. Gao, K. Li // Korean Journal of Chemical Engineering. 2013. Vol. 30(1). P. 111–122. DOI: 10.1007/s11814-012-0096-y.

8. Non-linear adsorption characteristics of modified pine wood sawdust optimised for adsorption of Cd(II) from aqueous systems / A. Hashem, S. M. Badawy, S. Farag [et al.] // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2020. Vol. 8. Issue 4. Article 103966. https://doi.org/-10.1016/j.jece.2020.103966.

9. Modification and application of *Albizia lebbeck* sawdust for the sorption of lead(II) and copper(II) from aqueous solutions / S. Bhowmik, M. S. Rahman, T. R. Choudhury [et al.] // Oriental Journal of Chemistry. 2020. Vol. 36, № 04. P. 591–600. http://dx.doi.org/10.13005/ojc/360401

Научная статья
УДК 544.723+674.8

# ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОПИЛОК ЯСЕНЯ

**Инна Геннадьевна Первова[1], Даниил Юрьевич Дворянкин[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] pervovaig@m.usfeu.ru
[2] daniil.dvoryankin.02@mail.ru

***Аннотация***. В статье представлено исследование влияния химической модификации растворами 0,5-5н $HNO_3$ опилок древесины ясеня на их физико-механические и физико-химические характеристики. Построены изотермы сорбции ионов меди(II) исходными и модифицированными образцами опилок, установлены механизмы извлечения сорбентами ионов меди(II) из водных растворов.

***Ключевые слова***: опилки ясеня, сорбенты, сорбционное извлечение, ионы меди, древесные отходы

***Для цитирования***: Дворянкин Д. Ю., Первова И. Г. Исследование характеристик сорбентов на основе опилок ясеня // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 471–477.

Original article

# RESEARCH OF THE CHARACTERISTICS OF SORBENTS BASED ON ASH WOOD SAWDUST

**Inna G. Pervova[1], Daniil Yu. Dvoryankin[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] pervovaig@m.usfeu.ru
[2] daniil.dvoryankin.02@mail.ru

***Abstract***. The article presents the research of the effect of chemical modification of ash wood sawdust with 0.5-5N $HNO_3$ solutions on their physical and mechanical, and physical and chemical characteristics. Isotherms for the sorp-

© Первова И. Г., Дворянкин Д. Ю., 2026

tion of copper(II) ions by initial and modified sawdust samples have been created, and mechanisms for the removal of copper(II) ions from aqueous solutions by sorbents have been established.

***Keywords**:* ash wood sawdust, sorbents, sorption extraction, copper ions, wood waste

***For citation*:** Pervova I. G., Dvoryankin D. Yu. (2026) Issledovanie kharakteristik sorbentov na osnove opilok yasenya [Research of the characteristics of sorbents based on ash wood sawdust]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 471–477. (In Russ).

В связи с возрастающим уровнем загрязнения водных объектов ионами тяжелых металлов необходимым условием снижения негативного техногенного воздействия становится обезвреживание сточных вод до требуемых параметров с последующим их использованием в производственных и технологических циклах. Одним из широко применяемых способов очистки загрязненных металлами вод является сорбционный метод с постоянно расширяющимся ассортиментом сорбционных материалов. Особый интерес при этом представляют лигноцеллюлозосодержащие отходы деревообрабатывающих производств. Преимущества таких реагентов по сравнению с синтетическими материалами определяются химической природой твердофазной матрицы и ее физико-химическими характеристиками, в том числе наличием различных функциональных групп. А большие запасы, низкая стоимость и возобновляемая сырьевая база обосновывают экономическую целесообразность использования данных материалов для очистки водных сред.

В продолжение работы [1] по исследованию опилок различных пород древесины в качестве доступных сорбционных материалов нами в качестве исходного сырья были выбраны опилки ясеня (*Fraxinus excelsior*) и проведена их химическая модификация растворами азотной кислоты различной концентрации. Химическая модификация проводилась следующем образом: навеску древесных опилок ясеня (образец 1) массой 3 г помещали в коническую колбу емкостью 250 см$^3$ и заливали 100 см$^3$ раствора реагента – 0,5н $HNO_3$, 1н $HNO_3$, 3н $HNO_3$, 5н $HNO_3$. Модификацию проводили в течение 5 ч при перемешивании с помощью лабораторного шейкера и нагреве содержимого колб до 80 °С. Получены сорбенты 2, 3, 4, 5, условия модификации и физико-механические характеристики которых, определенные в соответствии со стандартными методиками, представлены в табл. 1.

*Таблица 1*

Физико-механические характеристики нативных
и модифицированных опилок ясеня

| Показатель | Сорбент 1 | Сорбент 2 | Сорбент 3 | Сорбент 4 | Сорбент 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Модифицирующий реагент | Нативные опилки | 0,5н $HNO_3$ | 1н $HNO_3$ | 3н $HNO_3$ | 5н $HNO_3$ |
| Влажность (ГОСТ 16483.7-71), % | 5,41 | 6,24 | 6,09 | 5,94 | 5,75 |
| Адсорбционная активность по йоду (ГОСТ 6217-74), % | 26,24 | 54,18 | 27,05 | 27,00 | 26,69 |
| Адсорбционная активность по МГ (ГОСТ 4453-74), мг/г | 207 | 292 | 278 | 242 | 223 |
| Суммарный объем пор (ГОСТ 17219-71), $см^3/г$ | 1,98 | 2,56 | 2,16 | 4,46 | 4,81 |
| Удельная поверхность, $м^2/г$ | 412 | 582 | 553 | 482 | 444 |

Следует отметить, что значения удельной поверхности нативных и модифицированных опилок ясеня свидетельствуют о более развитой поверхности в сравнении с ранее изученными опилками сосны [2], вследствие того, что в структуре древесины ясеня (что и характерно для лиственных пород) содержится меньшее количество смол и жиров [3]. Кроме того, при более низких значениях суммарного объема пор (отличие примерно в 2–3 раза по сравнению с сосновыми опилками (5,78 $см^3/г$)) способность опилок древесины ясеня поглощать вещества-маркеры выше примерно в 4,6–6,6 раз по адсорбционной активности по метиленовому голубому и в 1,2–2,5 раз по йоду. Наиболее сильное воздействие на пористую структуру оказывает модификация опилок раствором 0,5н $HNO_3$, при этом с увеличением концентрации кислоты величины характеристик поверхности остальных модифицированных сорбентов 3–5 снижаются (табл. 1).

Методом Боэма [4] в сорбентах 1–5 определены типы и количество кислородсодержащих функциональных групп: $Е_{общ}$ – общее количество, $Е_{карб}$ – количество карбоксильных групп, $Е_{гидр}$ – количество гидроксильных групп (табл. 2). Установлено, что наибольшее количество $Е_{общ}$ имеют в своем составе исходные природные опилки ясеня (образец 1) с соотношением $Е_{карб}/Е_{гидр}$= 3,05:1. В результате модификации опилок растворами азотной кислоты общее количество кислородсодержащих функциональных

групп уменьшается, но с одновременным возрастанием карбоксильных групп.

*Таблица 2*

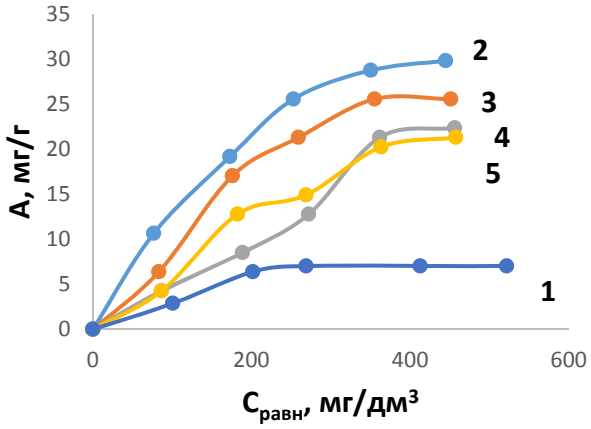
Состав функциональных групп и сорбционная емкость нативных и модифицированных опилок ясеня

| Сорбент | $E_{общ}$, мг·экв/г | $E_{карб}$, мг·экв/г | $E_{гидр}$, мг·экв/г | Соотношение $E_{карб}$/ $E_{гидр}$ | A(Cu), мг/г | A(Cu), мг·экв/г |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Сорбент 1 | 4,860 | 3,660 | 1,200 | 3,05:1 | 7,04 | 0,22 |
| Сорбент 2 | 2,625 | 2,000 | 0,625 | 3,20:1 | 29,87 | 0,93 |
| Сорбент 3 | 3,125 | 2,500 | 0,625 | 4:1 | 25,60 | 0,8 |
| Сорбент 4 | 3,750 | 3,000 | 0,750 | 4:1 | 22,40 | 0,7 |
| Сорбент 5 | 4,075 | 3,475 | 0,600 | 5,8:1 | 21,30 | 0,67 |

Способность модифицированных опилок извлекать ионы металлов из водных сред оценивали по отношению к ионам меди(II). Хотелось бы подчеркнуть, что ранее в литературе [5] отмечено применение химически модифицированных опилок ясеня лишь для сорбции нефтепродуктов. В нашем исследовании 0,5 г сорбента помещали в колбу емкостью 250 $см^3$, заливали 100 $см^3$ раствора сульфата меди(II) с вариациями концентрации ионов меди от 100 до 500 мг/$дм^3$, выдерживали при перемешивании с помощью лабораторного шейкера в течение 5 ч при комнатной температуре. По истечении времени достижения сорбционного равновесия содержимое каждой колбы фильтровали через фильтр «синяя лента», сорбент промывали дистиллированной водой до отрицательной реакции на ионы меди(II). Фильтрат и промывные воды анализировали на остаточную концентрацию ионов меди методом комплексонометрического титрования трилоном Б [6].

Наиболее высокое значение сорбционной емкости по ионам Cu(II) показал образец 2 – A(Cu)= 29,87 мг/г =0,93 мг·экв/г. И хотя выявлено, что с увеличением концентрации модификатора происходит возрастание общего количества функциональных групп, однако сорбционная емкость сорбентов 3–5 уменьшается. Вероятно, это связано с стерическими препятствиями за счет слишком плотного расположения функциональных групп на поверхности сорбентов [7] или нарушения баланса функциональных групп и уменьшения доступности активных центров [8].

На рисунке представлены изотермы сорбции ионов меди(II) исходными и модифицированными опилками ясеня. Изотермы сорбции образцов 1–4 относятся к I типу по классификации Гильса и L-типу по классификации БДДТ, что характеризует их как материалы с относительно малой долей доступной для сорбции ионов меди удельной поверхности, а особенностью изотермы является рост на начальном участке относительно оси концентраций. Сорбированных ионов Cu(II) указывает на неполное заполнение доступных функциональных группировок (табл. 2).




Изотермы сорбции ионов меди(II) сорбентами
на основе опилок ясеня

Изотерма образца 5 относится к IV типу, когда процесс сорбции ограничивается объемом мезопор. Хотя изотермы сорбции достигли равновесия, однако эквимолярное соотношение с количеством сорбированных ионов Cu(II) указывает на неполное заполнение доступных функциональных группировок (табл. 2).

Изотермы сорбции обработаны в рамках моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина – Радушкевича и Темкина. В табл. 3 представлены уравнения регрессии и константы сорбции.

*Таблица 3*

Уравнения регрессии и коэффициенты аппроксимации адсорбционных моделей

| Модель | Параметр | Сорбент 1 | Сорбент 2 | Сорбент 3 | Сорбент 4 | Сорбент 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ленгмюра | Уравнение регрессии | 26,716x + 0,0633 | 5,7514x + 0,0186 | 12,386x + 0,0021 | 20,55x – 0,0006 | 20,393x – 0,0097 |
| | $R^2$ | 0,8989 | 0,9964 | 0,9675 | 0,9925 | 0,9682 |
| | $K_L \cdot 10^{-3}$ | 2,4 | 3,2 | 2,0 | 0,3 | 0,5 |
| Фрейндлиха | Уравнение регрессии | 0,5229x – 0,5008 | 0,6096x – 0,098 | 0,8365x – 0,7347 | 1,0503x – 1,4228 | 0,9671x – 1,1821 |
| | $R^2$ | 0,7423 | 0,9687 | 0,9201 | 0,9805 | 0,9432 |
| | $k_f$ | 0,316 | 0,610 | 0,184 | 0,038 | 0,059 |
| | n | 1,912 | 1,640 | 1,195 | 0,951 | 1,013 |
| | 1/n | 0,523 | 0,609 | 0,837 | 1,050 | 0,988 |
| Дубинина – Радушкевича | Уравнение регрессии | –22,871x + 2,0525 | –40,212x + 3,8841 | –31,63x + 3,2322 | 281,53x + 0,9818 | 28,39x + 2,3684 |
| | $R^2$ | 0,1874 | 0,9353 | 0,0553 | 0,2107 | 0,0085 |
| | E, Дж/моль | 514,34 | 387,90 | 437,36 | 146,6 | 380,77 |
| Темкина | Уравнение регрессии | 2,4653x – 7,6149 | 11,494x – 39,161 | 11,888x – 45,274 | 11,503x – 48,942 | 10,371x – 41,831 |
| | $R^2$ | 0,7697 | 0,9858 | 0,9759 | 0,8952 | 0,9838 |
| | $B_{TE}$, Дж/моль | 997,75 | 214 | 207,05 | 213,84 | 227,71 |

В результате расчетов установлено, что сорбция ионов меди(II) на всех сорбентах наиболее точно описывается моделью Ленгмюра с коэффициентами аппроксимации, близкими к 1. Величины коэффициентов n (степень нелинейности и сила адсорбции) и $n^{-1}$ (показатель неоднородности сорбционных центров) позволяют сделать вывод о том, что на всех образцах, за исключением сорбента 4, протекает нормальная физическая сорбция, не зависящая от температуры [9].

Энергетические параметры моделей Дубинин – Радушкевича и Темкина (E – энергия адсорбции и $B_{TE}$ – константа Темкина) также указывают на механизм физической сорбции. А в случае сорбента 4 извлечение ионов Cu(II) происходит за счет кооперативной химической сорбции, для которой характерно, чем больше вещества сорбировано, тем легче идет процесс.

*Список источников*

1. Исследование сорбционной активности нативных опилок лиственницы, ясеня и березы по отношению к ионам Cu(II) / В. В. Тихонова, Д. Ю. Дворянкин, Т. А. Мельник, И. Г. Первова // Экология и управление природопользованием: Сборник научных трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Томск, 29 ноября 2024 года. Томск : ООО «Литературное бюро», 2025. С. 139–141.

2. Исследование физико-химических характеристик модифицированных углеродных сорбентов на основе древесных отходов / Д. Ю. Дворянкин, И. Г. Первова, Т. И. Маслакова, И. А. Клепалова // Сорбционные и хроматографические процессы. 2023. Т. 23, № 5. С. 868–878. DOI 10.17308/sorpchrom.2023.23/11721.

3. Ветошкин Ю. И., Шейкман Д. В. Улучшение физико-механических свойств лиственной древесины облагораживанием // Леса России и хозяйство в них. 2013. № 3 (46). С. 55–62.

4. Boehm H. P. Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment // Carbon. 2002. Vol. 40. P. 145–149.

5. Денисова Т. Р., Шайхиев И. Г., Сиппель И. Я. Увеличение нефтеемкости опилок ясеня обработкой растворами кислот // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 17. С. 233–236.

6. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. М. : Химия. 1971. 456 с.

7. Зимина И. Ф., Сидо Н. П. Сорбция ионов переходных металлов из водно-органических сред анионитом АВ-17х4, модифицированным комплексонами // Вестник Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина. 1990. № 3. С. 19–25.

8. Никифорова Т. Е., Габрин В. А., Разговоров П. Б. Особенности сорбции ионов тяжелых металлов биополимерами полисахаридной и полиамидной природы // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2023. Т. 59, № 3. С. 231–243.

9. Изотерма и кинетическая адсорбция частиц рисовой шелухи как модельного адсорбента для решения проблем устойчивой добычи золота в результате выщелачивания ртути / А. Б. Д. Нандиянто, В. К. Нуграха, И. Юстиа [и др.]. // Записки Горного института. 2024. № 265. С. 104–120.

*References*

1. Research of the sorption activity of native sawdust from larch, ash, and birch in relation to Cu(II) ions / V. V. Tihonova, D. Yu. Dvoryankin, T. A. Melnik, I. G. Pervova // Ecology and nature management: Collection of scientific papers of the VIII All-Russian scientific and practical conference with international participation, Tomsk, November 29, 2024. Tomsk : Limited Liability Company Literary Bureau, 2025. P. 139–141.

2. Research of the physical and chemical characteristics of modified carbon sorbents based on wood waste / D. Yu. Dvoryankin, I. G. Pervova, T. I. Maslakova, I. A. Klepalova // Sorption and chromatographic processes. 2023. T. 23, № 5. P. 868–878. DOI 10.17308/sorpchrom.2023.23/11721.

3. Vetoshkin Yu. I., Sheikman D. V. Improvement of the physicical and mechanical properties of deciduous wood an upclassing // Forests of Russia and economy in them. 2013. №3 (46). P. 55–62.

4. Boehm H. P. Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment // Carbon. 2002. Vol. 40. P. 145–149.

5. Denisova T. R., Shaihiev I. G., Sippel I. Ya. Increasing the oil capacity of ash sawdust by treating it with acid solutions // Bulletin of the Kazan Technological University. 2015. T. 18, № 17. P. 233–236.

6. Lurye Yu. Yu. Handbook of Analytical Chemistry. M. : Chemistry. 1971. 456 p.

7. Zimina I. F., Sido N. P. Sorption of transition metal ions from aqueous-organic media by AB-17x4 anionite modified with complexones // Bulletin of the Belarusian State University named after V. I. Lenin. 1990. № 3. P. 19–25.

8. . Nikiforova T. E., Gabrin V. A., Razgovorov P. B. Features of Sorption of Heavy Metal Ions by Polysaccharide and Polyamide Biopolymers // Surface Physicochemistry and Material Protection. 2023. Vol. 59, № 3. P. 231–243.

9. Isotherm and kinetic adsorption of rice husk particles as a model adsorbent for solving the problems of sustainable gold mining through mercury leaching / Nandiyanto A. B. D., Nugraha V. K., Yustia I. [et al.] // Journal of the Mining Institute. 2024. № 265. P. 104–120.

Научная статья
УДК 674.81

# РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ РЕЦЕПТУРЫ ПРЕСС-СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОРАЗЛАГАЕМОЙ ПОСУДЫ

**Андрей Викторович Савиновских [1], Виктор Гаврилович Бурындин[2], Дарья Андреевна Чеховская [3], Карина Викторовна Келеш[4]**
[1–4] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] savinovskihav@m.usfeu.ru
[2] buryndinvg@m.usfeu.ru
[3] darachehovskaia04@mail.ru
[4] karinakelesh@yandex.ru

***Аннотация.*** Исследования данной статьи проводятся для создания экологически чистого продукта с учетом использования опила лиственницы с крахмалом и добавлением эфира целлюлозы, которые улучшают физико-химические свойства полимерных материалов. Цели эксперимента обусловлены подбором оптимальной рецептуры для изготовления биоразлагаемой посуды методом горячего прессования в закрытых пресс-формах.

***Ключевые слова:*** лиственница, крахмал, прессование, биокомпозит, эфир целлюлозы

***Для цитирования:*** Разработка оптимальной рецептуры пресс-сырья для получения биоразлагаемой посуды / А. В. Савиновских, В. Г. Бурындин, Д. А. Чеховская, К. В. Келеш // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 478−482

© Савиновских А. В., Бурындин В. Г., Чеховская Д. А., Келеш К. В., 2026

Original article

# DEVELOPMENT OF AN OPTIMAL FORMULATION OF PRESS RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF BIODEGRADABLE TABLEWARE

**Andrey V. Savinovskikh [1], Victor G. Buryndin[2], Daria A. Chekhovskaya[1], Karina V. Kelesh[4]**
[1–4] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] savinovskihav@m.usfeu.ru
[2] buryndinvg@m.usfeu.ru
[3] darachehovskaia04@mail.ru
[4] karinakelesh@yandex.ru

***Abstract.*** The research in this article is conducted to create an environmentally friendly product, taking into account the use of larch sawdust with starch and the addition of cellulose ether, which improve the physical and chemical properties of polymer materials. The objectives of the experiment are determined by the selection of the optimal formulation for the production of biodegradable tableware with starch and cellulose ether by hot pressing in closed molds.

***Keywords:*** larch, starch, pressing, biocomposite, cellulose ether
***For citation:*** Razrabotka optimalnoj receptury presssyrya dlya polucheniya biorazlagaemoj posudy [Development of an optimal formulation of press raw materials for the production of biodegradable tableware] (2026) A. V. Savinovskikh, V. G. Buryndin, D. A. Chekhovskaya, K. V. Kelesh. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 478–482. (In Russ).

