

## ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ

Журнал

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

Издается с 2002 года  
Выходит четыре раза в год



### Редакционный совет:

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

### Редколлегия:

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

### Редакция журнала:

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

Фото на обложке М. В. Першаковой

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

Подписано в печать 20.09.2024.  
Дата выхода в свет 27.09.2024.  
Формат 60×84/8. Печать офсетная.  
Уч.-изд. л. 18,73. Усл. печ. л. 23,92.  
Тираж 100 экз. (1-й завод 32 экз.).  
Заказ № 7932

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

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

Цена свободная

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

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2024

### К сведению авторов

#### Внимание!

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

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

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

**Недоупакованный пакет материалов не рассматривается.**

**Плата за публикацию рукописей не взимается.**

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

2. Структура представляемого материала следующая.

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

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

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

(Выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Адрес электронной почты – [journal\\_fr@m.usfeu.ru](mailto:journal_fr@m.usfeu.ru)

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

## Содержание

<b>Осипенко Р. А., Осипенко А. Е., Котова В. С., Залесов С. В.</b> Снегонакопление на учебно-опытном полигоне рекультивации нарушенных земель .....	4
<b>Малиновских А. А.</b> Оценка успешности естественного возобновления сосны обыкновенной в пригородных лесах Барнаула .....	15
<b>Панин И. А., Аржанников Ю. А.</b> Ресурсы черники обыкновенной в насаждениях сосняка ягодникового подзоны средней тайги Свердловской области .....	26
<b>Беляев Т. А., Нагимов З. Я., Шевелина И. В., Абишев К. Б., Демидова А. В.</b> Изменчивость таксационных показателей деревьев осины на пробных площадях государственной инвентаризации лесов в условиях Пермского края .....	36
<b>Дубенок Н. Н., Лебедев А. В.</b> Образующая и объем нижней части стволов в спелых культурах сосны различного географического происхождения .....	43
<b>Чермных А. И., Безденежных И. В., Залесов С. В., Итешина Н. М., Жижин С. М.</b> Создание электронной лесотаксационной базы данных .....	56
<b>Перепечина Ю. И., Стрелков С. С.</b> Некоторые особенности определения вреда от незаконной рубки в рамках нормативной методики .....	63
<b>Кузнецов Л. Е., Кректунов А. А., Секерин И. М.</b> Комплекс мер для защиты населенных пунктов от лесных пожаров в Тюменской области .....	71
<b>Белов Л. А., Астахова Ю. А., Болсун А. В.</b> Анализ горимости лесов Курганской области (на примере Варгашинского лесничества) .....	80
<b>Кузнецов Л. Е., Ерицов А. М., Секерин И. М., Кректунов А. А., Залесов С. В.</b> Оценка горимости лесов в Российской Федерации .....	93
<b>Кожевников А. П., Неуймин С. И., Кожевникова Г. М.</b> Дифференциация сеянцев черемухи от свободного опыления ‘Гибрида краснолистая 1-17-6’ ( <i>Prunus padus</i> L. × <i>Radus virginiana</i> L. ‘Shubert’) по флуктуирующей асимметрии листьев .....	102
<b>Микеладзе Ш. Э., Бунькова Н. П., Яковлева А. А.</b> Влияние рекреационных нагрузок на санитарное состояние древостоев в условиях Шарташского лесного парка .....	112
<b>Тишкина Е. А., Марина Н. В., Лантинова А. В., Житкова А. С., Калиева К. Р., Русинова Е. А.</b> Фитотоксичность почв лесных парков Екатеринбурга в оценке потенциальной аллелопатической активности <i>Acer negundo</i> L. ....	122
<b>Обоскалова Н. А., Агафонова Г. В.</b> Цветение многолетних красивоцветущих травянистых растений на территории коттеджного поселка .....	132
<b>Аникина А. Д., Фролова Т. И.</b> Влияние природных и исторических условий на формирование планировочных особенностей и озеленения .....	140
<b>Примаков Н. В., Финиревский Б. Э.</b> Влияние элементов озеленения города на комфортное существование человека в урбосреде .....	153
<b>Гавва И. Н., Марина Н. В., Капралов А. В., Уразова А. Ф., Нагимов В. З.</b> Фитотоксичность почв вдоль железных дорог Свердловской области (на примере участка Екатеринбург – Нижний Тагил) .....	163
<b>Попов А. С., Марина Н. В., Галиулина А. Ф., Захаров М. Ю., Мелконян Л. А., Калиева К. Р., Гайсина А. Н., Ивлев Д. А.</b> Сравнение почвенных грунтов, развивающихся в условиях урбанизированных территорий и лесного фонда Ямало-Ненецкого автономного округа .....	169
<b>Рафикова Д. А., Коновалов В. Ф.</b> Генетическая структура лесосеменных плантаций сосны обыкновенной в дюртюлинском лесничестве республики Башкортостан .....	179
<b>Аята У.</b> Влияние количества слоев нанесенного воска на некоторые свойства поверхности махагони ( <i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.) .....	194
<b>Залесов С. В.</b> Ученый, биолог, педагог (к 75-летию Анатолия Яковлевича Зюсько) .....	205