В условиях современной действительности количество биоразлагаемой упаковки занимает объем 8 % от общего количества выпускаемой продукции, что является низким показателем, при этом производство биоразлагаемой посуды составляет лишь 3 % по стране, а количество пластиковых отходов в год составляет 220 млн т, из них на переработку уходит лишь 10 %. В связи с текущим положением создание экологически чистой посуды является перспективной задачей [1].

Цель работы – подбор оптимальной рецептуры для изготовления биоразлагаемой посуды с крахмалом и эфиром целлюлозы.

В основе биоразлагаемой посуды лежит опил лиственницы, он является наиболее подходящим сырьем в связи с тем, что содержит 27 % лигнина, который в последствии, связываясь с крахмалом, образует органическое связующее, а методом горячего прессования позволяет получить высокоплотные изделия с хорошими физико-механическими свойствами. Фракционный состав лиственницы 1,2 мм, характеристики крахмала и эфира целлюлозы представлены в табл. 1 [2].

*Таблица 1*

Характеристики крахмала и эфира целлюлозы

| Характеристика | Марка | |
|---|---|---|
| | Эфир крахмала «Setaky» | Tylose MHF10015PH |
| Вид, цвет | Однородный, белый порошок | Неионный белый порошок |
| Химический состав | Производное кукурузного крахмала | 2– гидроксиэтилметил целлюлоза |
| Растворимость | Растворим при температуре 18–25 °С | Растворим при температуре 18–25 °С |
| Свойства | Загущение, хорошая растворимость в воде, удерживание воды, нетоксичность | Высокая стойкость, текучесть, влияние на гидратацию, термическая стабильность |

Влажность материала является важным фактором для правильно спрессованных образцов. С учетом предыдущих исследований различных рецептур было выявлено, что оптимальная влажность для дисков должна быть в пределах 16–17% [3]. Предварительно готовится пресс-сырье. В табл. 2 представлены исходные рецептуры пресс-сырья с различным варьированием содержания опила лиственницы, эфира крахмала «Setaky», эфира целлюлозы Tylose MHF 10015 и воды.

*Таблица 2*

Оптимальные рецептуры пресс-сырья

| № | Ингредиенты | Соотношение, % | Влажность смеси, % |
|---|---|---|---|
| 1 | Опил лиственница (фр. 1,2 мм) | 77 | 16 |
| | Кукурузный катионный крахмал | 5 | |
| | Вода | 18 | |
| 2 | Опил лиственница (фр. 1,2 мм) | 67 | 16 |
| | Кукурузный катионный крахмал | 15 | |
| | Вода | 18 | |
| 3 | Опил лиственница (фр. 1,2 мм) | 77 | 16 |
| | Tylose MHF 10015 | 5 | |
| | Вода | 18 | |
| 4 | Опил лиственница (фр. 1,2 мм) | 67 | 16 |
| | Tylose MHF 10015 | 15 | |
| | Вода | 18 | |

Исходя из этих данных, были приготовлены четыре образца. Визуальный результат полученных образцов показывает, что повышенная влажность влияет на неравномерное распределение влаги по всему пресс-сырью, соответственно появляются неровности на поверхности образцов. Требуется более равномерное перемешивание пресс-сырья. Образцы были испытаны на физико-механические свойства (табл. 3).

*Таблица 3*

Физико-механические свойства образцов

| № | Модуль упругости, МПа | Прочность при изгибе, МПа | Водопоглощение лицевой поверхностью (2 часа), % | Водопоглощение за 2 часа, % | Водопоглощение за 24 часа, % | Набухание по толщине за 2 часа, % | Набухание по толщине за 24 часа, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1285,7 | 9,7 | 62,6 | 118,8 | 138,1 | 22,2 | 108,8 |
| 2 | 1185,6 | 7,7 | 41,8 | 127,0 | 138,4 | 35,1 | 75,4 |
| 3 | 945,7 | 6,6 | 179,3 | 174,5 | 200,7 | 124,4 | 124,7 |
| 4 | 2340,8 | 11,5 | 131,9 | 189,1 | 262,6 | 134,3 | 150,1 |

Снижение содержания эфира целлюлозы Tyloze MHF 10015 приводит к увеличению водопоглощения лицевой поверхности через 2 часа. Это видно на образце 3. При повышении же содержания Tyloze MHF 10015 до 15 % водопоглощение снижается, как если использовать только эфир крахмала «Setaky», то водопоглощение также снижается при повышении его содержания. При определении прочности при изгибе с содержанием эфира крахмала «Setaky» 5 % в пресс – сырье она увеличивается, а при 15 % снижается, так же и если оценивать влияние эфира целлюлозы Tyloze MHF, то при повышении его содержания растет прочность при изгибе.

После проведения данных анализов, оценивая результаты, можно сделать вывод о влиянии крахмала и эфира целлюлозы Tylose MHF 10015, эфир целлюлозы повышает прочностные характеристики, которые важны в случаях транспортировки посуды и ее использования, по результатам водопоглощения можно сказать, что биоразлагаемость посуды будет происходить интенсивнее.

Процесс создания экологически чистой посуды методом горячего прессования является экономичным и экологичным, с минимальным количеством отходов и выбросов.

*Список источников*

1. Соколов Ю. И. Риски тотального пластикового загрязнения планеты // Российское научное общество анализа риска. М., 2020. С. 30–43.

2. Николаев Е. М., Молодкина Н. Р. Обоснование методики получения биоразлагаемой одноразовой посуды // Сборник тезисов докладов

конгресса молодых ученых : материалы XII конгресс молодых ученых / Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт. СПб., 2023. С. 387–395.

3. Чеховская Д. А., Собянина А. Д., Савиновских А. В. Разработка рецептуры пресс-сырья для биоразлагаемой посуды // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 982–985.

*References*

1. Sokolov Yu. I. The risks of total plastic pollution of the planet // Russian Scientific Society for Risk Analysis. M., 2020. P. 30–43.

2. Nikolaev E. M., Molodkina N. R. Substantiation of the method of obtaining biodegradable disposable tableware // Collection of abstracts of the Congress of Young Scientists : proceedings of the XII Congress of Young Scientists. St. Petersburg, 2023. P. 387–395.

3. Chekhovskaya D. A., Sobyanina A. D., Savinovskikh A. V. Development of the formulation of press raw materials for biodegradable tableware // Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg, 2025. P. 982–985.

Научная статья
УДК 661.728:532.13

# ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ВИСКОЗИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

**Алексей Евгеньевич Шкуро[1], Кристина Алексеевна Усова[2], София Сергеевна Карпенко[3], Виктория Александровна Митракова[4]**
[1–4] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] shkuroae@m.usfeu.ru
[2] usovaka@m.usfeu.ru
[3] sofiya.karpenko.04@inbox.ru
[4] v-mitrakova04@mail.ru

***Аннотация.*** Исследовано влияние параметров кислотного гидролиза ацетата целлюлозы на вязкость растворов. Установлена математическая модель зависимости вязкости от массы кислоты, температуры и времени. Результаты позволяют оптимизировать процесс получения ацетата целлюлозы с заданными свойствами.

***Ключевые слова:*** ацетат целлюлозы, кислотный гидролиз, серная кислота, вязкость, регрессионный анализ

***Для цитирования:*** Исследование кислотного гидролиза ацетата целлюлозы вискозиметрическим методом / А. Е. Шкуро, К. А. Усова, С. С. Карпенко, В. А. Митракова // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 483−488.

© Шкуро А. Е., Усова К. А., Карпенко С. С., Митракова В. А., 2026

Original article

# RESEARCH OF ACID HYDROLYSIS OF CELLULOSE ACETATE BY THE VISCOSIMETRIC METHOD

**Alexey E. Shkuro[1], Kristina A. Usova[2], Sofia S. Karpenko[3], Victoria A. Mitrakova[4]**

[1–4] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

[1] shkuroae@m.usfeu.ru

[2] usovaka@m.usfeu.ru

[3] sofiya.karpenko.04@inbox.ru

[4] v-mitrakova04@mail.ru

***Abstract.*** The effect of cellulose acetate acid hydrolysis parameters on solution viscosity was researched. A mathematical model was developed for the dependence of viscosity on acid mass, temperature, and time. The results allow for optimization of the process for producing cellulose acetate with desired properties.

***Keywords:*** cellulose acetate, acid hydrolysis, sulfuric acid, viscosity, regression analysis

***For citation:*** Issledovaniye kislotnogo gidroliza atsetata tsellyulozy viskozimetricheskim metodom [Research of acid hydrolysis of cellulose acetate by the viscosimetric method] (2026) A. E. Shkuro, K. A. Usova, S. S. Karpenko, V. A. Mitrakova. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 483–488. (In Russ).

Поскольку целлюлоза не термопластична, то с целью получения пластиков проводится ее химическая модификация. Чаще всего путем взаимодействия гидроксильных групп с кислотами или их ангидридами целлюлозу этерифицируют. Наиболее многотоннажный сложный эфир целлюлозы ацетат целлюлозы (АЦ) в промышленности получают, используя в качестве ацетилирующего агента уксусный ангидрид, а в качестве катализатора серную кислоту. Реакции ацетилирования целлюлозы сопутствуют гидролиз (деструкция) и омыление ацетатов целлюлозы, «старение» ацетилирующих смесей, приводящее к понижению их реакционной способности и потемнению, а также гидратации уксусного ангидрида [1].

В производственных условиях диацетат целлюлозы получают реакцией омыления триацетата целлюлозы, в качестве катализатора применяют серную кислоту. При одной и той же концентрации катализа-

тора скорость гидролиза тем больше, чем выше температура. Однако чрезмерное повышение температуры приводит к деструкции ацетата и способствует неравномерному омылению [2].

Пластмассы производят на основе АЦ со степенью ацетилирования порядка 2,1−2,5. Для ускорения процесса биодеградации 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 [3, 4]. Целью настоящей работы было исследование влияния параметров кислотного гидролиза (массы серной кислоты, температуры и продолжительности реакции) на вязкость растворов ацетата целлюлозы в ацетоне с последующей разработкой математической модели для прогнозирования и оптимизации процесса.

В качестве исходного сырья для гидролиза использовали АЦ производства ОАО «Ацетат Химволокно» (ТУ 6-05-943–75). Кислотный гидролиз АЦ проводили по следующей методике. В трехгорлую круглодонную колбу, снабженную мешалкой, термометром и обратным холодильником, добавляли 75 г АЦ со степенью ацетилирования 2,41, затем приливали 650 г ледяной уксусной кислоты и помещали на водяную баню до полного растворения АЦ. Был проведен трехфакторный эксперимент, в котором изменялись время реакции, температура и содержание серной кислоты (таблица).

Условия проведения гидролиза АЦ и результаты измерения вязкости

| № опыта | Масса серной кислоты $Z_1$, г | Температура $Z_2$, °С | Продолжительность реакции $Z_3$, мин | Вязкость раствора АЦ в ацетоне (1%) $Y$, сПз |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,2 | 68 | 81 | 164,8 |
| 2 | 1,2 | 37 | 81 | 1243,3 |
| 3 | 1,2 | 68 | 29 | 132,1 |
| 4 | 1,2 | 37 | 29 | 1261,9 |
| 5 | 0,3 | 68 | 81 | 381,7 |
| 6 | 0,3 | 37 | 81 | 314,3 |
| 7 | 0,3 | 68 | 29 | 318,1 |
| 8 | 0,3 | 37 | 29 | 310,4 |
| 9 | 0,8 | 53 | 55 | 469,9 |
| 10 | 1,5 | 53 | 55 | 420,1 |
| 11 | 0,0 | 53 | 55 | 490,3 |
| 12 | 0,8 | 53 | 100 | 554,3 |
| 13 | 0,8 | 53 | 10 | 386,2 |
| 14 | 0,8 | 80 | 55 | 185,6 |
| 15 | 0,8 | 25 | 55 | 897,9 |
| 16 | 0,8 | 53 | 55 | 469,9 |

После проведения кислотного гидролиза АЦ полученный продукт выделяли из маточного раствора методом осаждения в воду. Затем из осажденного гидролизованного АЦ готовили 1 %-ный раствор в ацетоне. Реологические характеристики полученных растворов определяли путем измерения динамической вязкости на ротационном вискозиметре Гепплера (таблица).

Проведенный регрессионный анализ позволил установить количественную зависимость вязкости реакционной системы от исследуемых технологических параметров. Полученное уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$Y = 634 + 647{,}3 \cdot Z_1^2 - 18{,}5 \cdot Z_1 \cdot Z_2 + 2{,}8 \cdot Z_1 \cdot Z_3,$$

где $Y$ – вязкость раствора, сП;

$Z_1$ – масса серной кислоты, г;

$Z_2$ – температура процесса, °С;

$Z_3$ – продолжительность реакции, мин.

Статистический анализ показал адекватность предложенной модели. Коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}64$ указывает на то, что модель объясняет 64 % вариации значений вязкости. Высокий уровень значимости модели ($p = 0{,}995$) подтверждает статистическую достоверность установленных зависимостей. Стандартная ошибка модели составляет 230 сПз , что характеризует точность прогнозирования значений вязкости. Графическая интерпретация предложенной математической модели представлена на рис. 1 и 2.

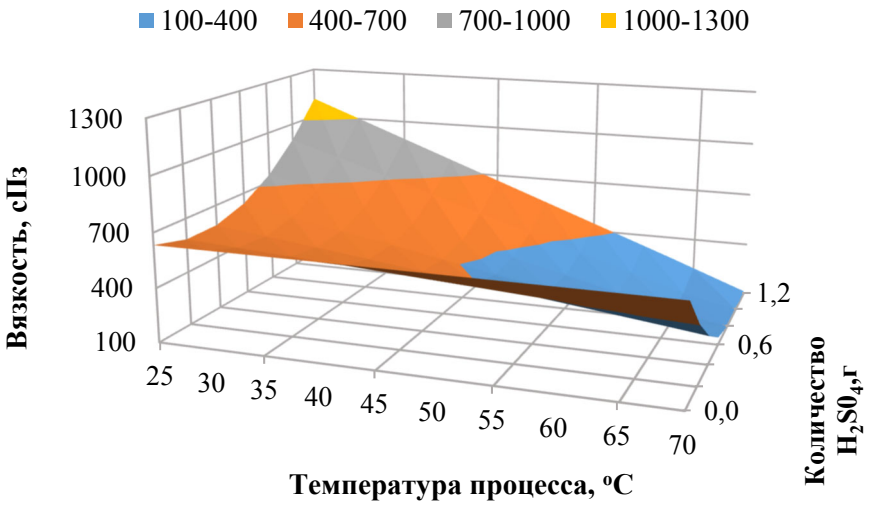



Рис. 1. Зависимость динамической вязкости раствора АЦ в ацетоне от количества серной кислоты и температуры процесса (при продолжительности реакции 60 мин)

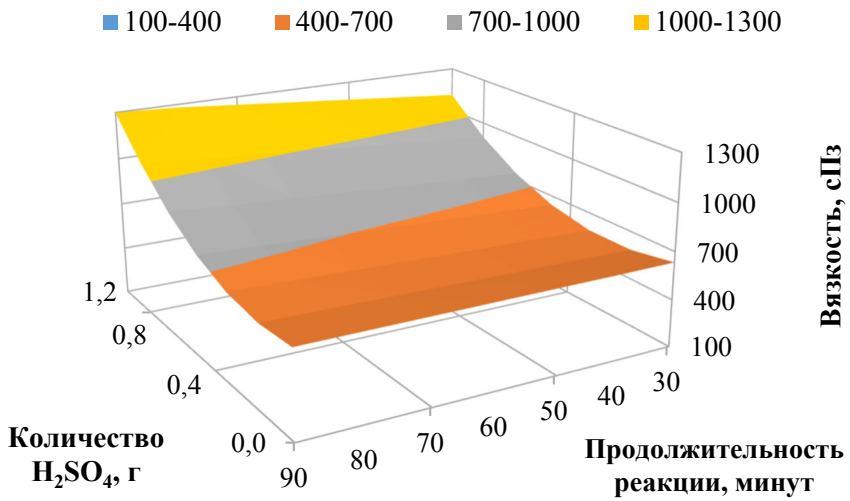



Рис. 2. Зависимость динамической вязкости раствора АЦ
в ацетоне от количества серной кислоты и продолжительности реакции
(при комнатной температуре)

Анализ предложенной математической модели выявил следующие закономерности:

– наибольшее влияние на вязкость оказывает квадрат массы серной кислоты ($Z_1^2$), что свидетельствует о нелинейном характере данной зависимости;

– обнаружено статистически значимое отрицательное взаимодействие между массой серной кислоты и температурой процесса ($Z_1 \cdot Z_2$);

– выявлено положительное взаимодействие между массой серной кислоты и временем реакции ($Z_1 \cdot Z_3$).

Полученная математическая модель может быть использована для оптимизации технологических параметров процесса с целью достижения заданных реологических характеристик раствора.

*Список источников*

1. Петров В. А., Петров А. И., Косточко А. В. Побочные реакции гетерогенного ацетилирования целлюлозы при получении триацетата целлюлозы для специальной техники // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 17. С. 89–91.

2. Пасько А. В., Тупиков А. С. Анализ влияния температуры и времени на процесс получения ацетатов целлюлозы // Полимерные материалы пониженной горючести : сборник материалов XI Международной конференции. Волгоград, 2023. С. 228–230.

3. 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. С. 133–140.

4. Усова К. А., Шкуро А. Е., Прытков Л. Н. Исследование процесса кислотного гидролиза ацетата целлюлозы // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции. 2025. С. 972–976.

*References*

1. Petrov V. A. Side reactions of heterogeneous acetylation of cellulose in the production of cellulose triacetate for special equipment / V. A. Petrov, A. I. Petrov, A. V. Kostochko // Bulletin of the Kazan Technological University. 2013. Vol. 16, № 17. P. 89–91.

2. Pasko A. V., Tupikov A. S. Analysis of the influence of temperature and time on the process of obtaining cellulose acetates // Polymeric materials of low flammability : Collection of materials of the XI International Conference. 2023. P. 228–230.

3. 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. P. 133–140.

4. Usova K. A., Shkuro A. E., Prytkov L. N. Study of the process of acid hydrolysis of cellulose acetate // Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia: materials of the XXI All-Russian (national) scientific and technical conference. 2025. P. 972–976.

Научная статья
УДК 678.01:541.64

# ПОДБОР ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ФЛОКУЛЯНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

**Алексей Владиславович Свиридов[1], Алексей Евгеньевич Шкуро [2], Елизавета Алексеевна Ян[3]**
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] sviridovav@m.usfeu.ru
[2] shkuroae@m.usfeu.ru
[3] elizavetayan134@mail.ru

***Аннотация.*** Исследование посвящено подбору эффективного флокулянта для очистки сточных вод металлургического производства ООО «ВИЗ-Сталь». Проведен сравнительный анализ флокулянтов «Праестол» различных типов. Установлена высокая эффективность катионного реагента «Праестол-2530». Оптимальная дозировка составила 0,2 мг/л. Производственная апробация показала значительное улучшение качества очистки: снижение взвешенных веществ до 107 мг/л и мутности до 9,8 мг/л. Реагент рекомендован к внедрению.

***Ключевые слова:*** сточные воды, флокулянт, коагулянт, флотация, очистка, «праестол», металлургия

***Для цитирования:*** Свиридов А. В., Шкуро, А. Е., Ян Е. А. Подбор высокоэффективного флокулянта для очистки сточных вод на металлургических предприятиях // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 489–492.

© Свиридов А. В., Шкуро А. Е., Ян Е. А., 2026

Original article

# SELECTING A HIGHLY EFFICIENT FLOCCULANT FOR WASTEWATER TREATMENT FOR METALLURGICAL ENTERPRISES

**Alexey V. Sviridov[1] , Aleksey E. Shkuro[2] , Elizaveta A. Yan[3]**
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] sviridovav@m.usfeu.ru
[2] shkuroae@m.usfeu.ru
[3] elizavetayan134@mail.ru

***Abstract.*** This research examines the selection of an effective flocculant for wastewater treatment at the metallurgical enterprise of VIP-Steel LLC. A comparative analysis of various types of Praestol; flocculants was conducted. The high efficiency of the cationic reagent Praestol-2530 was established. The optimal dosage was 0,2 mg/dm³. Production testing demonstrated a significant improvement in treatment quality: a reduction in suspended solids to 107 mg/dm³ and turbidity to 9,8 mg/dm³. The reagent is recommended for implementation.

***Keywords:*** wastewater, flocculant, coagulant, flotation, purification, Praestol, metallurgy

***For citation:*** Sviridov A. V., Shkuro A. E,. Yan E. A. (2026) Podbor visokoeffektivnogo flokulyanta dlya ochistki stochnikh vod dlya metallurgicheskikh predpriyatii [Selection of a highly effective flocculant for wastewater treatment for metallurgical enterprises]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies: materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 489–492. (In Russ).

Очистка сточных вод металлургических производств является одной из ключевых задач в области промышленной экологии, и для предприятия ООО «ВИЗ-Сталь» эта проблема имеет особую актуальность. Длительное использование недостаточно эффективного флокулянта не позволяло достичь требуемых нормативов сброса, что обусловило необходимость поиска нового реагента. Сточные воды предприятия характеризуются высоким содержанием взвешенных веществ, в основном соединений железа, а также нефтепродуктов, что связано со спецификой технологических процессов[1].

[1] Шачнева Е. Ю. Применение флокулянтов серии АК-631 для флокуляционной очистки сточных вод промышленных предприятий // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 4(72). С. 62–71. DOI 10.23968/2305-3488.2017.22.4.62-71.

Shachneva E. Yu. Application of AK-631 series flocculants for flocculation treatment of industrial wastewater // Water and ecology: problems and solutions. 2017. №. 4 (72). P. 62–71. DOI 10.23968/2305-3488.2017.22.4.62-71.

Целью исследования стал комплексный лабораторный и опытно-промышленный подбор современного полимерного флокулянта, определение оптимальных параметров его применения и оценка целесообразности замены действующего реагента.

В работе проводились испытания трех типов флокулянтов марки «Праестол»: анионного «Праестол-853», неионного «Праестол-2500» и катионного «Праестол-2530». Исследования выполнялись на пробах реальных сточных вод, отобранных на очистных сооружениях предприятия (рис. 1). Методика включала приготовление рабочих растворов, обработку проб воды коагулянтом «КС» и флокулянтом в варьируемых дозах с последующей флотацией и отстаиванием. Эффективность очистки оценивалась по комплексу показателей: цветность, мутность, содержание нефтепродуктов и взвешенных веществ, а также рассчитывался коэффициент пропускания.

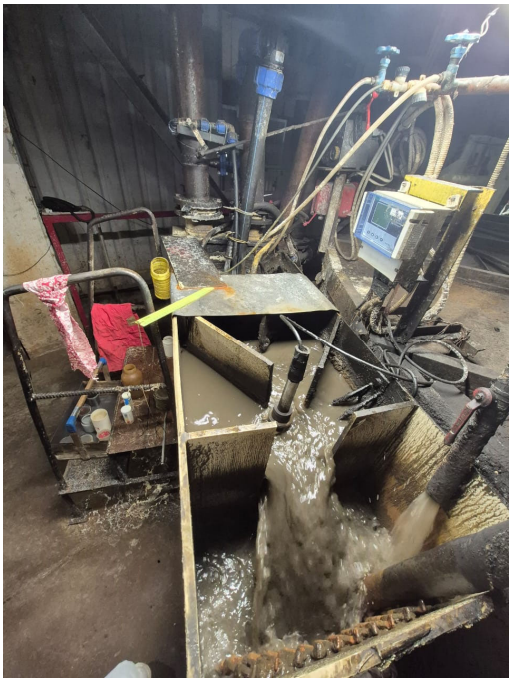


Рис. 1. Точка отбора проб на ООО «ВИЗ-сталь»

Сравнительный анализ эффективности флокулянтов показал, что неионный реагент «Праестол-2500» проявил наименьшую активность, тогда как анионный и катионный показали высокие результаты. Наибольшая эффективность была зафиксирована для катионного флокулянта «Праестол-2530». При дозе 2,0 мг/л содержание взвешенных веществ снизилось с 1054 до 85 мг/л, а мутность – с 27,9 до 6,7 мг/л. Это объясняется оптимальным взаимодействием положительно заряженных макромолекул флокулянта с отрицательно заряженными коллоидными частицами загрязнений, характерными для металлургических стоков.

Для определения оптимальной дозировки флокулянта «Праестол-2530» проводились испытания в диапазоне доз от 0,1 до 1,0 мг/л на пробах с высокой исходной загрязненностью. Анализ показал, что максимальный коэффициент пропускания (73 %) и наилучшие значения по всем контролируемым показателям достигаются при дозе 0,2 мг/л (рис. 2). Превышение этой дозы приводило к явлению перефлокуляции, что визуально проявлялось в ухудшении осаждаемости хлопьев и росте мутности очищенной воды.




Рис. 2. Пробы до и после очистки препаратом «Праестол»

Заключительным этапом работы стала апробация оптимального режима очистки непосредственно на очистных сооружениях ООО «ВИЗ-Сталь». Сравнение эффективности предложенной схемы со штатной технологией показало значительное преимущество использования флокулянта «Праестол-2530». Содержание взвешенных веществ снизилось до 107 мг/л против 179 мг/л, мутность – до 9,8 мг/л против 16,9 мг/л, а цветность – до 10,9 против 17,3 градусов.

Полученные результаты убедительно доказывают, что катионный флокулянт «Праестол-2530» в дозе 0,2 мг/л является высокоэффективным и перспективным для внедрения на предприятии. Его применение позволит не только повысить экологическую безопасность, но и может обеспечить экономический эффект за счет снижения расхода реагента и интенсификации процесса очистки. Проведенные исследования демонстрируют успешный пример решения проблемы очистки промышленных стоков через целенаправленный подбор и оптимизацию реагентной схемы.

Научная статья
УДК 691.11.002.5

# ПРИМЕНЕНИЕ КОКАМИДОПРОПИЛ БЕТАИНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОПИТОЧНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

**Алексей Евгеньевич Шкуро[1], Татьяна Валерьевна Якубова[2], Максим Наильевич Тухбатулин[3]**

[1] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

[2, 3] Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург, Россия

[1] shkuroae@m.usfeu.ru

[2] tatanaakubova71723@gmail.com

[3] tuchbatulin93@mail.ru

***Аннотация.*** Исследовано влияние кокамидопропил бетаина на свойства огнезащитного пропиточного состава для древесины. Показано, что добавка ПАВ снижает краевой угол смачивания с 77,2° до 56,1° и уменьшает потерю массы при горении на 10 %, повышая эффективность пропитки.

***Ключевые слова:*** кокамидопропил бетаин, ПАВ, древесина, огнезащита, антипирены, ОЗС, пропиточный раствор

***Для цитирования:*** Шкуро А. Е., Якубова Т. В., Тухбатулин М. Н. Применение кокамидопропил бетаина для повышения эффективности огнезащитного действия пропиточных растворов для древесины // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 493−497.

© Шкуро А. Е., Якубова Т. В., Тухбатулин М. Н., 2026

Original article

# APPLICATION OF COCAMIDOPROPYL BETAINE TO IMPROVE THE FIRE RETARDANT EFFICIENCY OF WOOD IMPREGNATION SOLUTIONS

**Alexey E. Shkuro[1], Tatiana V. Yakubova[2], Maxim N. Tukhbatulin[3]**
[1] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[2, 3] Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russia
[1] shkuroae@m.usfeu.ru
[2] tatanaakubova71723@gmail.com
[3] tuchbatulin93@mail.ru

***Abstract.*** The effect of cocamidopropyl betaine on the properties of a fire-retardant impregnation composition for wood was researched. It was shown that the surfactant additive reduces the contact angle from 77.2° to 56.1° and reduces the mass loss during combustion by 10%, increasing the impregnation efficiency.

***Keywords:*** cocamidopropyl betaine, surfactant, wood, fire protection, fire retardants, impregnating solution

***For citation:*** Shkuro A. E., Yakubova T. V., Tukhbatulin M. N. (2026) Primenenie kokamidopropil betaina dlya povisheniya effektivnosti ognezashchitnogo deistviya propitochnikh rastvorov dlya drevesini. [Application of cocamidopropyl betaine to improve the fire retardant efficiency of wood impregnation solutions]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies: materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg: USFEU, 2025. P. 493–497. (In Russ).

Древесина продолжает оставаться одним из самых популярных строительных материалов благодаря своим уникальным характеристикам: экологической чистоте, широкой доступности и превосходным механическим свойствам. Тем не менее, высокая горючесть требует применения надежных средств огнезащиты [1, 2].

Пропитка антипиренами остается наиболее эффективным методом защиты древесины от возгорания. Особую значимость в этой сфере приобрели растворы на основе фосфатов аммония, которые нашли широкое применение в различных отраслях:

– строительстве и ремонте;

– производстве мебели;

– обустройстве складских помещений;
– сельском хозяйстве;
– туристической индустрии.

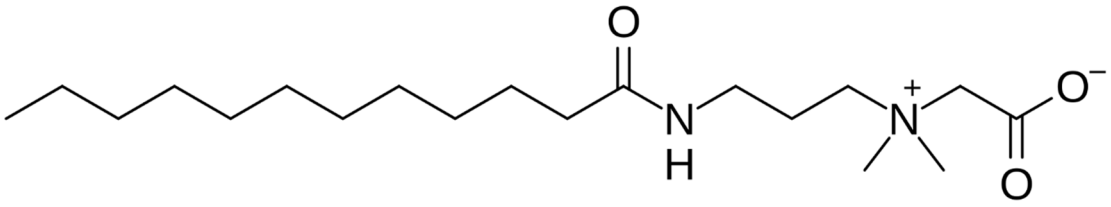
Обработка деревянных конструкций – перекрытий, полов, дверей, мебели, сельскохозяйственных построек, шпал и мостовых элементов – существенно повышает их огнестойкость.

Основные достоинства фосфатных составов:
– легкость в приготовлении и нанесении;
– глубокое проникновение в структуру древесины;
– длительный защитный эффект;
– безопасность для здоровья.

Эффективность огнезащитной обработки зависит не только от типа антипирена, но и от качества пропитки. Ключевым показателем выступает интенсивность – равномерность и глубина проникновения состава в древесину.

Современные технологии предлагают инновационные решения для улучшения процесса пропитки. Перспективным направлением является использование поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые снижают поверхностное натяжение на границе жидкость–древесина. Это улучшает смачиваемость поверхности и обеспечивает более глубокое проникновение раствора в капиллярно-пористую структуру материала.

Кокамидопропил бетаин (рисунок) представляет особый интерес как компонент огнезащитных составов. Это амфотерное вещество, получаемое из жирных кислот кокосового масла, обладает умеренными пенообразующими и смачивающими свойствами. Его совместимость с анионными и неионогенными ПАВ делает его эффективным дополнительным компонентом. Оптимальная концентрация для достижения максимального эффекта составляет 0,05–0,10 % [3].




Структурная формула кокамидопропил бетаина

Цель исследования заключалась в оценке эффективности применения кокамидопропил бетаина для улучшения огнезащитного действия пропиточного раствора для древесины на основе фосфата аммония и тетрабората натрия.

В качестве основных компонентов пропиточного раствора были использованы антипирены – однозамещенный фосфат аммония (ГОСТ 3772-74) – 16,3 мас. %, тетраборат натрия (ГОСТ 8429-77) – 2,1 %, остальное – дистиллированная вода. Содержание кокамидопропил бетаина составляло 0,03099 % от массы раствора, что согласно литературным данным, является эффективной концентрацией, обеспечивающей максимальное снижение поверхностного натяжения.

Водородный показатель определялся с помощью pH-метра марки Testo 206. Плотность определялась пикнометрическим методом. Вязкость растворов определялась с помощью ротационного вискозиметра Гепплера, краевой угол смачивания – по методу сидячей капли, при этом в качестве подложки использовался фторопласт. Испытание огнестойкости обработанных образцов древесины проводили на установке огневая труба по ГОСТ Р 57270-2016.

Результаты испытаний пропиточных растворов приведены в таблице: Опыт № 1 – дистиллированная вода, опыт № 2 – раствор антипиренов без добавления ПАВ, опыт № 3 – раствор антипиренов с кокамидопропил бетаином.

Результаты испытаний пропиточных растворов

| № опыта | pH | Плотность р-ра, кг/м$^3$ | Динамическая вязкость р-ра, Па·с | Краевой угол смачивания, $^o$ | Потеря массы образцами древесины после испытаний на огнестойкость, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5,8 | 997 | $8{,}9 \cdot 10^{-4}$ | 83,1 | 28,2 |
| 2 | 4,9 | 1100 | $9{,}4 \cdot 10^{-4}$ | 77,2 | 18,7 |
| 3 | 4,8 | 1101 | $9{,}3 \cdot 10^{-4}$ | 56,1 | 16,8 |

На основании проведенных экспериментальных данных можно сделать вывод о положительном влиянии кокамидопропил бетаина на эффективность огнезащитного состава. Добавление данного поверхностно-активного вещества в концентрации 0,03099 % от массы раствора не оказало существенного влияния на физико-химические показатели раствора (pH, плотность и вязкость остались практически на уровне базового состава без добавки), однако привело к значительному улучшению смачивающей способности. Это подтверждается снижением краевого угла смачивания с 77,2° до 56,1°, что свидетельствует о лучшем растекании раствора и повышении его проникающей способности в структуру древесины.

Улучшение смачивания напрямую коррелирует с повышением огнезащитной эффективности, что проявилось в снижении потери массы образцов при огневых испытаниях с 18,7% до 16,8 %. Таким образом, применение кокамидопропилбетаина в качестве добавки к огнезащитному пропиточному раствору позволяет повысить его проникающую способность и улучшить конечные огнезащитные свойства обработанной древесины.

*Список источников*

1. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение и пожарная опасность древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21, № 1. С. 19–32.

2. Полищук Е. Ю., Халепа П. В., Сивенков А. Б. Древесина как элемент конструктивной огнезащиты // Технологии техносферной безопасности. 2019. № 1(83). С. 34–41. DOI 10.25257/TTS.2019.1.83.34-41.

3. Mizerski A., Langner M. Properties of Foaming Concentrates Containing Mixtures of Sodium Dodecyl Sulfate and Cocami-dopropyl Betaine // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2008. Vol. 10, № 2. P. 57–66.

*References*

1. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. Burning and Fire Hazards of Wood // Fire and Explosion Safety. 2012. Vol. 21, № 1. P. 19–32.

2. Polischuk E. Yu., Khalepa P. V., Sivenkov A. B. Wood as an Element of Constructive Fire Protection // Technologies of Technosphere Safety. 2019. № 1(83). P. 34–41. DOI 10.25257/TTS.2019.1.83.34-41.

3. Mizerski A. Langner M. Properties of Foaming Concentrates Containing Mixtures of Sodium Dodecyl Sulfate and Cocami-dopropyl Betaine // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2008. Vol. 10, № 2. P. 57–66.

Научная статья
УДК 678.01:541.64

# ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ, ОТВЕРЖДЕННЫХ КАРДАНОЛСОДЕРЖАЩИМ ОТВЕРДИТЕЛЕМ, ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

**Алексей Евгеньевич Шкуро[1], Руслан Альбертович Вазиров[2], Степан Михайлович Корж[3], Дарья Сергеевна Валеева[4]**

[1, 4] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

[2, 3] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

[1] shkuroae@m.usfeu.ru

[2] vazirov23@gmail.com

[3] stepan.korzh@urfu.ru

[4] valeevad2006@gmail.com

***Аннотация.*** Исследована радиационная и химическая стойкость эпоксидного материала на основе возобновляемого карданола из скорлупы кешью. Установлено, что облучение электронным пучком (0–60 кГр) существенно влияет на устойчивость к агрессивным средам. Оптимальная доза 30 кГр повышает химическую стойкость за счет увеличения сшивки полимерной сети, тогда как 60 кГр вызывает деградацию.

***Ключевые слова:*** эпоксидная смола, химическая стойкость, отвердитель, Кардамин-Д, карданол, возобновляемое сырье, электронный пучок

***Для цитирования:*** Химическая стойкость эпоксидных смол, отвержденных карданолсодержащим отвердителем, после облучения электронным пучком / А. Е. Шкуро, Р. А. Вазиров, С. М. Корж, Д. С. Валеева // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 498−502.

© Шкуро А. Е., Вазиров Р. А., Корж С. М., Валеева Д. С., 2026

Original article

# CHEMICAL RESISTANCE OF EPOXY RESINS CURED WITH CARDANOL-CONTAINING HARDENER AFTER ELECTRON BEAM IRRADIATION

**Alexey E. Shkuro[1], Ruslan A. Vazirov[2], Stepan M. Korzh[3],' Daria S. Valeeva[4]**

[1, 4] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

[2, 3] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

[1] shkuroae@m.usfeu.ru

[2] vazirov23@gmail.com

[3] stepan.korzh@urfu.ru

[4] valeevad2006@gmail.com

***Abstract.*** The radiation and chemical resistance of an epoxy material based on renewable cardanol from cashew shells was researched. Electron beam irradiation (0–60 kGy) was found to significantly improve resistance to aggressive environments. An optimal dose of 30 kGy improves chemical resistance by increasing cross-linking of the polymer network, while 60 kGy causes degradation.

***Keywords:*** epoxy resin, chemical resistance, hardener, Cardamine-D, cardanol, renewable raw materials, electron beam

***For citation:*** Khimicheskaya stoykost epoksidnykh smol. otverzhdennykh kardanolsoderzhashchim otverditelem. posle oblucheniya elektronnym puchkom. [Chemical resistance of epoxy resins cured with cardanol-containing hardener after electron beam irradiation] (2026) A. E. Shkuro, R. A. Vazirov, S. M. Korzh, D. S. Valeeva (2026) Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 498–502. (In Russ).

Традиционно для отверждения эпоксидных смол применяют такие отвердители, как полиэтиленполиамины (ПЭПА), циклоалифатические и ароматические амины. Однако эти вещества обладают существенными недостатками, включая высокую токсичность, резкий аминовый запах и необходимость высокотемпературного режима отверждения. В отличие от них, феналкамины − карданолсодержащие основания Манниха − лишены этих ограничений и представляют собой перспективную альтернативу традиционным отвердителям.

Связующие композиции на основе феналкаминов демонстрируют ряд преимуществ: использование возобновляемого сырья при синтезе, низкая вязкость, пониженная токсичность (относятся к 3–4 классу опасности), высокая адгезионная способность к различным поверхностям, устойчивость к химическим воздействиям, а также способность отверждать эпоксидные смолы при температурах ниже 0 °С.

Объектом исследования выступала эпоксидная смола, отвержденная Кардамином-Д производства ПАО «Улалхимпласт». Данный отвердитель относится к классу феналкаминов – соединений, представляющих собой основания Манниха, синтезированные путем конденсации алифатических аминов с формальдегидом и карданолом.

Карданол, являющийся ключевым возобновляемым компонентом, выделяется из жидкости скорлупы орехов кешью (ЖСОК) – побочного продукта переработки орехов кешью. Технология получения Кардамина-Д включает реакцию взаимодействия диэтилентриамина с техническим карданолом и формальдегидом при температуре 70 °С с последующей отгонкой воды при 85 °С в условиях вакуума.[1] Использование возобновляемого сырья и специфическая химическая структура придают отвердителю и конечному материалу комплекс ценных эксплуатационных характеристик.

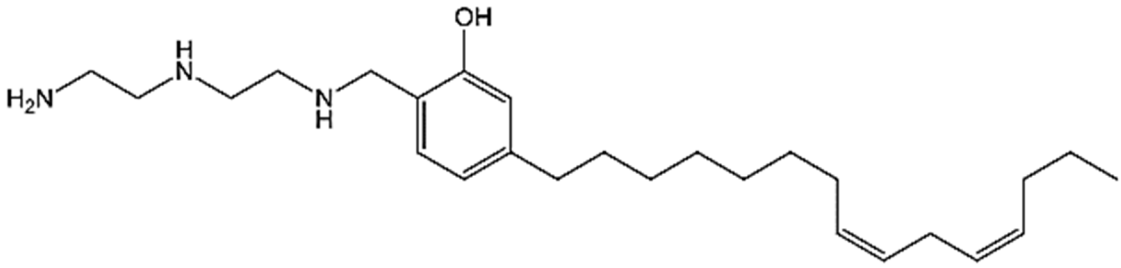



Рис. 1. Структурная формула Кардамина-Д [1]

[1] Тесленко А. Ю., Шишлов О. Ф., Глухих В. В. Изучение влияния эпоксидной смолы на физико-механические свойства древесно-слоистого пластика с карданолсодержащим основанием Манниха // Актуальные проблемы науки о полимерах : Сборник трудов II Всероссийской научной конференции (с международным участием) преподавателей и студентов вузов, Казань, 25–26 мая 2021 года. Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2021. С. 123–124.

Teslenko A. Yu., Shishlov O. F., Glukhikh V. V. Study of the influence of epoxy resin on the physicomechanical properties of wood-laminated plastic with a cardanol-containing Mannich base // Actual problems of polymer science : Collection of works of the II All-Russian scientific conference (with international participation) of teachers and students of universities, Kazan, May 25–26, 2021. Kazan : Kazan National Research Technological University, 2021. P. 123–124.

Образцы отвержденной эпоксидной смолы подвергались облучению электронным пучком с энергией 0,5 МэВ. Облучение образцов проводилось на линейном ускорителе УРТ-0.5. Варьирование дозы от 10 до 60 кГр достигалось путем изменения длительности экспозиции облучения. Контроль за величиной поглощенной дозы осуществлялся при помощи сополимерных цветовых дозиметров СО ПД 5/50, ВНИИФТРИ. Для достижения однородности распределение дозы облучения производилось с двух сторон.