## Content

<b>Osipenko R. A., Osipenko A. E., Kotova V. S., Zalesov S. V.</b> Snow accumulation at the training and experimental polygon for reclamation of disturbed lands . . . . .	5
<b>Malinovskikh A. A.</b> Evaluation of natural regeneration success of scots pine in the suburban forests of the city of Barnaul . . . . .	16
<b>Panin I. A., Arzhannikov Yu. A.</b> Resources blueberries of berries pine forest of subzone middle boreal forest of Sverdlovsk region . . . . .	27
<b>Belyaev T. A., Nagimov Z. Ya., Shevelina I. V., Abishev K. B., Demidova A. V.</b> Variability of the taxation indicators of aspen trees on the trial areas of the state forest inventory in the conditions of the Perm region . . . . .	37
<b>Dubenok N. N., Lebedev A. V.</b> The shape and volume of the lower part of trunks in mature pine plantations of different geographical origins . . . . .	44
<b>Chermnykh A. I., Bezdenezhnykh I. V., Zalesov S. V., Iteshina N. M., Zhizhin S. M.</b> Creation of an electronic forest inventory database . . . . .	57
<b>Perepechina Yu. I., Strelkov S. S.</b> Some features of determining harm from illegal logging within the framework of regulatory methodology . . . . .	64
<b>Kuznetsov L. E., Krektunov A. A., Sekerin I. M.</b> A set of measures to protect settlements from forest fires in the Tyumen region . . . . .	72
<b>Belov L. A., Astakhova Yu. A., Bolsun A. V.</b> Analysis of forest fire rate in the Kurgan region (using the example of Vargashinsky forestry) . . . . .	81
<b>Kuznetsov L. E., Eritsov A. M., Sekerin I. M., Krektunov A. A., Zalesov S. V.</b> Assessment of forest burnability in the Russian Federation . . . . .	94
<b>Kozhevnikov A. P., Neuimin S. I., Kozhevnikova G. M.</b> Differentiation of bird cherry seedlings from free pollinated ‘Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6’ ( <i>Prunus padus</i> L. × <i>Padus virginiana</i> L. ‘Shubert’) according to fluctuating asymmetry of leaves . . . . .	103
<b>Mikeladze S. E., Bunkova N. P., Yakovleva A. A.</b> The influence of recreational loads on the sanitary condition of the stands in the conditions of the Shartash forest park . . . . .	113
<b>Tishkina E. A., Marina N. V., Lantinova A.V., Zhitkova A. S., Kalieva K. R., Rusinova E. A.</b> Phytotoxicity of soils of Yekaterinburg forest parks in assessing the potential allelopathic activity of <i>Acer negundo</i> L. . . . .	123
<b>Oboskalova N. A., Agafonova G. V.</b> Flowering of perennial beautiful herbaceous plants on the territory of the cottage village . . . . .	133
<b>Anikina A. D., Frolova T. I.</b> The influence of natural and historical conditions on the formation of planning features and landscaping . . . . .	141
<b>Primakov N. V., Finirevsky B. E.</b> The influence of urban landscaping elements on a comfortable human existence in the urban environment . . . . .	154
<b>Gavva I. N., Marina N. V., Kapralov A. V., Urazova A. F., Nagimov V. Z.</b> Phytotoxicity of soils along railroads in the sverdlovsk region (on the example of the section of Yekaterinburg – Nizhny Tagil) . . . . .	164
<b>Popov A.S., Marina N. V., Galiulina A. F., Zakharov M. Yu., Melkonyan L. A., Kalieva K. R., Gaisina A. N., Ivlev D. A.</b> Comparison of artificial soils developing in conditions of urbanized territories and the forest fund of the Yamalo-Nenets Autonomous district . . . . .	170
<b>Rafikova D. A., Kononov V. F.</b> Genetic structure of forest-seed plantations of scots pine in dyurtyulinsky forestry of the republic of Bashkortostan . . . . .	180
<b>Ayata Ü.</b> The effects of the number of coats of applied wax on certain surface properties of mahogany ( <i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.) Wood . . . . .	195
<b>Zalesov S. V.</b> Scientist, biologist, teacher (for the 75th anniversary of Anatoly Yakovlevich Zyusko) . . . . .	205

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 4–14.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 4–14.