Для определения химической стойкости исследуемые образцы в форме параллелепипедов размерами 15×5×5 мм помещались в контейнеры с 10 %-ными растворами NaOH и HCl. Время непрерывного экспонирования в агрессивных средах составляло 240 ч. После этого образцы извлекались из растворов и взвешивались. Затем сушились до постоянной массы и снова взвешивались. Таким образом сначала определялось набухание ($\Delta m_1$) образцов в агрессивной среде, а затем потеря массы ($\Delta m_2$). Результаты испытаний приведены на рис. 2 и 3.

На основе анализа данных по изменению массы образцов в агрессивных средах после облучения можно сделать следующие выводы. Поглощение раствора (набухание) в среде NaOH с ростом дозы облучения до 30 кГр снижается с 3,7 % до 1,2 %, что свидетельствует об уплотнении и увеличении степени сшивки полимерной сети под действием радиации. Улучшение стойкости в щелочной среде происходит, вероятно, благодаря дополнительной сшивке по двойным связям карданола на поверхности образца, инициированной облучением быстрыми электронами. Этот процесс приводит к формированию более плотной и химически устойчивой поверхностной структуры. Однако при дозе 60 кГр набухание вновь возрастает до 3,2 %, что указывает на начало деструктивных процессов и преобладание разрушения сетки над процессами сшивания.

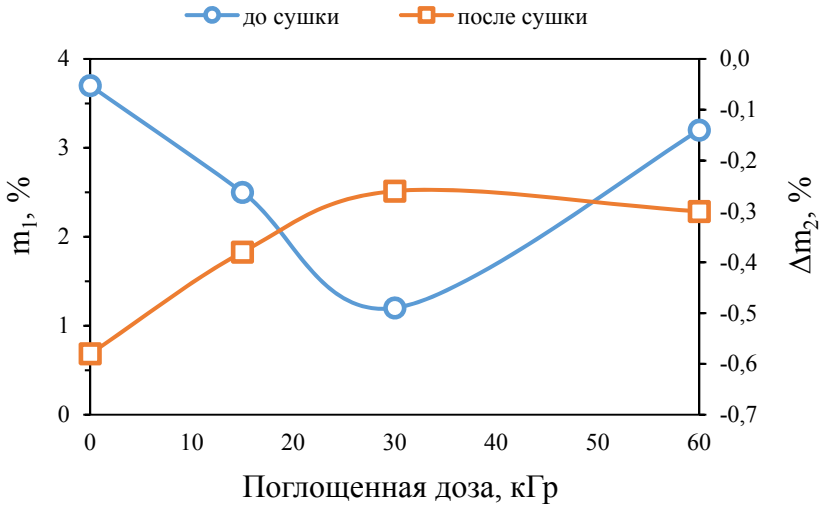



Рис. 2. Изменение массы образцов отвержденной Кардамином-Д эпоксидной смолы после экспонирования в 10%-ном растворе NaOH

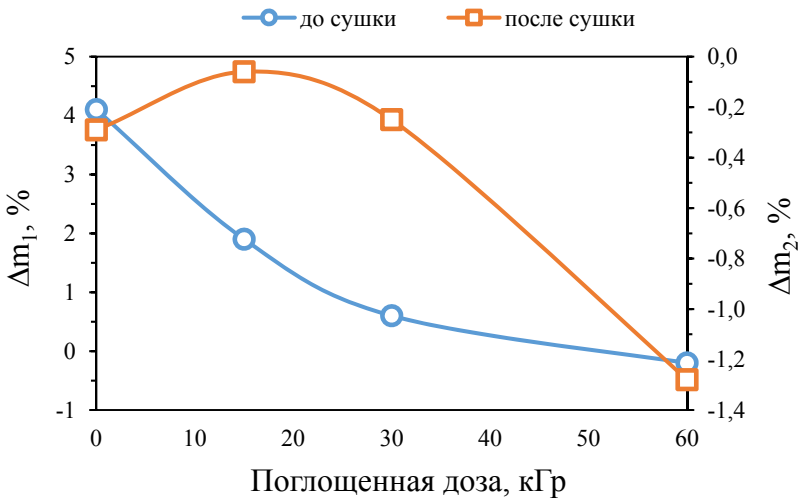



Рис. 3. Изменение массы образцов отвержденной Кардамином-Д эпоксидной смолы после экспонирования в 10%-ном растворе HCL

В среде HCl наблюдается более выраженная тенденция к снижению набухания вплоть до отрицательного значения (–0,2 % при 60 кГр), что говорит о непосредственной потере массы материалом. Потеря массы после сушки, непосредственно характеризующая химическую стойкость, является незначительной для NaOH на всех дозах (менее 0,6 %) и демонстрирует высокую устойчивость материала к щелочной среде. Для HCl потеря массы также остается очень низкой при дозах до 30 кГр, но резко возрастает до 1,28 % при облучении в 60 кГр.

Различие в механизме воздействия сред объясняется разным размером и подвижностью ионов: ионы водорода ($H^+$ ) из HCl являются более маленькими и подвижными, поэтому они способны глубже проникать в структуру материала даже через мельчайшие дефекты, которые образуются под действием быстрых электронов. В результате кислота действует по всему объему материала, вызывая его объемную деградацию при высокой дозе облучения, повреждающей полимерную сеть. Более крупные ионы гидроксила ($OH^-$ ) из NaOH преимущественно атакуют поверхность, что приводит к менее выраженному и более поверхностному разрушению. Формирование дополнительной сшитой структуры на поверхности под действием облучения как раз и эффективно против такого поверхностного воздействия щелочи.

Таким образом, оптимальной дозой облучения, повышающей химическую стойкость Кардамина-Д, является 30 кГр. Материал демонстрирует выдающуюся стойкость к щелочи на всех дозах и высокую стойкость к кислоте, которая, однако, критически снижается при высокой дозе облучения 60 кГр из-за радиационной деструкции и последующего объемного разрушения под действием подвижных ионов водорода.

# СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ГУМАНИТАРНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Научная статья
УДК 630*63:004.9

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ: ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЛЕСА НА ООО «ПЦБК»

**Марина Владимировна Иванова[1], Ева Владимировна Хотяновская[2], Анна Анатольевна Супрун[3]**
[1–3] Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия
[1] Permtrenerivanova@yandex.ru
[2] khotyanovskaya.eva@bk.ru
[3] suprun.docs@mail.ru

***Аннотация.*** Статья посвящена рассмотрению вопросов, связанных с внедрением цифровых двойников в лесопромышленные отрасли. Авторы исследуют технологию цифрового двойника Пермской целлюлозно-бумажной компании, характеризуют технические компоненты и их функции. Проведен анализ результатов внедрения ЦДЛ на ПЦБК. Сформулированы выводы о возможностях и эффективности использования ЦДЛ на предприятиях.

***Ключевые слова:*** цифровой двойник леса, лесная отрасль, цифровизация, инновационные технологии, ПЦБК

***Для цитирования:*** Иванова М. В., Хотяновская Е. В., Супрун А. А. Цифровизация в лесной отрасли: внедрение цифровых двойников леса на ООО «ПЦБК» // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 504–511.

Original article

# DIGITALIZATION IN THE FOREST INDUSTRY: IMPLEMENTATION OF DIGITAL FOREST TWINS AT “PPPC” LLC

**Marina V. Ivanova[1], Eva V. Khotyanovskaya[2], Anna A. Suprun[3]**
[1–3] Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia
[1] Permtrenerivanova@yandex.ru
[2] khotyanovskaya.eva@bk.ru
[3] suprun.docs@mail.ru

© Иванова М. В., Хотяновская Е. В., Супрун А. А., 2026

***Abstract.*** The article is devoted to the consideration of issues related to the introduction of digital twins in the forest industry. The authors research the technology of the digital twin of the Perm Pulp and Paper Company, characterize the technical components, their functions. The results of the implementation of the digital forest twin at “PPPC” are analyzed. Conclusions are drawn regarding the potential and effectiveness of digital forest twin use at enterprises.

***Keywords:*** digital forest twin, forest industry, digitalization, innovative technologies, PPPC

**For citation:** Ivanova M. V., Khotyanovskaya E. V., Suprun A. A. (2026) Cifrovizaciya v lesnoj otrasli: vnedrenie cifrovyx dvojnikov lesa na OOO «PCBK». [Digitalization in the forest industry: implementation of digital forest twins at “PPPC”]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 504–511. (In Russ).

Лесная отрасль Пермского края занимает значительную долю в структуре региональной экономики, так же как Пермский край является одним из регионов России с самой крупной лесопромышленностью, одним из лидеров по объему переработки древесины. Леса занимают более 70 % территории Пермского края, при этом «общая площадь, на которых расположены леса, составляет 12,4 млн га» [1]. Фактическая лесозаготовка в регионе в среднем превышает 8 млн м$^3$ в год (рис. 1.), что указывает как на внушительный масштаб базы сырья, так и на безусловную нагрузку на системы оперативного учета и управления лесными фондами.

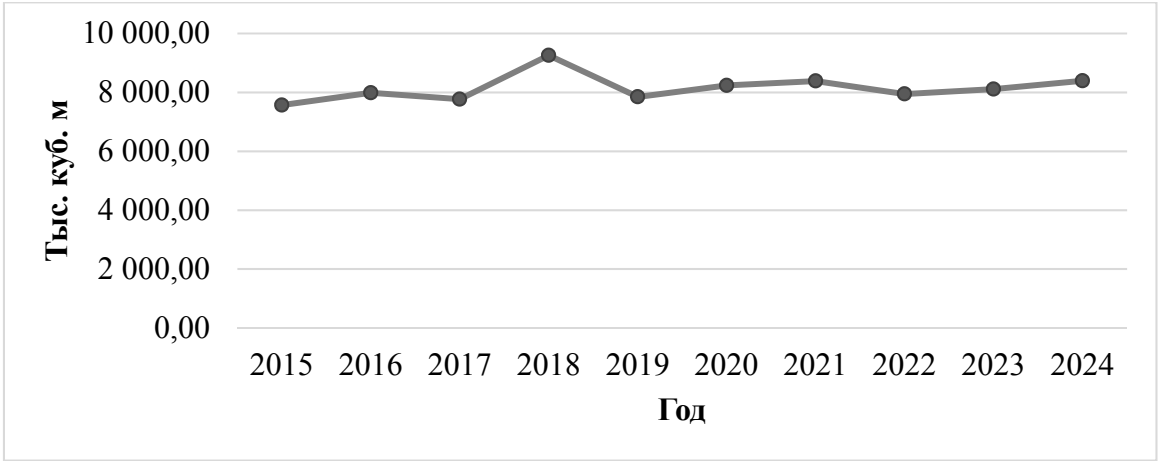



Рис. 1. Динамика объемов заготовленной древесины в Пермском крае, тыс. м$^3$
Составлено авторами на основе источника [2]

Лесозаготовительная активность в целом по территории России продолжает расти с каждым последующим кварталом. Так, с января по апрель 2024 г. в Пермском крае наблюдался рост заготовки лиственных лесоматериалов на 52 % (год к году), при этом аналитиками отмечалось, что «хотя объемы лесозаготовки постепенно наращиваются, предприятия все же не успевают удовлетворить текущий спрос» [3]. Таким образом, очевидно, наблюдается возрастающая потребность в более точных и оперативных методах учета лесных ресурсов, использовании масштабируемых и мощных инструментов. В таких условиях появляется необходимость внедрения цифровых технологий и связанных с ними решений для эффективного управления лесами.

Целью данного исследования является проведение обзора основополагающих технологий, связанных с созданием и внедрением в производство цифрового двойника леса на примере Пермской целлюлозно-бумажной компании.

В настоящем исследовании авторы осуществили анализ публикаций, статей, отчетов в области цифровых двойников леса, провели обзор их технических характеристик, проанализировали опыт внедрения ЦДЛ на примере предприятия ПЦБК, оценили результаты и эффективность внедрения ЦДЛ на данном предприятии.

Объектом исследования являются лесные ресурсы (фонды) и процессы их управления. В качестве предмета выступает ЦДЛ.

**Цифровой двойник леса**

С каждым годом все больше как российских, так и зарубежных предприятий лесного сектора внедряют цифровые двойники леса (далее ЦДЛ), представляющие собой цифровые платформы, интегрирующие пространственные данные и модели аналитического учета с целью оперативного и стратегического управления лесными фондами. Цифровой двойник – это созданная в виртуальной среде динамическая модель реального объекта или природной системы, которая отражает их поведение, свойства и изменения в режиме, приближенном к реальному времени [4–6].

Примером внедрения передовых цифровых технологий в природоориентированную отрасль, а именно применения ЦДЛ на практике в России, является предприятие, расположенное на территории Пермского края – Пермская целлюлозно-бумажная компания (далее ПЦБК). ПЦБК занимает лидирующее место среди предприятий гофроупаковочной отрасли в России, осуществляет полную производственно-технологическую цепочку от переработки сырья, в том числе вторичной переработки использованной заказчиками продукции собственного производства, изготовления полуфабриката до выпуска и реализации продукции [7]. В качестве сырья на предприятии используется древесина (березовый баланс) и макулатура. Внедренная инновационная технология на предприятии является системой,

объединяющей в себе ряд передовых технологий, которые в совокупности обеспечивают весь процесс управления лесными ресурсами – от дистанционного мониторинга и оценки состояния древостоев до планирования заготовки, логистики и восстановления лесов. На рис. 2. представлена структура цифрового двойника леса ПЦБК, которая отражает ключевые технологии, их функции и взаимосвязи в рамках единой технологической среды.

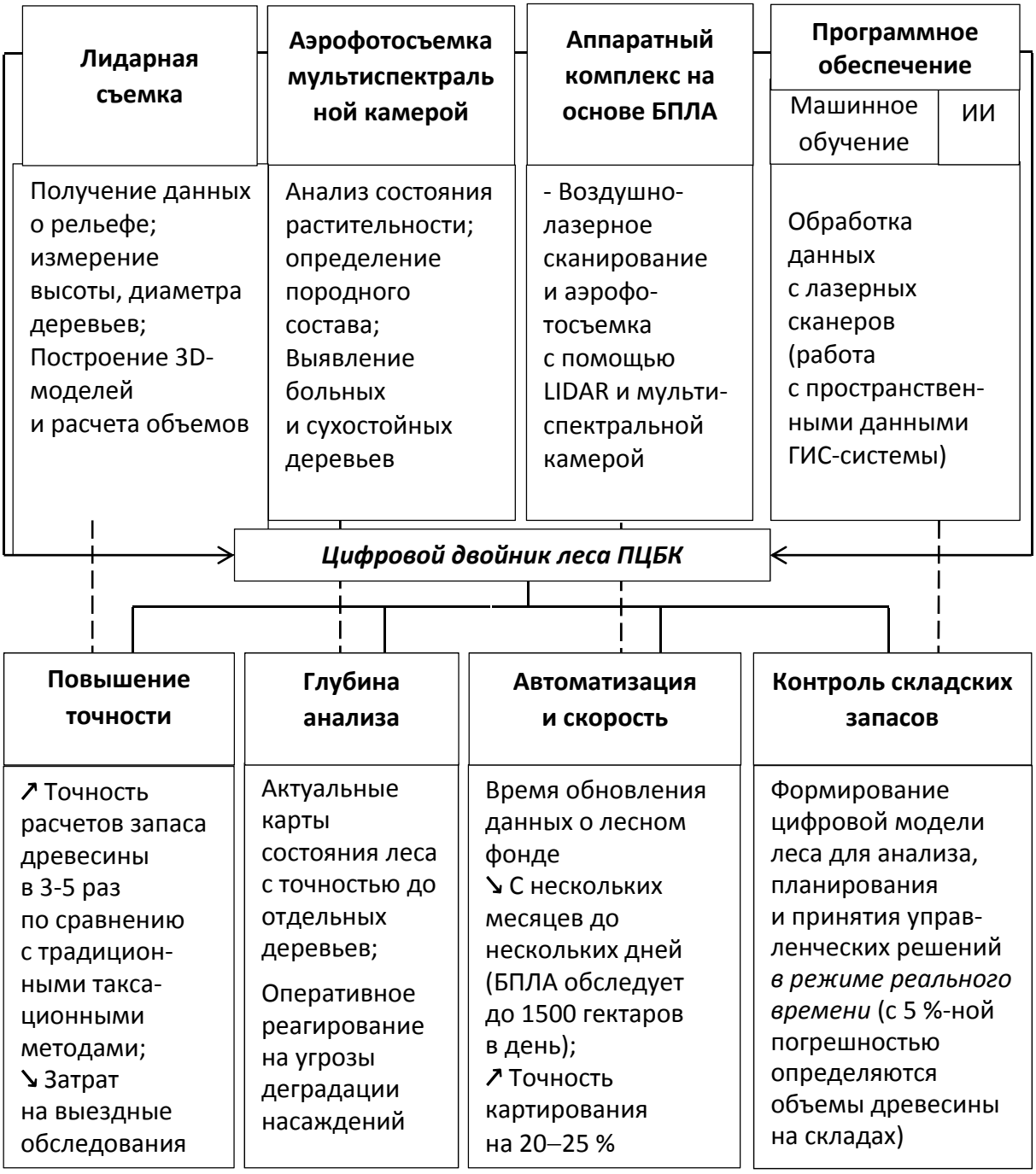



Рис. 2. Цифровой двойник ПЦБК: структура и функции
(Составлено авторами на основе [8, 9])

ЦДЛ, используемый на ПЦБК, является комплексной виртуальной моделью, которая собирает в себе данные о лесных ресурсах (фонде) и процессах, происходящих на территории леса. Интегрировать данные позволяет система цифровых технологий, состоящая из таких элементов, как лидарная съемка, аэрофотосъемка мультиспектральной камерой, аппаратный комплекс на основе БПЛА и программное обеспечение.

Важную роль в создании ЦДЛ играет съемка, осуществленная с помощью LIDAR, за счет своих характеристик и возможностей она позволяет отслеживать все изменения, происходящие на территории лесного фонда и моделировать вертикальные структуры. Аэрофотосъемка мультиспектральной камерой дополняет данные, полученные лидером, путем предоставления информации о состоянии лесных ресурсов и биохимическом составе растительности. Так, для оперативного сбора данных больших по площади или труднодоступных территорий леса, используют аппаратный комплекс БПЛА, позволяющий получать актуальные данные за короткий срок времени. Программное обеспечение интегрирует и анализирует полученные данные, моделирует их в пространстве (с учетом изменения во времени) с трехмерным представлением, формируя целостную цифровую модель леса.

Каждый из рассмотренных элементов отвечает за ряд определенных функций, наличие которых необходимо для создания и внедрения ЦДЛ в работу предприятия.

В ходе изучения результатов внедрения технологии ЦДЛ на ПЦБК для оценки эффективности ее применения были найдены официальные статистические данные, которые наглядно показывают разницу традиционных методов учета лесных ресурсов и потенциала цифровых технологий на основе сопоставления результатов регистрации объема древесины (рис. 3.).

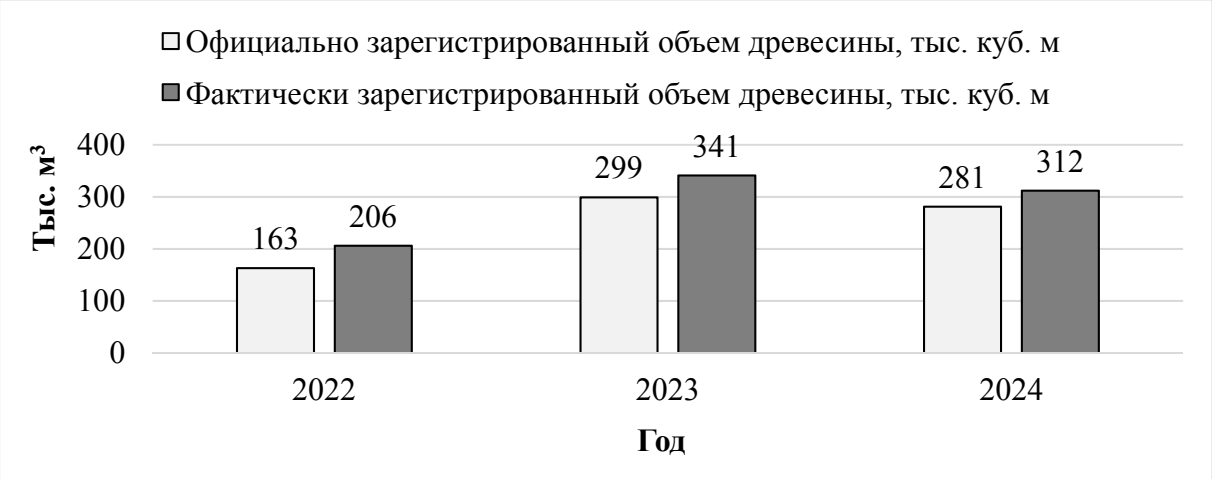



Рис. 3. Объем официально зарегистрированной древесины в сопоставлении с ее фактическим объемом по данным ПЦБК, тыс. м$^3$
(Составлено авторами на основе [8])

На графике представлены показатели, отражающие фактические и зарегистрированные объемы древесины за период с 2022–2024 гг. Объем древесины, определенный с применением цифровой модели, в достаточной степени превышает официальные значения, что указывает на наличие неучтенных запасов при обследовании площади традиционными методами. Высокая эффективность обусловливается применением ЦДЛ для получения более точной информации о ресурсной базе, а в будущем для введения этого метода учета как основного для официальной регистрации. На рис. 4 представлено процентное отклонение официальных данных от фактических.

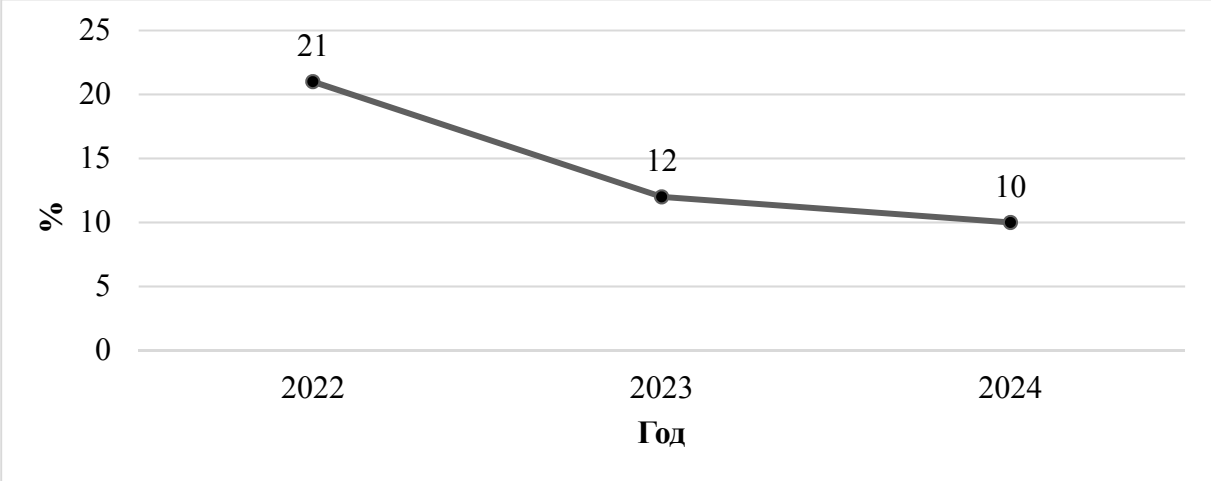



Рис. 4. Отклонение объема официально зарегистрированной древесины в сопоставлении с ее фактическим объемом по данным ПЦБК, %
(Составлено авторами на основе [8])

Рассчитанные процентные отклонения показывают, что по мере внедрения цифровых методов мониторинга, расхождения двух видов данных постепенно сокращаются, что может указывать на повышение точности инвентаризации запасов древесины, постепенном совершенствовании алгоритмов обработки данных и последовательную интеграцию ЦДЛ в систему управления ресурсами предприятия. Таким образом, ЦДЛ за счет своих методов осуществления мониторинга способствует повышению и усилению точности данных для учета лесных фондов и в общем оптимизации процесса управления на предприятии.

Исследование цифровых двойников, в частности ЦДЛ ПЦБК, продемонстрировало внушительный потенциал для повышения эффективности управления лесными фондами и в общем оптимизации процессов производства на предприятии. Авторы настоящего исследования поддерживают ряд российских ученых, отмечающих, что внедрение цифровых решений в процесс производства позволят не только повысить эффективность работы, производительность и точность данных, но и существенно сократить затраты временного ресурса. Несмотря на то, что внедрение ЦДЛ ПЦБК позволило достичь результата в виде обнаружения отклонения

зарегистрированных объемов древесины между данными, предоставленными государственными реестрами и фактическими данными, внедрение ЦДЛ находится на начальном этапе интегрирования в отрасль. Таким образом, российские предприятия только начинают осознавать реальные преимущества ЦДЛ и внедрять в процессы своего производства. Однако для достижения максимальной эффективности необходимо продолжать развивать и внедрять такую технологию в лесной сектор, расширяя возможности ее применения и улучшая алгоритмы работы. Все это позволит не только эффективно и оперативно управлять лесным фондом, но и достичь устойчивого развития лесного хозяйства в целом.

*Список источников*

1. Цифры лесного плана // Леспроминформ : [сайт]. URL: https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5207&utm (дата обращения: 06.10.2025).

2. Объем заготовленной древесины // ЕМИСС : [сайт]. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/37848 (дата обращения: 06.10.2025).

3. Аналитики: объемы лесозаготовки в РФ растут, но спрос все еще не удовлетворен // Forestcomplex.ru : [сайт]. URL: https://forestcomplex.ru/lesozagotovka/analitiki-objomy-lesozagotovki-v-rf-rastut-no-spros-vsjo-eshhjo-ne-udovletvorjon/ (дата обращения: 07.10.2025).

4. Кравченко А. А. Природа, сущность и классификация цифровых двойников // Экономика и управление. 2025. № 1. С. 125–134. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-1-125-134.

5. Сосфенов Д. А. Цифровой двойник: история возникновения и перспективы развития // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2023. № 4. С. 35–43. DOI: 10.25198/2077-7175-2023-4-35.

6. Forest digital twin: A new tool for forest management practices based on Spatio-Temporal Data, 3D simulation Engine, and intelligent interactive environment / Qiu H., Zhang H., Lei K. [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. 2023. № 215. DOI: 10.1016/j.compag.2023.108416.

7. О компании // ПЦБК : [сайт]. URL: https://pcbk.ru/about_company/ (дата обращения: 08.10.2025).

8. В России разработали технологию цифрового двойника. Она выявила более 40 % древесины, не учтенной государством // Cnews : [сайт]. URL:https://www.cnews.ru/news/top/2025-05-21_v_rossii_razrabotali_tehnologiyu (дата обращения: 10.10.2025).

9. Внедрение «цифрового двойника леса»: когда технологии видят каждое дерево // ПЦБК : [сайт]. URL: https://pcbk.ru/pressroom/company_news/2025/vnedrenie-cifrovogo-dvojnika-lesa (дата обращения: 10.10.2025).

*References*

1. Figures of forest plan // Lesprominform : [website]. URL: https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5207&utm (date of accessed: 06.10.2025).

2. Volume of converted wood // EMISS : [website]. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/37848 (date of accessed: 06.10.2025).

3. Analysts: Logging Volumes in Russia Are Growing, but Demand Still Not Meet // Forestcomplex.ru : [website]. URL: https://forestcomplex.ru/lesozagotovka/analitiki-objomy-lesozagotovki-v-rf-rastut-no-spros-vsjo-eshhjo-ne-udovletvorjon/ (date of accessed: 07.10.2025).

4. Kravchenko A. A. / Nature, essence, and classification of digital twins // Economics and management. 2025. No. 1. P. 125–134. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-1-125-134.

5. Sosfenov D. A. Digital twins: history of origin and development prospects // Intellect. Innovation. Investments. 2023. No. 4. P. 35–43. DOI: 10.25198/2077-7175-2023-4-35.

6. Forest digital twin: A new tool for forest management practices based on Spatio-Temporal Data, 3D simulation Engine, and intelligent interactive environment / Qiu H., Zhang H., Lei K. [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. 2023. No. 215. DOI: 10.1016/j.compag.2023.108416.

7. About the company // PPPC : [website]. URL: https://pcbk.ru/about_company/ (date of accessed: 08.10.2025).

8. Digital twin technology developed in Russia. It identified more than 40 % of wood not accounted for by the state/ Cnews : [website]. URL:https://www.cnews.ru/news/top/2025-05-21_v_rossii_razrabotali_ _tehnologiyu (date of accessed: 10.10.2025).

9. Implementation of a digital twin of the forest: when technology sees every tree // PPPC : [website]. URL: https://pcbk.ru/pressroom/company_news/2025/vnedrenie-cifrovogo-dvojnika-lesa (date of accessed: 10.10.2025).

Научная статья
УДК 336.74

# СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО РУБЛЯ

**Алена Николаевна Кискина**
Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия
kiskinaan@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** Статья посвящена анализу процесса внедрения цифрового рубля в РФ на основе действующего законодательства и аналитических данных. Научная новизна заключается в выявлении препятствий на пути успешной реализации проекта. Практическая значимость состоит в обосновании необходимости проведения масштабной информационной политики, направленной на преодоление психологического и информационного барьера.

***Ключевые слова:*** цифровой рубль, цифровая валюта центрального банка, цифровые валюты, платформа цифрового рубля

***Для цитирования:*** Кискина А. Н. Социально-экономические аспекты внедрения цифрового рубля // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 512−519.

Original article

# THE SOCIAL AND ECONOMIC DIMENSIONS OF IMPLEMENTING THE DIGITAL RUBLE

**Alyona N. Kiskina**
Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
kiskinaan@m.usfeu.ru

***Abstract.*** The article is devoted to the analysis of the digital ruble implementation process in the RF, based on current legislation and analytical data. The scientific novelty lies in identifying obstacles to the project's successful implementation. The practical significance is in substantiating the need for a large-scale information policy aimed at overcoming the psychological and information barrier.

© Кискина А. Н., 2026

***Keywords:*** digital ruble, central bank digital currency, digital currency, digital ruble platform

***For citation:*** Kiskina A. N. (2026) Sotsial'no-ekonomicheskie aspekty vnedreniya tsifrovogo rublya. [The social and economic dimensions of implementing the digital ruble]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 512–519. (In Russ).

Активная цифровизация глобальной экономики характеризуется появлением новых форм денег – цифровых финансовых активов и валют. Российская Федерация не остается в стороне от этого тренда, планируя поэтапное внедрение цифрового рубля, призванного стать новой формой национальной валюты. Детально проработанный план, регламентированный Федеральным законом № 248-ФЗ, предполагает постепенное подключение кредитных организаций и торговых компаний к 2028 г.

Однако, как показывают результаты социологических исследований Банка России, ключевым вызовом на пути реализации проекта может стать низкий уровень готовности населения к принятию новой национальной валюты. Несмотря на общую положительную динамику цифровизации платежей, продемонстрированную массовым переходом от наличных к безналичным расчетам, цифровой рубль может столкнуться с проблемой восприятия его как инструмента, дублирующего функционал уже имеющихся сервисов.

В данной статье рассматриваются стратегические выгоды цифрового рубля для различных экономических субъектов (граждан, бизнеса и государства), анализируются ключевые проблемы его внедрения.

Статья 128 Гражданского Кодекса РФ (ч. 1) относит цифровой рубль к безналичным денежным средствам [1]. Правовое регулирование обращения цифрового рубля осуществляется Федеральным законом от 24.07.2023 № 340-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», который устанавливает:

- правовой статус оператора платформы (Банка России), участников и пользователей платформы;
- правила функционирования специальной платформы цифрового рубля;
- особенности совершения операций с цифровыми рублями;
- особенности открытия и ведения счетов цифрового рубля;
- другие положения [2].

Внедрение цифрового рубля на территории РФ планируется в несколько этапов, что позволит минимизировать риски для финансовой системы и обеспечить плавную адаптацию рынка. Согласно Федеральному

закону от 23.07.2025 № 248-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», который вступает в силу с 01.09.2026, процесс подключения кредитных организаций и торговых компаний будет реализован в три этапа [3]:

1. Первый этап (с 01 сентября 2026 г.). К операциям с цифровым рублем подключатся системно значимые кредитные организации, а также их клиенты, при условии, что годовая выручка компаний за предшествующий год превышает 120 млн рублей.

2. Второй этап (с 01 сентября 2027 г.). На данном этапе круг лиц, имеющих право на совершение операций с новой национальной валютой, будет расширен до банков, имеющих универсальную лицензию, и их клиентов с выручкой свыше 30 млн рублей в год.

3. Третий этап (с 01 сентября 2028 г.). Подключение распространится на банки с базовой лицензией и прочих продавцов.

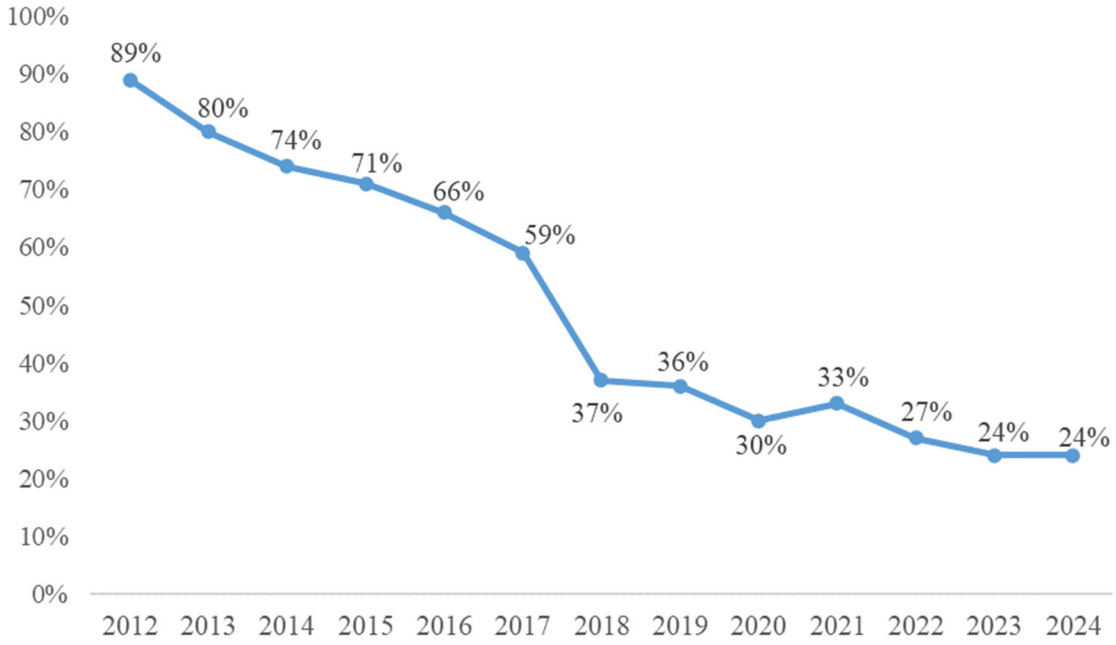
Согласно позиции Банка России, продавцы с годовой выручкой менее 5 млн рублей, а также работающие на территориях с нестабильным интернет-соединением будут освобождены от обязанности принимать оплату в цифровых рублях. Тем не менее, согласно Докладу, для общественных консультаций «Цифровой рубль» предусматривается возможность совершения операций в оффлайн режиме, с последующей синхронизацией с платформой, что является критически важным для доступности данного инструмента в регионах с нестабильным интернет-покрытием, но для этого необходима разработка специальных технологий [4].

Несмотря на детальную нормативную проработку процесса внедрения новой национальной валюты, успех проекта может столкнуться с проблемой непонимания и скепсиса со стороны потенциальных пользователей.

Результаты социологического исследования, проведенного ЦБ РФ в 2024 г. [5], свидетельствуют о низком уровне готовности населения к использованию цифрового рубля, лишь 6 % граждан готовы стать его пользователями. Подавляющее большинство настроено скептически: 34 % респондентов не собираются открывать счет в цифровых рублях и 19 % не понимают зачем он нужен. Также 41 % опрошенных даже не знают о появлении новой цифровой валюты. Таким образом, ключевой задачей на этапе внедрения цифрового рубля является преодоление информационного и психологического барьера.

Несмотря на то, что население сегодня с осторожностью воспринимает перспективу новой национальной валюты, важно отметить, что гораздо большую значимость имеет положительный тренд на цифровизацию платежей. Иллюстрацией готовности общества к инновациям является переход от наличных платежей к безналичным (рисунок). Если еще в 2012 г. Россия была страной с преобладанием наличных расчетов, которыми пользовались почти 90 % граждан, то сегодня ситуация кардинально изменилась. Мощным катализатором этого сдвига стала пандемия COVID-19,

когда люди начали предпочитать совершать ежедневные покупки в онлайн-формате. К 2024 г. доля граждан, предпочитающих наличные деньги, сократилась до 24 %. Данная перемена демонстрирует общую тенденцию экономики к принятию цифровых финансовых технологий, что создает благоприятную среду для внедрения цифрового рубля.




Доля граждан, предпочитающих наличные деньги при оплате товаров и услуг [6]

Однако ключевое отличие текущей ситуации заключается в том, что переход от наличных к безналичным расчетам имел для граждан более наглядные и осязаемые преимущества. Отказ от физических денег решал целый ряд проблем, в частности, повышалась безопасность, поскольку потеря карты не означала потерю всех сбережений, в отличие от утраты кошелька с наличными. Возросло и удобство использования – исчезла необходимость носить с собой крупные деньги для серьезных покупок. Кроме того, появились и прямые финансовые стимулы, такие как кешбэк и бонусные программы. Цифровой рубль пока не демонстрирует таких же очевидных и понятных для массового пользователя преимуществ.

Вместе с тем одной из главных проблем внедрения цифрового рубля может стать риск его восприятия у конечного пользователя, как инструмента, функционально дублирующего уже имеющиеся сервисы. В условиях сформированного рынка, где безналичные расчеты предлагают гражданам обширный ряд преимуществ (бонусы, кешбэки и т. д.), и система быстрых платежей позволяет переводить денежные средства между физическими лицами без комиссий, цифровой рубль может столкнуться с риском игнорирования его потенциала. Параллельно с этим возникает проблема

обеспечения конфиденциальности данных. В отличие от привычных платежных систем, операции с цифровым рублем будут обладать повышенной прозрачностью для регулятора – Банка России. И, с одной стороны, это является преимуществом валюты, так как повысит эффективность монетарной политики, но, с другой стороны, породит опасения граждан относительно тотального контроля над частными финансовыми операциями. Для нивелирования данного риска регулятору необходимо разработать и законодательно утвердить прозрачные механизмы защиты персональных данных и установить правовые ограничения на доступ и использование информации, собираемой на платформе цифрового рубля.

Не менее значимым аспектом является кибербезопасность. Несмотря на то, что в основе цифрового рубля лежит технология блокчейн, обеспечивающая высокий уровень защищенности данных, его общая инфраструктура может содержать уязвимости, что создает риск хакерских атак. Цифровой рубль представляет собой централизованную структуру национального масштаба, и поэтому реализация успешной атаки может привести к последствиям, угрожающим стабильности всей финансовой системы.

Данные проблемы усугубляются в том числе из-за отсутствия единого подхода к классификации цифровых валют даже на концептуальном уровне. Как справедливо отмечает В. М. Пищулов в статье «Цифровой рубль в системе классификации видов денег», наблюдается терминологическая путаница в определении места цифрового рубля в системе видов денег [7].

Тем не менее, Банк России активно продвигает его, выделяя потенциальные выгоды для ключевых групп экономических субъектов. Анализ этих преимуществ показывает, что они носят скорее стратегический характер. Для граждан это, прежде всего, снижение финансовых издержек за счет отсутствия комиссий за переводы между физическими лицами. Для бизнеса значительный потенциал связан не только со снижением стоимости эквайринга, но и с внедрением смарт-контрактов, позволяющих автоматизировать рутинные операции, а также реализовывать сложные логистические схемы с гарантированной оплатой по факту получения. В стратегическом плане цифровой рубль рассматривается, как инструмент повышения устойчивости национальной финансовой системы, а также построения новых каналов международных расчетов, в том числе в рамках интеграции с платформами цифровых валют центральных банков дружественных стран [8].

Для наглядного представления фундаментальных различий цифрового рубля от наличных и безналичных денег в таблице ниже приведен их сравнительный анализ.

Сравнительная характеристика наличных,
безналичных денег и цифрового рубля

| **Характеристика** | **Наличные деньги** | **Безналичные деньги** | **Цифровой рубль** |
|---|---|---|---|
| Эмитент | Банк России | Коммерческие банки | Банк России |
| Введение записей на счете | Отсутствуют | Банковская система | Платформа цифрового рубля |
| Анонимность пользователей | Да | Низкая | Минимальная |
| Возможность оффлайн-платежей | Да | Нет | Планируется |
| Автоматизация (смарт-контракты) | Нет | Ограничены | Да |
| Контроль целевого использования | Нет | Нет | Да (через систему смарт-контрактов) |

Как следует из данных таблицы, цифровой рубль представляет собой не простую замену существующим денежным формам (наличным и безналичным деньгам), а гибридный инструмент, обладающий уникальным набором характеристик. В отличие от безналичных денег эмитентом цифрового рубля выступает Банк России, а учет операций ведется на собственной платформе, а не на банковских счетах. Для бизнеса значительный потенциал связан не только со снижением стоимости эквайринга, но и с внедрением смарт-контрактов — запрограммированных алгоритмов, которые автоматически выполняют заранее согласованные условия. Данная технология позволяет автоматизировать рутинные операции, в том числе в сфере логистики. Для государства же цифровой рубль создает механизм полного контроля за целевым использованием средств, в частности, за расходованием государственных субсидий.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что внедрение цифрового рубля представляет собой закономерный этап в развитии финансовой системы Российской Федерации.

Проект открывает значительные перспективы: для бизнеса – это снижение издержек и автоматизация процессов, а для государства – повышение эффективности монетарной политики, контроль за целевым использованием средств и развитие новых каналов международных расчетов.

Однако ключевым вызовом для его реализации, согласно данным Банка России, является низкий уровень готовности населения к принятию новой национальной валюты. Существует риск восприятия цифрового рубля как инструмента, дублирующего привычные безналичные сервисы, не предлагающие очевидных и понятных массовому пользователю преимуществ.

Таким образом, успех проекта будет определяться не только от технической надежности его инфраструктуры, но и от эффективности информационной кампании, призванной преодолеть скепсис и сформировать доверие у массового пользователя.

*Список источников*

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (Ч. I) от 30.11.1994 г. № 51-ФЗ (ред. от 01.08.2025) // Гарант : [сайт]. URL: https://base.garant.ru/10164072/b89690251be5277812a78962f6302560/ (дата обращения: 16.10.2025).

2. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 24.07.2023 № 340-ФЗ // Гарант : [сайт]. URL: https://ivo.garant.ru/#/document/407424830/paragraph/1/doclist/863/1/0/0/ 340-%D0%A4%D0%97:3/ (дата обращения: 16.10.2025).

3. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 23.07.2025 № 248-ФЗ // Гарант : [сайт]. URL: https://ivo.garant.ru/#/document/412378222/paragraph/1/doclist/836/1/0/0/23.07.2025%20%E2%84%96%20248-%D0%A4%D0%97:1 (дата обращения: 16.10.2025).

4. Цифровой рубль: Доклад для общественных консультаций // Банк России : [сайт]. URL: https://cbr.ru/StaticHtml/File/112957/Consultation_Paper_201013.pdf (дата обращения: 16.10.2025).

5. Отношение населения Российской Федерации к различным средствам платежа: Результаты социологического исследования Банка России за 2024 год // Банк России : [сайт]. URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/55981/results_2024.pdf (дата обращения: 16.10.2025).

6. Наличное денежное обращение // Банк России : [сайт]. URL: https://www.cbr.ru/analytics/ndo/#a_123657 (дата обращения: 16.10.2025).

7. Пищулов В. М. Цифровой рубль в системе классификации видов денег // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13. № 9А. С. 500–511. DOI: 10.34670/AR.2023.81.94.106.

8. Цифровой рубль: текущий статус проекта // Банк России : [сайт]. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/177415/digital_ruble_30062025.pdf (дата обращения: 16.10.2025).

*References*

1. Civil Code of the Russian Federation (Part One) November 30.11.1994 № 51-FZ (as amended on 01.08.2025) // Garant : [website]. URL: https://base.garant.ru/10164072/b89690251be5277812a78962f6302560/ (date of accessed: 16.10.2025).

2. On Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation: Federal Law complex dated 24.07.2023 № 340-FZ // Garant : [website]. URL: https://ivo.garant.ru/#/document/407424830/paragraph/1/doclist/863/1/0/0/340-%D0%A4%D0%97:3/ (date of accessed: 16.10.2025).

3. On Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation: Federal Law complex dated 23.07.2025 № 248-ФЗ // Garant : [website]. URL: https://ivo.garant.ru/#/document/412378222/paragraph/1/doclist/836/1/0/0/23.07.2025%20%E2%84%96%20248-%D0%A4%D0%97:1/ (date of accessed: 16.10.2025).

4. Digital ruble: Report for Public Consultations // The Central Bank of the Russian Federation : [website]. URL: https://cbr.ru/StaticHtml/File/112957/Consultation_Paper_201013.pdf (date of accessed: 16.10.2025).

5. Public Attitudes towards Various Payment Methods in the Russian Federation: Results of a Bank of Russia Sociological Study for 2024 // The Central Bank of the Russian Federation : [website]. URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/55981/results_2024.pdf (date of accessed: 16.10.2025).

6. Cash Circulation // The Central Bank of the Russian Federation : [website]. URL: https://www.cbr.ru/analytics/ndo/#a_123657 (date of accessed: 16.10.2025).

7. Pishchulov V. M. Digital ruble in the system of classification of types of money. Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. 2023. Vol. 13 (9A). P. 500–511. DOI: 10.34670/AR.2023.81.94.106.

8. Digital Ruble: Current Project Status // The Central Bank of the Russian Federation : [website]. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/177415/digital_ruble_30062025.pdf (date of accessed: 16.10.2025).

Научная статья
УДК:004.056

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА РЕЖИМНЫХ ОБЪЕКТАХ

**Людмила Юрьевна Помыткина[1], Вячеслав Никитич Мачихин[2]**
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] lypomytkina@yandex.ru
[2] versuvu1@gmail.com

***Аннотация.*** В данной статье анализируются основные методы защиты информации, выявляются наиболее эффективные для режимных предприятий. Проанализированы научные работы и публикации по теме информационной безопасности, а также практический опыт специалистов.

***Ключевые слова:*** Защита информации, режимные предприятия

***Для цитирования:*** Помыткина Л. Ю., Мачихин В. Н. Сравнительный анализ методов защиты информации, обеспечение устойчивости информационных систем на режимных объектах // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 520–525.

Original article

# COMPARATIVE ANALYSIS OF INFORMATION PROTECTION METHODS TO ENSURE THE STABILITY OF INFORMATION SYSTEMS AT HIGH-SECURITY FACILITIES

**Lyudmila Yu. Pomytkina[1], Vyacheslav N. Machikhin[2]**
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] lypomytkina@yandex.ru
[2] versuvu1@gmail.com

***Abstract.*** This article analyzes the main methods of information protection, and identifies the most effective ones for high-security enterprise. Scientific papers and publications on the topic of information security, as well as the practical experience of specialists, will be analyzed.

***Keywords:*** information protection, high-security enterprises

© Помыткина Л. Ю., Мачихин В. Н., 2026

***For citation:*** Pomytkina L. Yu, Machikhin V. N. (2026) Sravnitel'nyj analiz metodov zashchity informacii obespecheniya ustojchivosti informacionnykh sistem na rezhimnykh ob"ektakh [Comparative analysis of Information protection methods to ensure the stability of information systems at high-security facilities] // Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 520–525. (In Russ).

В нынешний период с мгновенной цифровизацией и постоянными киберугрозами защита конфиденциальной информации и создание более безопасного и надежного ПО становятся все сложнее. В то же время, они выполняют важнейшую функцию в обеспечении безопасности и стабильной работы режимных спецобъектов. Они созданы для управления критически важными процессами, для хранения и обработки конфиденциальной информации, обеспечения связи и координации между отделами. Но также они могут повысить риск компрометации со стороны злоумышленников.

Выделяют множество методов защиты, проанализируем те, которые обеспечивают безопасность и устойчивость информационных систем предприятий.

**Шифрование** — это незаменимый инструмент для защиты личной информации. Оно создает надежный барьер, который не позволяет злоумышленникам воспользоваться данными, даже если они попадут в их руки. Представьте себе: конфиденциальные данные зашифрованы и выглядят как бессмысленный набор символов для любого, кто попытается их расшифровать без специального ключа. Такая защита применяется на предприятиях с повышенными требованиями к безопасности, таких как финансовые учреждения или государственные организации.

Современная криптография AES-256 или RSA представляется фундаментом обеспечения конфиденциальности в соответствии со строгими стандартами по типу GDPR или ФЗ-152, но и она не лишена уязвимостей. Безопасность напрямую зависит от сохранности ключа, его потеря ведет к безвозвратной потере доступа к данным, а компрометация отдает доступ в неблагонадежные руки. Устаревшие методы уязвимы к новым регулярно совершенствующимся атакам, к брутфорсу или приходящим квантовым вычислениям, из чего самое важное – это актуализировать и адаптировать криптографические протоколы к вызовам времени [3].

Еще одним важным методом является **резервное копирование** данных. Компании все чаще используют арендуемые сервера для хранения данных, но большим и специализированным предприятиям это не подходит. Они предпочитают размещать хранилища локально. Это требует дополнительных затрат, но обеспечивает более надежную защиту информации.

Для информационных систем предприятий важно, чтобы данные можно было хранить и обрабатывать без подключения к сети. Такой подход делает их более устойчивыми. Одно из главных преимуществ локального хранения – быстрое восстановление данных после потери. Оно сокращает время простоя и уменьшает риск полной утраты информации.

Резервные копии могут быть созданы с помощью отдельных сервисов, например американских Commvault и Российских Veeam, которые больше подходят для нашего объекта. А также можно использовать штатные инструменты Windows Server, которые позволяют откатить систему до возможной атаки ransomware (программа-вымогатель) или просто случайного удаления, это может быть дешевле, но при том и менее безопасно. Однако все эти средства кратно увеличивают свою эффективность, если соблюдать правило трех расположений копий данных, две – на разных носителях на территории предприятия, и одна – удаленно (офф-сайт) [4].

**Контроль доступа** – еще один значимый этап в организации системы безопасности. Для этого используются пароли, многофакторная аутентификация и разграничение ролей. Подотчетность внутри предприятия и в его информационных системах считается одним из основных плюсов контроля доступа. Она позволяет отслеживать, к каким данным у сотрудников есть доступ и какие операции они выполняют. Такой контроль помогает обнаружить утечки данных и предотвратить их появление. Помимо этого, он упрощает работу администраторов, автоматизируя управление пользователями.

С другой стороны, при всех преимуществах очень сложно реализовать контроль доступа. Чтобы гарантировать такой высокий уровень защиты, нужно правильно организовать работу систем. Коды доступа или пароли должны быть уникальными и надежными, а для большей безопасности должна использоваться двухфакторная идентификация. Постоянное обновление и тестирование систем контроля доступа. Все это поможет защитить конфиденциальные данные от раскрытия неавторизованным лицам и обеспечить стабильную работу систем.

Внедрение и обслуживание контроля доступа обходятся дорого. Кроме того, важно предоставить пользователям возможность либо изменить свой пароль, либо восстановить его в случае утери [1].

Далее мы рассмотрим **сетевую безопасность** – комплекс мер, направленных на защиту данных в компьютерных сетях. Эти меры включают использование брандмауэров для ограничения доступа извне, систем обнаружения вторжений, а также шифрование данных в сети.

Ее весомый плюс – это способность предостеречь угрозу, охраняя служебные данные от внешних воздействий, и играет важную роль для организаций, позволяя им придерживаться требований законодательства и стандартов в своей отрасли. Активное залатывание дыр в защите сетевой инфраструктуры существенно уменьшает вероятность распространения коммерческих тайн компаний. Присутствуют минусы, мешающие

реализации. Чтоб система работала, необходим найм опытных профессионалов сетевой безопасности. А также со временем стратегии сетевой безопасности должны регулярно обновляться и адаптироваться к современным рискам и методам атак, что требует постоянного внимания и ресурсов [2].

**Физическая безопасность** – это комплекс мероприятий, контролирующий доступ к помещениям и технике. Она также определяет правила взаимодействия со служебными ИС:

- размещение замков, клеток и иных запирающих объектов;
- использование биометрических данных работников для разблокировки устройств;
- применение токенов, карточек-ключей и иных уникальных переносимых идентификаторов;
- установка систем слежения и сигнализирования о проникновениях.

Главный плюс этого метода защиты безопасности в том, что она обеспечивает полный контроль над физическим доступом к данным для компаний. Меры физической защиты дают организациям уверенность в безопасности их данных. Они играют ключевую роль в защите резервных копий данных, обеспечивая их целостность и доступность. А регистрация всех переносимых устройств, таких как просто носителей информации, средств связи, и ноутбуков, используемых в работе, убирает лишние риски.

Из-за человеческого фактора, а подавляющая масса потерь информации происходят по вине человека, очень важно обеспечивать наибольшее количество уровней физической защиты, что потенциально пресечет утечки, а любое пренебрежение ими потенциально ведет к убыткам. Но это ведет за собой как психологическую, так и физическую повышенную нагрузку на персонал, что нужно учитывать и, по возможности, искать компромиссы [5].

Для обеспечения безопасности на режимных предприятиях важно применять комплексный подход, который включает в себя все перечисленные выше меры, но наиболее подходящими вариантами защиты являются следующие:

– надежные алгоритмы **шифрования** (AES с длиной ключа 256 бит**);**

– **локальное резервное копирование критически важных данных** (с использованием RAID-массивов, позволяющих повысить отказоустойчивость и производительность системы хранения данных за счет использования нескольких дисков);

– **контроль доступа** к ИС (многофакторная аутентификация, регулярные проверки прав доступа пользователей к ресурсам по ролям, обновление паролей, токены и смарт-карты);

– аспекты **сетевой безопасности (**межсетевые экраны NGFW контролируют и фильтруют трафик, блокируя несанкционированный доступ и атаки. VPN IPsec и WireGuard создают зашифрованные туннели для удаленной работы, защищая данные в публичной сети. Системы защиты

от распределенных атак отказа в обслуживании предотвращают перегрузки сети и серверов, обеспечивая непрерывную работу систем. Использование SSL/TLS для шифрования сетевого трафика гарантирует, что данные передаются в зашифрованном виде. Регулярный анализ сетевой активности помогает выявлять подозрительные действия и потенциальные угрозы);

– **физическая безопасность** (электронные замки и системы контроля доступа, регистрация всех носителей информации, которые используются на предприятии, что позволяет вести учет и контролировать доступ к данным).

Эти меры позволяют обеспечить высокий уровень защиты данных, систем и сотрудников на предприятии. Выбор конкретных методов защиты зависит от специфики предприятия, его размеров, структуры и требований к безопасности. Однако стоит помнить, что безопасность – это процесс, требующий постоянного внимания и обновления подходов. Специалисты должны регулярно оценивать состояние безопасности и внедрять новые технологии и методы, чтобы эффективно противостоять возникающим угрозам.

*Список источников*

1. Укрепление цифрового бастиона: Новаторство кибербезопасности на предприятии благодаря динамическому управлению секретами и объединению CMDB // Журнал информационной безопасности. 2024. № 15. С. 411–418.

2. Optimizing Network Security via Ensemble Learning: A Nexus with Intrusion Detection / A. Baluguri, V. Pasumarthy, I. Roy [et al.] // Journal of Information Security. 2024. № 15. 545–556.

3. Методы защиты данных [Электронный ресурс]. URL: https://www.titanfile.com/blog/5-methods-of-protecting-data (дата обращения: 11.11.2024).

4. План резервного копирования системы – безопасность вашей информации [Электронный ресурс]. URL: https://zscomp.ru/news/Plan_rezervnogo_kopirovaniya_sistemi_text (дата обращения: 11.11.2024).

5. Что такое физическая безопасность [Электронный ресурс]. URL: https://tor-safety.com/ru/chto-takoe-fizicheskaya-bezopasnost/ (дата обращения: 11.11.2024).

*References*

1. Strengthening the Digital Bastion: Innovating Cybersecurity in the Enterprise through Dynamic Secret Management and CMDB Integration // Information Security Journal. 2024. No. 15. P. 411–418.

2. Optimizing Network Security via Ensemble Learning: A Nexus with Intrusion Detection / A. Baluguri, V. Pasumarthy, I. Roy [et al.] // Journal of Information Security. 2024. № 15. 545–556.

3. Data protection methods [Electronic resource]. URL: https:// www.titanfile.com/blog/5-methods-of-protecting-data (date of accessed: 11.11.2024).

4. System backup plan – security of your information [Electronic resource]. URL: https://zscomp.ru/news/Plan_rezervnogo_kopirovaniya_sistemi_text_ / (date of accessed: 11.11.2024).

5. What is physical security [Electronic resource]. URL: https://tor-safety.com/ru/chto-takoe-fizicheskaya-bezopasnost (date of accessed: 11.11.2024).

Научная статья
УДК 378.147

# ИНТЕРАКТИВНЫЕ ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ КАК МОТИВАТОР К ОБУЧЕНИЮ

**Анна Геннадьевна Семеновых[1], Георгий Алексеевич Семеновых[2]**
[1] Специализированный учебно-научный центр УрФУ, Екатеринбург, Россия
[1, 2] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] semenovyhag@m.usfeu.ru,
[2] snakyjor@gmail.com

***Аннотация***. В статье представлен опыт применения квизов на практических занятиях по физике в УГЛТУ. Проведен анализ их влияния на усвоение материала и мотивацию студентов. Показано, что интерактивные формы обучения способствуют вовлеченности, повышают интерес к предмету и соответствуют особенностям клипового мышления молодежи.

***Ключевые слова:*** квиз, клиповое мышление, мотивация студентов, интерактивное обучение

***Для цитирования:*** Семеновых А. Г., Семеновых Г. А. Интерактивные формы контроля знаний как мотиватор к обучению // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 526–532.

Original article

# INTERACTIVE FORMS OF KNOWLEDGE CONTROL AS A MOTIVATOR FOR LEARNING

**Anna G. Semenovykh[1], Georgy A. Semenovykh [2]**
[1] Specialized Educational and Scientific Center of Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[1, 2] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] semenovyhag@m.usfeu.ru,
[2] snakyjor@gmail.com

© Семеновых А. Г., Семеновых Г. А., 2026

***Abstract.*** The article presents the experience of using quizzes in physics practical classes at USFEU. An analysis of their impact on student learning and motivation is provided. It is shown that interactive learning methods promote engagement, increase interest in the subject, and are consistent with the characteristics of young people's clip thinking.

***Keywords:*** quiz, clip thinking, student motivation, interactive learning

***For citation:*** Semenovykh A. G., Semenovykh G. A. (2026) Interaktivnye formy kontrolya znaniy kak motivator k obucheniyu [Interactive forms of knowledge control as a motivator for learning]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies: materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 526–532. (In Russ).

В современном обществе молодежь ежедневно сталкивается с огромным потоком информации. Молодые люди, выросшие в условиях цифровой среды, привыкли к тому, что информация подается в коротких и ярких формах. Такой стиль восприятия постепенно формирует особый тип мышления, который исследователи называют клиповым.

Клиповое мышление – это способ восприятия информации, при котором внимание человека быстро переключается между несвязанными темами. В результате информация воспринимается фрагментарно, а способность к глубокому анализу снижается [1].

Кроме того, существует различие в подходах к самому процессу обучения. Преподаватели традиционно делают упор на системность, логику и последовательность изложения материала. Студенты же, привыкшие к коротким видеороликам, инфографике и «быстрым объяснениям», нередко требуют более сжатых форм подачи знаний. Это приводит к конфликту ожиданий. Для преодоления этих трудностей необходимо взаимное движение: студенты должны учиться формулировать мысли более развернуто, а преподаватели – искать современные методы подачи материала, используя цифровые ресурсы, визуализацию, интерактивные форматы и различные виды групповой работы [2].

В статье представлен опыт использования квизов на практических занятиях по физике и проведен анализ эффективности данного метода в образовательном процессе. Особое внимание уделено оценке результатов квиза и изучению обратной связи от студентов, что позволило определить его влияние на уровень усвоения учебного материала и мотивацию обучающихся.

Практические занятия по физике в УГЛТУ обычно проводятся один раз в неделю. Каждое занятие посвящено отдельной теме, после чего студентам

предлагается выполнить индивидуальное задание для закрепления материала. Как правило, это решение расчетной задачи, связанной с изученными физическими законами. В рамках эксперимента, направленного на внедрение активных методов обучения, студентам трех учебных групп одного потока было предложено заменить традиционное решение задачи по теме «Законы сохранения в поступательном движении» на прохождение интерактивного квиза.

Квиз (от англ. quiz — «викторина») представляет собой интерактивную форму обучения или развлечения, основанную на вопросах и ответах [3]. В образовательной среде квиз используется как короткий тест, зачастую оформленный в игровой форме, который позволяет оперативно проверить знания студентов по конкретной теме.

Предложенный студентам УГЛТУ квиз включал пять вопросов, охватывающих основные положения темы: законы сохранения импульса и энергии, особенности взаимодействия тел, а также типичные примеры задач на упругое и неупругое столкновение. На каждый вопрос участникам предоставлялась одна минута, что способствовало концентрации внимания и развитию навыка быстрого анализа условий задачи. Максимальный возможный результат составлял 40 баллов.

В эксперименте приняли участие 32 студента (часть студентов предпочли традиционную форму текущего контроля и отказались от участия в квизе). По итогам мероприятия был проведен сбор и анализ данных, а также опрошены участники относительно их впечатлений и уровня вовлеченности в процесс. На рис. 1 представлены результаты ответов на два из пяти вопросов квиза, полученные в одной из экспериментальных групп.

Для более наглядного и удобного анализа полученные данные были распределены по подгруппам в зависимости от количества набранных баллов. Интервал между подгруппами составил пять баллов, что позволило проследить общую тенденцию успеваемости и выявить наиболее типичные результаты среди участников. Обобщенные результаты выполнения квиза студентами представлены на диаграмме (рис. 2).

В ходе анализа установлено, что средний показатель, набранный студентами, составляет 17,8 балла, что эквивалентно примерно 45 % от максимально возможного количества баллов. Этот результат можно рассматривать как средний уровень усвоения материала, что указывает на наличие определенных знаний у большинства студентов, однако также свидетельствует о необходимости дальнейшего повышения уровня подготовки.

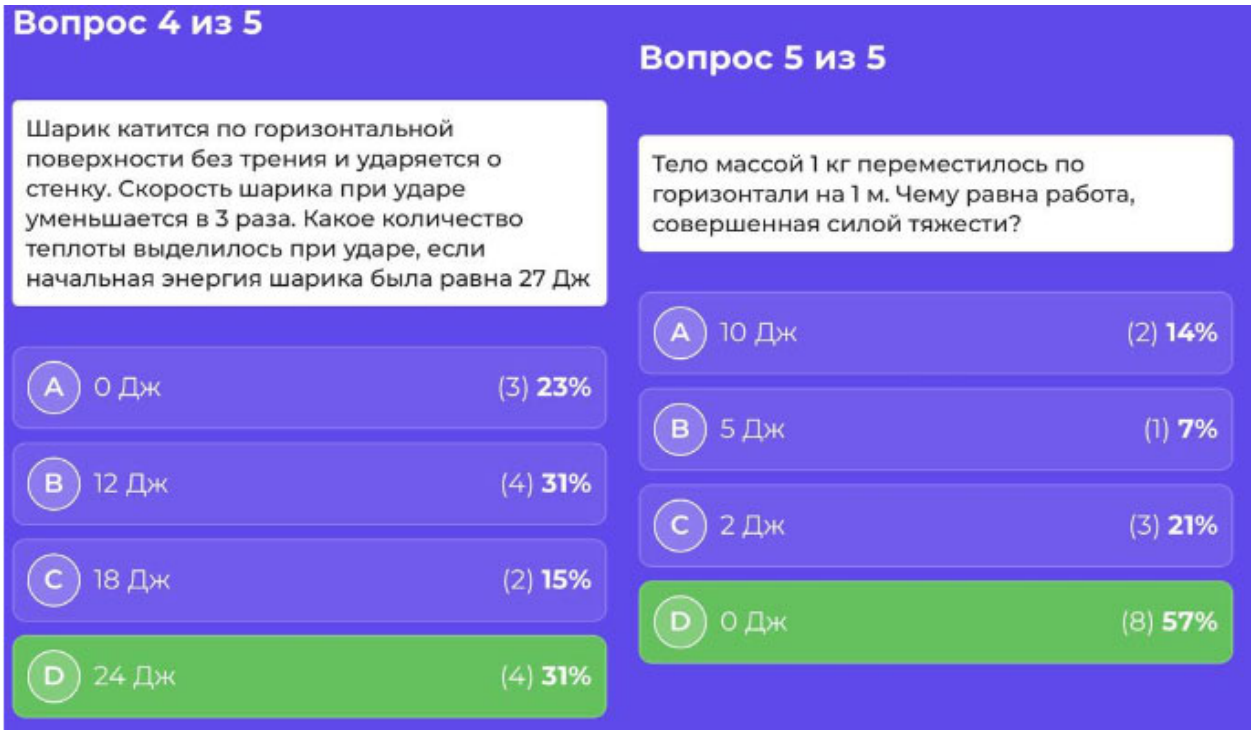



Рис. 1. Результаты квиза в группе 1

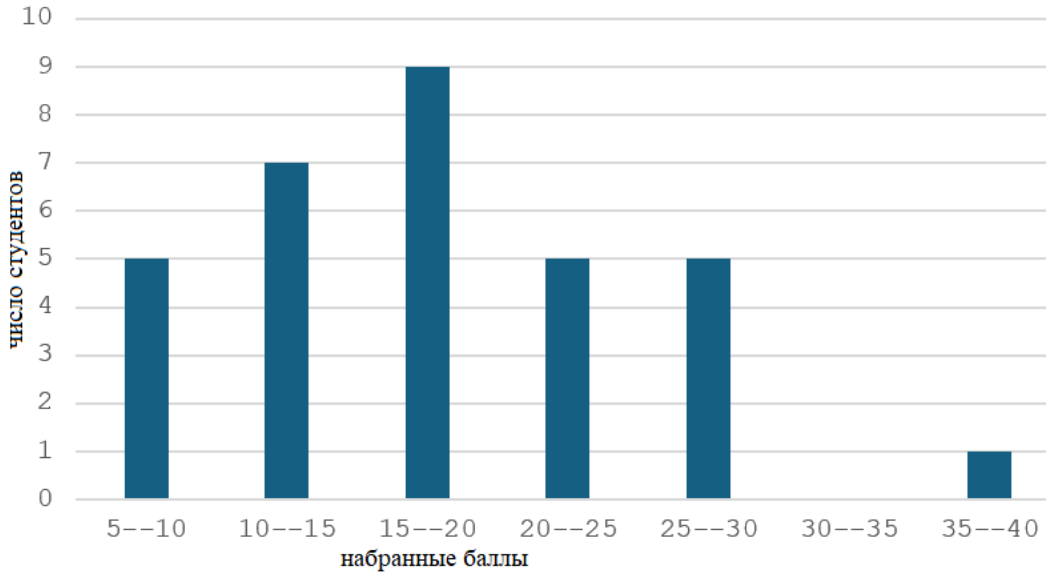



Рис. 2. Сводные результаты квиза

Достаточно низкий средний результат студентов на квизе следует оценивать не только как показатель уровня их знаний, но и с учетом механизма начисления баллов. В частности, за каждый вопрос максимальное количество баллов 8 получает только тот участник, который первым дал правильный ответ. Те студенты, которые дали правильный ответ с задержкой, получали за тот же вопрос меньше баллов, несмотря на правильность своего ответа.

На рис. 3 представлен фрагмент итоговой таблицы результатов квиза двух тестируемых групп. Почти все результаты студентов, представленные в таблице, не кратны 8, что свидетельствует о том, что большинство участников теряло часть потенциальных баллов из-за времени реакции.

| Игрок | | Время | Очки | Игрок | | Время | Очки |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Егорова Юлия | 02:44 | 29 | 1 | Гасникова | 01:33 | 36 |
| 2 | Сергей Белых | 02:51 | 23 | 2 | Рыбка | 01:38 | 23 |
| 3 | Игорь Сергее... | 02:17 | 19 | 3 | Фаридун | 03:16 | 20 |
| 4 | Шатанков.м | 02:13 | 18 | 4 | | 03:28 | 20 |
| 5 | Петров Артём... | 01:23 | 14 | 5 | Александр | 03:43 | 20 |
| 6 | КолегановАВ | 02:26 | 13 | 6 | Ярослав | 01:51 | 18 |

Рис. 3. Фрагмент итоговой таблицы результатов квиза двух групп

Иными словами, низкие показатели не обязательно отражают недостаточный уровень знаний студентов; напротив, они показывают, что многие участники владели материалом, но получали меньше баллов из-за задержки с ответом. Эта особенность квиза отразилась в обратной связи студентов. Не все учащиеся положительно оценили опыт участия в игре.

В итоговом опросе приняли участие 32 респондента. Студентам было предложено ответить на 4 вопроса.

1. Вы относите себя к гуманитариям или технарям?
2. Изучение физики в вузе вы считаете: полезным, бесполезным или 50/50?
3. Какую форму контроля вы считаете оптимальной?
4. Оцените свое отношение к квизу, где 1 – крайне отрицательно, 5 – крайне положительно.

На рис. 4 приведены результаты опроса.

Анализ результатов обратной связи показал, что порядка 10 % участников квиза невысоко оценили опыт своего участия в игре. Отчасти это связано именно с потерей баллов за поздние ответы. Ограничение в одну минуту для ответа на вопрос явилось для этих учащихся дополнительным фактором стресса, что отчасти еще ухудшило их результат. Около 40 % студентов отметили, что предпочли бы традиционную форму контроля

текущего усвоения знаний (решение расчетных задач по индивидуальным или групповым вариантам). Более 90 % участников квиза положительно оценили результаты игры.

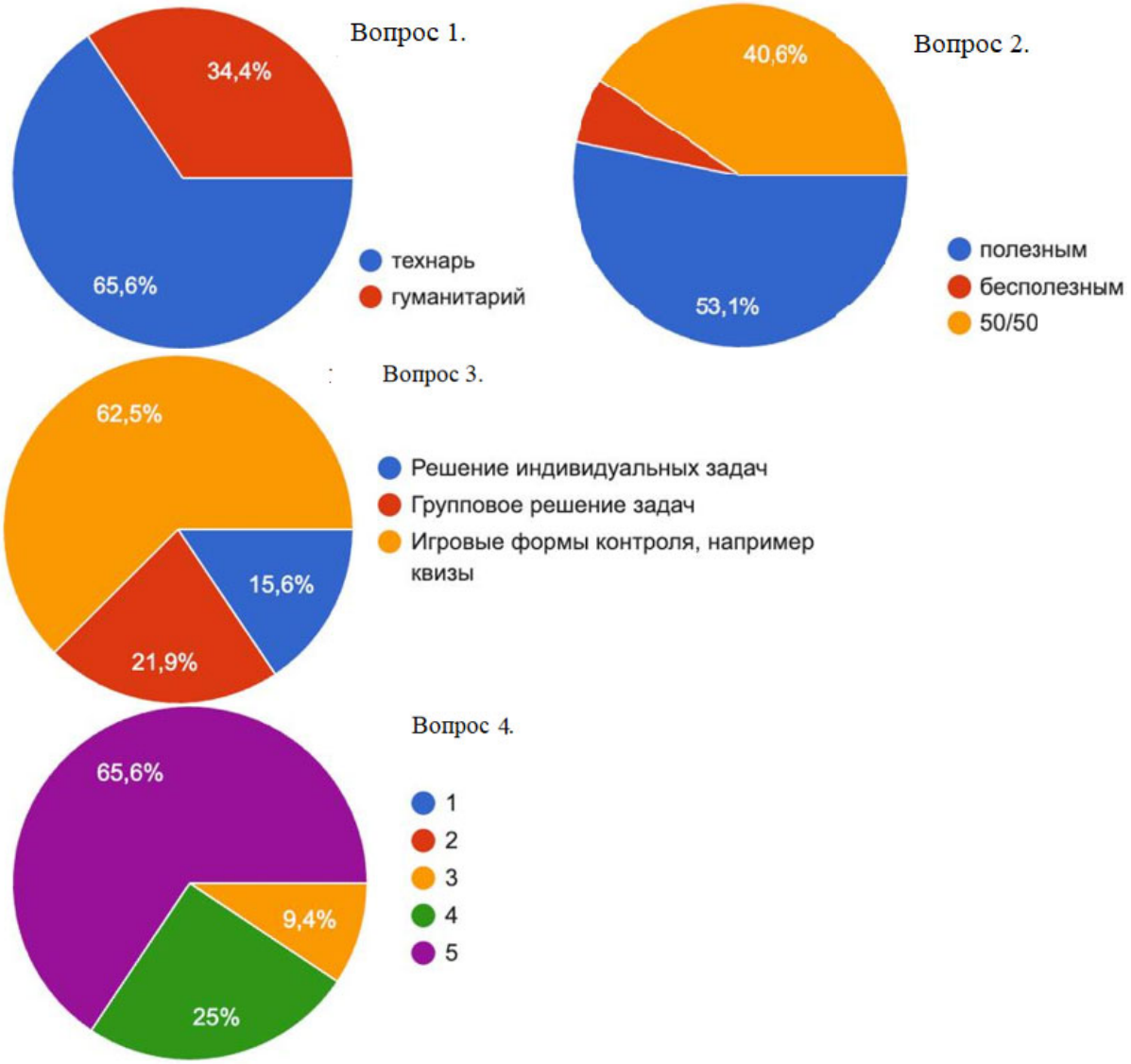



Рис. 4. Результаты гугл-опроса

Полученные результаты показали, что использование квизов в целом способствует повышению интереса студентов к предмету, а также улучшению понимания теоретического материала. Большинство участников отметили, что формат квиза делает процесс проверки знаний более увлекательным и мотивирующим, снижает уровень тревожности и способствует лучшему запоминанию материала.

Квизы идеально вписываются в современный стиль восприятия информации молодежью. В отличие от классических письменных работ, квиз состоит из коротких вопросов, на которые нужно быстро реагировать. Это соответствует клиповому мышлению студентов: внимание не

рассеивается, потому что материал подается небольшими порциями, а игровой элемент поддерживает интерес.

С точки зрения преподавателя, квиз – это инструмент, который помогает наладить контакт со студентами. Молодые люди лучше вовлекаются в учебный процесс, если он напоминает привычные им форматы – игры, интерактивные тесты, соревнования. Кроме того, квизы дают преподавателю возможность оперативно оценить уровень усвоения материала, не тратя много времени на проверку длинных письменных работ. Таким образом, квиз можно рассматривать как своеобразный компромисс между традиционной системой образования и современными особенностями восприятия информации.

*Список источников*

1. Что такое клиповое мышление и как извлечь из него пользу // РБК : [сайт]. URL: https://trends.rbc.ru/trends/innovation/60dad2ce9a794760a59e66f5?from=copy (дата обращения: 15.10.2025).

2. Семеновых А. Г. Опыт создания мотивации к изучению предмета // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий : материалы XV МНТК. Екатеринбург, 2024. С. 695–702.

3. Груздова О. Г., Согласова Т. А. Применение квиз-технологий в образовании // Весник Пензенского государственного университета. 2022. № 3. С. 13–19.

*References*

1. What is clip thinking and how to benefit // RBC : [website]. URL: https://trends.rbc.ru/trends/innovation/60dad2ce9a794760a59e66f5?from=copy (date of accessed: 15.10.2025).

2. Semenovykh A. G. Experience of creating motivation to study the subject // Effective reaction to modem challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : proceedings of the XV International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2024. P. 695–702.

3. Gruzdova O. G., Soglasova T. A. Application of quiz technologies in education // Bulletin of Penza State University. 2022. № 3. P. 13–19.

Научная статья
УДК 378.147

# ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

**Анна Геннадьевна Семеновых[1], Георгий Алексеевич Семеновых[2], Лариса Владимировна Лисицына[3]**
[1] Специализированный учебно-научный центр Уральского федерального университета, Екатеринбург, Россия
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] semenovyhag@m.usfeu.ru
[2] lisitsynalv@m.usfeu.ru
[3] snakyjor@gmail.com

***Аннотация***. В статье рассматриваются направления внедрения искусственного интеллекта в образовательный процесс. Приводятся примеры использования ИИ для автоматизации проверки знаний, генерации учебных материалов и анализа текстов. Отмечаются преимущества и риски применения нейросетей в обучении.

***Ключевые слова:*** искусственный интеллект, образование, нейросети, автоматизация, цифровизация, обучение, технологии

***Для цитирования:*** Семеновых А. Г., Семеновых Г. А., Лисицына Л. В. Искусственный интеллект в образовании: возможности и ограничения // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 533–540.

Original article

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: POSSIBILITIES AND LIMITATIONS

**Anna G. Semenovykh[1], Georgy A. Semenovykh[2], Larisa V. Lisitsyna[3]**
[1] Specialized Educational and Scientific Center of Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] semenovyhag@m.usfeu.ru
[2] lisitsynalv@m.usfeu.ru
[3] snakyjor@gmail.com

© Семеновых А. Г., Семеновых Г. А., Лисицына Л. В., 2026

***Abstract.*** The article considers approaches to the implementation of artificial intelligence into the education. Examples include the use of AI for automating 32assessment, generating educational materials, and text analysis are provided. The advantages and limitations of using neural network in learning are noted.

***Keywords:*** artificial intelligence, education, neural networks, automation, digitalization, learning, technologies

***For citation:*** Semenovykh A. G., Semenovykh G. A., Lisitsyna L. V. (2026) Iskusstvennyy intellekt v obrazovanii: vozmozhnosti i ogranicheniya [Artificial intelligence in education: possibilities and limitations]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies: materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 533–540. (In Russ).

1 октября 2025 г. министр просвещения Российской Федерации Сергей Кравцов в рамках Форума классных руководителей объявил о намерении внедрить в общеобразовательные учреждения единую платформу, основанную на технологиях искусственного интеллекта. По словам министра, новая система позволит повысить качество образовательного процесса, создать персонализированные траектории обучения для школьников и значительно сократить нагрузку на педагогов.

Данное заявление стало ответом на поручение, данное президентом Российской Федерации Владимиром Владимировичем Путиным 1 января 2025 г. [1]. Таким образом, развитие и интеграция ИИ в образовательную сферу становится одной из приоритетных задач государственной политики в области цифровой трансформации образования.

Уже сегодня существующие платформы на основе искусственного интеллекта способны существенно облегчить выполнение рутинных задач, таких как проверка работ, составление тестов, формирование отчетности, а также адаптация учебных материалов под уровень конкретного ученика.

Цель настоящей статьи заключается в рассмотрении реальных возможностей применения систем искусственного интеллекта в образовательном процессе на примере дисциплин естественнонаучного и гуманитарного циклов. В работе представлены примеры использования ИИ для составления тестовых заданий и заданий, повышающих интерес к предмету. Отдельное внимание уделено проблемным аспектам применения ИИ. В частности, рассмотрены случаи, когда платформы, основанные на искусственном интеллекте, допускали ошибки, предоставляя неточные или вымышленные ответы на поставленные вопросы, что подчеркивает

необходимость систематического контроля и участия педагогов при использовании подобных инструментов.

Проверка знаний студентов является неотъемлемой и важнейшей частью образовательного процесса, направленной на объективную оценку уровня усвоения учебного материала и формирования профессиональных компетенций. В современных условиях, когда в одном учебном потоке может обучаться от трех до пяти академических групп, преподаватели нередко сталкиваются с проблемой распространения информации о контрольных или экзаменационных заданиях. Студенты активно взаимодействуют между собой – обмениваются материалами, пересылают друг другу фотографии билетов, условий задач и вариантов контрольных работ. В результате уже после проведения первой проверки знания по тем же билетам или вариантам становятся неинформативными.

Решением данной проблемы может стать использование технологий искусственного интеллекта и, в частности, нейросетевых моделей. Современные системы искусственного интеллекта способны по заданному образцу автоматически формировать неограниченное количество уникальных вариантов заданий, которые проверяют одни и те же знания, но содержат иные формулировки, числовые данные и контекстные условия. Это позволяет сохранять равный уровень сложности при разнообразии формулировок, что делает невозможным простое запоминание готовых ответов [2].

Платформа с искусственным интеллектом может не только генерировать множество вариантов контрольных заданий, но и классифицировать их по уровням сложности, адаптируя содержание под различные направления подготовки. Например, для студентов инженерных специальностей система способна составить более сложные задачи, требующие аналитического мышления и расчетов, а для гуманитарных направлений – задания, ориентированные на анализ текста, аргументацию и работу с теоретическим материалом.

Кроме того, ИИ способен автоматически предоставлять ключи для проверки – как краткие ответы, так и развернутые решения с пояснениями. Это дает возможность преподавателю экономить значительное количество времени на составление и проверку контрольных заданий.

В табл. 1 приведен пример генерации нейросетевой модели ChatGPT по запросу: «Сгенерируй 3 варианта по образцу… Приведи ответы к задачам с краткими решениями».

*Таблица 1*

Пример работы нейросети ChatGPT с тестами

| Образец варианта | Вариант составленный нейросетью | Ответы и краткие решения, составленные нейросетью |
|---|---|---|
| За 10 сут. полностью испарились из стакана 100 г воды. Сколько в среднем вылетало молекул воды за 1 с? | За 5 суток испарилось 50 г спирта. Сколько в среднем молекул спирта покидало поверхность за 1 с? | Масса 50 г = 0,05 кг.<br>Молярная масса спирта (этанола) $M = 46 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.<br>Кол-во вещества n = 0,05 /0,046 = = 1,09 моль. Число молекул $N = 1{,}09 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} = 6{,}56 \cdot 10^{23}$.<br>За 5 сут = 432000 с.<br>Среднее число молекул в секунду $N/t \approx 1{,}52 \cdot 10^{18}$. |
| В сосуде находится 100 г газа при температуре $17^0$C.<br>После удаления части газа из сосуда давление уменьшилось на 60 %, а температура газа не изменилась. Найти массу газа, выпущенную из сосуда. | В сосуде 200 г азота при 20 °C. После подкачки давление выросло на 40 %, температура повысилась на 10 °C. Определи массу добавленного газа. | Используем закон Менделеева–Клапейрона:<br>$P_1V = (m_1/M)RT_1$,<br>$P_2V = (m_2/M)RT_2$.<br>Делим второе на первое:<br>$P_2/P_1 = (m_2T_2)/(m_1T_1)$.<br>Подставляем:<br>$1{,}4 = (m_2 \cdot 283)/(200 \cdot 293) \rightarrow m_2 =$ = 289 г.<br>Масса добавленного газа $m_2 - m_1 = 89$ г. |
| При какой температуре средняя кинетическая энергия $w_{пост}$ поступательного движения молекулы углекислого газа равна $4{,}14 \cdot 10^{-21}$ Дж? | Найди температуру, при которой средняя кинетическая энергия атома равна $6{,}21 \cdot 10^{-21}$ Дж. | Формула:<br>$w = (3/2)kT \rightarrow T = 2w / (3k) =$ $= 2 \cdot 6{,}21 \cdot 10^{-21} / (3 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23}) \approx$ $\approx 300$ K. |
| Вычислить удельные теплоемкости газа, зная, что его молярная масса $\mu = 4 \cdot 10\text{-}3$кг/моль и отношение теплоемкостей $C_P / C_V = 1{,}67$. | Определи Ср и Cv, молекулярного водорода. | Для одноатомных газов $Cp/Cv = \gamma$.<br>Тогда $Cv = R / (\mu(\gamma - 1))$, $Cp = \gamma Cv$.<br>$Cv = 8{,}31 / (0{,}002 \cdot 0{,}4) =$ =10387 Дж/(кг·К), $Cp = 1{,}4 \cdot 10387$ $\approx 14542$ Дж/(кг·К). |
| Во сколько раз увеличится объем водорода, содержащий количество вещества $\nu = 0{,}4$ моль при изобарическом расширении, если при этом газ получит теплоту Q = 800 Дж? | Найди, во сколько раз увеличится объем 0,3 моль гелия при изотермическом расширении, если Q = 600 Дж, T = 300 K. | При изотермическом процессе $Q = \nu RT \ln(V_2/V_1)$. $\ln(V_2/V_1) =$ $= Q / (\nu RT) = 600 / (0{,}3 \cdot 8{,}31 \cdot 300)$ $= 0{,}8 \rightarrow V_2/V_1 = e^{0{,}8} \approx 2{,}23$.<br>Объем увеличится примерно в 2,2 раза. |

Еще одним видом педагогической деятельности, который требует значительных временных и интеллектуальных затрат, является составление и обновление рабочих программ учебных дисциплин. Искусственный интеллект с легкостью справляется с описанием знаний, умений и навыков, формирующихся в рамках конкретных компетенций. Используя заранее заданные шаблоны и методические рекомендации, ИИ может формулировать цели дисциплины, содержание лекционных и практических занятий, а также предлагать логически выверенную структуру курса в соответствии с образовательными стандартами. Кроме того, при необходимости система может адаптировать текст под различные уровни подготовки студентов – бакалавриат, специалитет или магистратуру – с учетом специфики направления и профиля обучения [3].

Платформы с искусственным интеллектом могут быть полезны и интересны при изучении дисциплин гуманитарного цикла, в частности, в области литературоведения и лингвистики. Одним из ярких примеров их применения является анализ и имитация авторских стилей писателей и поэтов.

Результаты работы нейросети DeepSeek по запросу: «Напиши стих по тексту “Наступила осень, часто идут дожди и мало солнца. Но не будем унывать, ведь вокруг так красиво. Парк окрашен разными цветами, поспели яблоки, и можно гулять по лужам.”» представлены в табл. 2.

*Таблица 2*

Пример работы нейросети DeepSeek со стихами

| Стих, составленный по запросу, в прозе | Стих в стиле А. С. Пушкина | Стих в стиле И. А. Бродского |
|---|---|---|
| Наступила осень тихо,<br>Льются капли за окном,<br>Солнце прячется лениво,<br>Мир в покое и тепле.<br>Яблок спелых аромат,<br>Парк в огне и в золоте,<br>Пусть дожди идут подряд —<br>Сердце все равно поет | Уж осень на пороге,<br>друг мой милый,<br>И дождь струится с неба,<br>как стекло.<br>Сады увяли, но в тиши унылой<br>Таится дивное,<br>простое волшебство.<br>Сверкает яблонь плод в росе прозрачной,<br>И парк в багрянце светит, как мечта,<br>И я иду тропинкой одураченной —<br>Мне радость шепчет влажная листва | Осень — это небо,<br>Сложенное в серую складку.<br>Воздух пахнет яблоком<br>И чем-то почти забытым.<br>Я иду по лужам,<br>Где отражается город,<br>И думаю —<br>в каждом дожде<br>Есть доля прощания |

Подобные задания позволяют преподавателю организовать интерактивную форму занятий — своеобразную «игру на знание стилей авторов». Такой формат способствует развитию критического мышления, углублению знаний по литературе и формированию интереса к творчеству классиков.

Однако следует отметить, что далеко не все задачи искусственный интеллект решает безошибочно. В ряде случаев ИИ способен неверно интерпретировать поставленное условие, особенно если запрос сопровождается иллюстрацией или фотографией, содержащей дополнительные данные.

Подобные ошибки могут привести к некорректным результатам решения задач и, как следствие, к искаженному восприятию учебного материала студентами. Например, в табл. 3 представлен случай типичной неточности, допущенной нейросетью при решении задачи по теме пересечения множеств. В исходном условии указывалось, что 200 студентов изучают как биологию, так и химию. Однако в процессе анализа изображения с текстом задачи искусственный интеллект неверно распознал эту цифру и заменил ее на 290. В результате автоматическое решение оказалось ошибочным, поскольку неверный числовой параметр привел к искажению всех последующих вычислений.

*Таблица 3*

Пример работы нейросети ChatGPT с фотографией задачи

| | |
|---|---|
| Фотография | **Задание 3.** Из 1000 студентов, занимающихся естественными науками, 630 посещают спецкурс по биологии, 390 – по химии и 720 – по математике. 440 посещают и математику, и биологию, 250 – и математику, и химию, и 200 – и биологию, и химию. 130 студентов посещают лекции по всем предметам. Сколько из 1000 студентов не посещают ни математики, ни биологии, ни химии? |
| Решение нейросети ChatGPT |  <br>3. **0 студентов.** |

Иногда помощник с ИИ дает просто выдуманные ответы. Так, при работе над научной проблемой авторы статьи попросили нейросеть ChatGPT подобрать литературу по теме. Нейросетью был предложен источник *А. В. Шевцов Преподавание информатики в вузе: подходы и технологии // Информационные технологии и образование. 2021. № 4. С. 45–50.* Но в журнале *Информационные технологии и образование в выпуске 4 за 2021 год на стр. 45* находится статья А. В. Борисовой «Использование ИКТ в проектной деятельности на уроках истории и обществознания у подростков с низкой школьной мотивацией». Статьи автора Швецова в этом выпуске нет. Статью *Шевцова А. В. Преподавание информатики в вузе: подходы и технологии* не удалось найти. Следовательно, можно сделать вывод, что ссылка была придумана нейросетью.

Подобные ситуации демонстрируют, что, несмотря на широкие возможности ИИ в автоматизации и оптимизации учебного процесса, полностью исключить человеческий контроль пока невозможно. Даже самые продвинутые модели склонны к случайным искажениям данных, особенно при работе с неструктурированной информацией, изображениями или нечетко сформулированными заданиями. Поэтому использование ИИ в образовательной практике должно сопровождаться критическим анализом и проверкой со стороны преподавателя, что позволит избежать распространения ошибок и сохранить достоверность учебных материалов.

Несмотря на отдельные недостатки, потенциал ИИ в образовательной сфере представляется значительным: при правильном подходе такие технологии способны не только повысить эффективность обучения, но и сделать образование более доступным и персонализированным.

*Список источников*

1. Отечественная ИИ-система для школ появится в России до 2030 года // Ведомости : [сайт]. URL: https://www.vedomosti.ru/society/articles/2025/10/02/1143569-otechestvennaya-ii-sistema-dlya-shkol-poyavitsya-v-rf?from=copy_text (дата обращения: 13.10.2025).

2. Минаков А. И. Искусственный интеллект и нейросети в образовании. М. : Директ-Медиа, 2024. 164 с.

3. Семеновых А. Г. Использование искусственного интеллекта в онлайн- курсах // Цивилизационные перемены в России. 2024. С. 266–274.

*References*

1. A domestic AI system for schools will appear in Russia by 2030, Vedomosti : [website]. URL: https://www.vedomosti.ru/society/articles/2025/10/02/1143569-otechestvennaya-ii-sistema-dlya-shkol-poyavitsya-v-rf?from=copy_text (date of accessed: 13.10.2025).

2. Minakov A. I., Artificial Intelligence and Neural Networks in Education, Moscow: Direct-Media. 2024. 164 p.

3. Semenovykh A. G. Use of Artificial Intelligence in Online Courses // Civilizational Changes in Russia. 2024. P. 266–274.

Научная статья
УДК 327

# КРЕСТЬЯНСТВО КАК ФАКТОР ПОЛЬСКОЙ ИСТОРИИ

**Алексей Валерьевич Чевардин**
Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия
chevardinav@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В статье анализируется роль крестьянства в становлении и развитии польской государственности. Рассматривается специфика взаимоотношений польского крестьянства и господствующего слоя традиционного польского общества – шляхетства (шляхты).

***Ключевые слова:*** крестьянство, фермерство, Польша, традиционное общество, традиционные ценности

***Для цитирования:*** Чевардин А. В. Крестьянство как фактор польской истории // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 541−546.

Original article

# THE PEASANTRY AS A FACTOR IN POLISH HISTORY

**Alexey V. Chevardin**
Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
chevardinav@m.usfeu.ru

***Abstract.*** The article analyzes the role of the peasantry in the formation and development of Polish statehood. The article considers the specifics of the relationship between the Polish peasantry and the ruling class of traditional Polish society - the gentry (nobles).

***Keywords:*** peasantry, farming, Poland, traditional society, traditional values

***For citation:*** Chevardin A. V. (2026) Krest’yanstvo kak factor pol’skoy istorii [The peasantry as a factor in Polish history] // Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between

© Чевардин А. В., 2026

human and nature, human and technologies: materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 541–546.

Тема крестьянства до сих пор актуальна среди польских историков. К примеру, краковский профессор, доктор исторический наук Матеуш Выжга недавно издал монографию под названием «Крестьянство. История без галстука». На сайте Лодзинского университета утверждалось, что книга М. Выжги как «лучшая гуманитарная книга Польши в 2022 году» получила премию ректора.

Под крестьянами в контексте данной статьи стоит понимать социальную группу, постоянно проживающую в сельской местности и занимающуюся земледелием и скотоводством. Данный слой населения в Центральной и Восточной Европе формировался на протяжении нескольких веков, и говорить о существовании полноценного крестьянства в изучаемом регионе следует лишь в XIII – XX вв. Поэтому для более раннего периода истории будет использоваться термин «земледельцы».

Так же, как и восточные славяне, древние земледельцы бассейна рек Вислы и Одера использовали подсечно-огневую систему земледелия. Существует версия, по которой старопольское слово ***prażyć*** обозначает процесс очистки лесного участка от леса. Якобы отсюда происходит название одного из районов польской столицы Варшавы Прага. Общины земледельцев проживали в небольших поселениях у рек, составляя основу польского традиционного общества. Помимо занятия сельским хозяйством, основными признаками крестьянства были традиционализм, консерватизм, религиозность.

Как на Руси, так и в Польше в X в. проходила христианизация, прежде всего, правящей элиты государства. Если польские города довольно быстро усвоили христианские традиции, то процесс крещения земледельческих поселений растянулся на десятилетия и даже на века. Если польская элита довольно быстро и практически добровольно стала проевропейской, христианской католического толка, то основная часть населения отнеслась к нововведениям в духовной сфере с недоверием и подозрением, оставалась языческой.

С данными социальными процессами связано первое проявление «крестьянского фактора» в польской истории: грандиозное восстание язычников середины XI в. Следует выделить несколько причин восстания. Во-первых, это последствия правления польского короля Болеслава Храброго, постоянные войны которого привели страну во внешне-политическую изоляцию и социально-экономический кризис. Во-вторых, насильственная христианизация и насаждение церковной десятины, проводимая в пользу германского духовенства. В-третьих, местный сепаратизм со стороны, прежде всего, поморской и мазовецкой аристократии. В-четвертых, одновременное вторжение чешского князя

Бржетислава I, русского князя Ярослава Мудрого и германского императора Конрада II, вмешавшихся в польскую междоусобную войну между Мешко II и претендентом на престол Безпримом и т.д.

В данных событиях польские земледельцы выступили защитниками традиционных ценностей, а также своих экономических интересов. Как свидетельствуют хроники, в 1034 г. начинается восстание язычников в Польше, поддержанных основной частью населения, направленное против существующей светской и духовной власти. Кульминацией «языческого ренессанса» исследователи считают 1037 –1039 гг.: период распространения конфликта по всему королевству. Взбунтовавшиеся язычники уничтожали христианские храмы, убивали священников и прихожан. Был снесен собор в г. Вроцлав. Данные события стали одной из причин переноса столицы из Великой Польши – г. Гнезно, на юг, в Малую Польшу, в г. Краков польским князем Казимиром I Обновителем в 1038 –1039 гг. Восстание было подавлено лишь в 1040-е гг. силами самой польской власти, а также военными контингентами соседей.

К XII – XIII вв. польские земледельцы были успешно интегрированы в христианскую культуру. Более того, именно крестьянство стало оплотом католичества на польских землях.

Новые способы земледелия, в том числе, переход от двуполья к трехполью, позволили сельскому населению увеличить производительность труда, урожайность, повысить благосостояние и рождаемость. Данные обстоятельства позволили запустить процесс *закрепощения* – превращения лично свободного крестьянина в лично зависимого от власти хозяина земли, на которой работал земледелец. Первый польский сохранившийся документ, иллюстрирующий начало процесса закрепощения крестьян (chłopow) – это привилегии бенедиктинского монастыря Тынец XII в., по которым крестьяне выходили из-под юрисдикции местного князя и признавались зависимым слоем населения от данной католической организации. Им вменялось работать на благо монастыря от 2 до 4 дней в году.

Петрковский статут 1496 г. значительно ограничил передвижения крестьян в польском королевстве, а также разрешил землевладельцам неограниченное время преследовать и возвращать беглых крестьян на свои земли. Именно этот документ считается началом польского крепостного права. Одной из причин развития крепостнических отношений стала победа Польши в борьбе с Тевтонским орденом и ее выход к Балтийскому морю в 1466 г. После чего данное королевство стало крупным экспортером зерна в западноевропейские государства. Таким образом, в Польше стремительно сформировались так называемые *фольварки* – крупные поместья с прикрепленными к ним крестьянами, просуществовавшие в той или иной форме до второй половины XIX в.

Особенностью польской истории является отсутствие крупных крестьянских восстаний в период с XII по XIX вв. Сами польские историки обычно объясняют это относительной «легкостью» польского крепостного права в сравнении с русским или французским. Однако в Польше существовала весьма эффективная система контроля над крестьянами со стороны светских и духовных феодалов. А недовольная часть крестьянства вместо мятежей пользовалась другим способом протеста: бегством в юго-восточные части страны, в сторону Дикого поля, где вливалось в ряды казачества, которое поднимало бунты с завидной регулярностью.

В XIX в. на польских землях, разделенных в то время между тремя монархиями, начался процесс отмены крепостного права. В Пруссии это произошло в 1811 г., в Австрии – окончательно в 1848 г., в России – в 1861 г. Причинами данного процесса, стали: идеи эпохи Просвещения, формирование в обществе негативного отношения к крепостничеству и рабству, пропаганда его антигуманности, а также малоэффективность старой экономической модели. В Центральной и Восточной Европе медленно, но верно стала происходить *аграрная революция* – процесс сокращения крестьянства и создания слоя фермеров. Под фермерами следует понимать высокоэффективных производителей поставляемой на рынок сельхозпродукции при помощи использования механизированного производства.

Таким образом, во второй половине XIX в. польское крестьянство после тысячи лет политического забвения вновь стало важным фактором политики. Более того, оно сыграло ключевую роль в подавлении российской монархией Январского восстания в Польше 1863 г. Если для польской шляхты, зараженной к тому времени идеологией национализма, Александр II являлся символом деспотизма и несвободы, то для польских крестьян русский монарх стал чуть ли не благодетелем. В отличие от русских крестьян, император отдал им землю в личную собственность, освободил от выкупных платежей, отменил повинности в пользу взбунтовавшихся польских дворян. Это значительно изменило расклад сил в ходе восстания, крестьяне перестали материально поддерживать партизанские отряды повстанцев, что постепенно привело к их полному исчезновению. Бунтовщики тяжело переживали разрыв «с народом», так как именно крестьянство, его язык, традиции, нравы в эпоху «весны народов» считались эталоном «польскости».

Важную роль крестьянство сыграло в процессе восстановления независимости Польши в 1918 г. После окончания Первой мировой войны польские политики требовали от победителей, прежде всего США, Великобритании и Франции, возвращения земель, попавших в разное время под контроль поверженной Германии. Одним из ключевых доводов было проживание на спорных землях большого количества польскоязычных крестьян, так как в городах жителями повсеместно использовался немецкий

язык. Благодаря этому Великая Польша, часть Поморья и Силезии стали западным фронтиром воссозданного государства.

Крестьянство, как самый многочисленный слой населения, также было использовано для формирования восточной границы Польши. Мобилизация в польскую армию в 1918–1920 гг. касалась не только городских, но, прежде всего, сельских жителей. Следует констатировать, что новая власть и католическое духовенство смогли убедить глубоко верующих крестьян-католиков в том, что «безбожники-большевики» несут в Польшу новое антицерковное учение – коммунизм. А пропагандируемый шедшими с востока красноармейцами колхозный строй может забрать у крестьян их собственную землю. После победной для Польши войны 1920 г. польское крестьянство было вознаграждено руководством. Оно получило особую привилегию относительно белорусских и украинских земледельцев: право на получение *осады* – большого участка земли на восточных рубежах страны.

Также крестьянство сыграло важную роль в годы Второй мировой войны. Ими были созданы так называемые Крестьянские батальоны (Bataliony chłopskie), прежде всего, для самообороны, защиты деревень от вооруженных банд, в том числе, бандеровцев. Их общая численность к началу 1945 г. достигала 160 тыс. человек.

В 1945–1948 гг. Польша переживала ситуацию, приближенную к гражданской войне: просоветские и пробританские силы соперничали за доминирование над этой страной [1]. Просоветские отряды Службы безопасности, а также подразделения Войска польского вели ожесточенные боевые действия против польских и украинских националистов, финансируемых западными спецслужбами [2]. В таких условиях было решено использовать позитивный опыт русского царя: сделать польское крестьянство своим союзником. Именно поэтому на территориях старой Польши И. Сталиным и Б. Берутом не была проведена коллективизация сельского хозяйства. Польские колхозы и совхозы появились лишь на присоединенных бывших германских землях. А горячо поддерживаемая сельскими жителями католическая церковь стала единственной легальной оппозиционной силой в Польской народной республике, выпускавшей даже независмые от коммунистов СМИ, к примеру, журнал «Всеобщий еженедельник» («Tygodnik powszechny»).

В 1950-е – 1960-е гг., в процессе урбанизации, численность жителей польских городов, наконец, превысила число сельских обывателей. В настоящее время в сельском хозяйстве Польши задействованы до 15 % населения. При этом в деревнях проживает более 30 % населения. В настоящее время сельское хозяйство Польши диверсифицировано, обеспечено современной техникой. Активно используются новые способы агрокультуры. Однако это уже не крестьянство, а скорее фермерство.

*Список источников*

1. Носкова А. Ф., Бородзей В. Послевоенное десятилетие // Белые пятна – черные пятна. Сложные вопросы в российско-польских отношениях. М. : Аспект-пресс, 2010. С. 394.
2. Kołakowski P. NKWD i GRU na ziemiach polskich 1939–1945. Warszawa : Bellona, 2002. 211–295 c.

*References*

1. Noskova A. F., Borodzey V. The post-war decade // White spots – black spots. Difficult issues in Russian-Polish relations. M. : Aspect-press, 2010. 394 p.
2. Kołakowski P. NKWD i GRU na ziemiach polskich 1939–1945. Warszawa: Bellona, 2002. P. 211–295.

Научное издание

# ЭФФЕКТИВНЫЙ ОТВЕТ НА СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДЫ, ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНОЛОГИЙ

Материалы XVII Международной
научно-технической конференции

ISBN 978-5-94984-976-7




Редакторы: З. Р. Картавцева, П. С. Фенина, Р. В. Сайгина
Оператор компьютерной верстки О. А. Казанцева

Подписано к использованию 26.01.2026. Формат 60×84/16.
Уч.-изд. л. 31,5. Объем 17,6 Мб.
Тираж 300 экз. (1-й завод 14 экз.)
Заказ № 8281.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.
Редакционно-издательский отдел. Тел.: 8(343)262-96-10.

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ».
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, пер. Лобачевского, 1, оф. 15.
Тел.: 8(343)362-91-16.