Научная статья

УДК 630\*23 (504.53.062.4)

DOI: 10.51318/FRET.2024.58.41.001

## СНЕГОНАКОПЛЕНИЕ НА УЧЕБНО-ОПЫТНОМ ПОЛИГОНЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Регина Александровна Осипенко<sup>1</sup>, Алексей Евгеньевич Осипенко<sup>2</sup>,  
Вероника Сергеевна Котова<sup>3</sup>, Сергей Вениаминович Залесов<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> Osipenkora@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3359-3079>

<sup>2</sup> osipenkoae@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6148-1747>

<sup>3</sup> veronikakoto-va880@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7342-5577>

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

**Аннотация.** Выполнены исследования снежного покрова в период максимального снегонакопления на четырех участках учебно-опытного полигона Уральского государственного лесотехнического университета по рекультивации выработанной части Исетского гранитного карьера. Территория полигона относится к Средне-Уральскому таежному лесному району. Участок И1 представляет собой верхнюю часть террасы карьера с произрастающим на ней 37-летним сосновым древостоем. Участок И2 представляет высокополнотный разновозрастной сосновый древостой, произрастающий рядом с карьером. Участок И3 – это смешанное сосново-березовое насаждение с относительной полнотой 0,69, сформировавшееся на дне карьерной выемки. Четвертый участок представляет собой карбоновую плантацию, созданную посадкой сосны обыкновенной, ели сибирской и лиственницы Сукачева. На трех первых участках было произведено по 15 измерений высоты снежного покрова мерной рейкой и по 5 замеров плотности снежного покрова с использованием весового снегомера ВС-43, а на карбоновой плантации было заложено 3 трансекты, на каждой из которых произведено указанное количество замеров. Исследования показали, что при значительном варьировании как высоты, так и плотности снежного покрова максимальные средние значения наблюдаются на участке, занятом карбоновой плантацией. На начало снеготаяния среднее количество осадков здесь составляет 137 мм, что на 26,9 % больше, чем под пологом соснового древостоя на участке И2. Количество зимних осадков на карбоновой плантации составляет 24,9 % от средних за год в районе исследований, что позволяет надеяться на обеспечение высаженных семян влагой весной и в начале лета.

**Ключевые слова:** учебно-опытный полигон, карбоновая плантация, рекультивация, снежный покров, запас снеговой воды

**Финансирование:** работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы «FEUZ-2023-0023».

**Для цитирования:** Снегонакопление на учебно-опытном полигоне рекультивации нарушенных земель / Р. А. Осипенко, А. Е. Осипенко, В. С. Котова, С. В. Залесов // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 4–14.



Scientific article

## SNOW ACCUMULATION AT THE TRAINING AND EXPERIMENTAL POLYGON FOR RECLAMATION OF DISTURBED LANDS

Regina A. Osipenko<sup>1</sup>, Alexey E. Osipenko<sup>2</sup>, Veronika S. Kotova<sup>3</sup>, Sergey V. Zalesov<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> Osipenkora@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3359-3079>

<sup>2</sup> osipenkoae@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6148-1747>

<sup>3</sup> veronikakoto-va880@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7342-5577>

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

**Abstract.** There were conducted studies of snow cover in the period of maximum snow accumulation in four sections of the training and experimental polygons of the state forest engineering university for the reclamation of mined out part of the inset granite quarry. The territory of the polygon belongs the Central Ural taiga forest region. The site И1 represents the upper part of the quarry terrace with the 37-year-old pine trees growing on it. The plot И2 represents a high-density, multi aged pine trees growing next to the quarry. The plot-3 is a continuous pine-birch plantation with a relative completeness of 0.69, formed at the bottom of a quarry. The fourth plot is a carbon plantations created by planting scots pine, Siberian spruce and Sukacheva larch. At the first three sites 15 measurements of snow cover height were taken using a measuring stick and five density measurements of snow cover using a weight snow gauge VC-43. There were laid out 3 transects for the carbon plantations on larch of them the specified number of measurements were taken. The researches has shown that under significant varying heights as well as density of snow cover the maximum average value is observed in the area occupied by a carbon plantations at the beginning of snowmelt, the overage precipitation here is 137 mm which is 26.9 % more than under the canopy of the pine tree stand on the site И2. The amount of winter precipitation a carbon plantations is 24.9 % in average for the year in the study area that can hope to provide the harvested sudlings with moisture in spring and in larly summer.

**Keywords:** training and experimental site (polygon), carbon plantations, reclamation, snow cover, water reserve

**Financing:** the work was carried out within the framework of the execution of the state budget theme «FEUZ-2023-0023».

**For citation:** Snow accumulation at the training and experimental polygon for reclamation of disturbed lands / R. A. Osipenko, A. E. Osipenko, V. S. Kotova, S. V. Zalesov // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 4–14.

### Введение

Среди климатических факторов для древесных растений важнейшее значение имеет количество осадков. Так, зимние осадки в виде снега во многом определяют глубину промерзания почвы и ее влажность в конце весны – начале лета, когда растения на Урале испытывают сильный дефицит влаги из-за минимального количества осадков в виде дождя. Известно (Рихтер, 1948; Луганский, Макаренко, 1976; Шевелев, 1977; Формирование...,

2019; Толкач, Залесов, 2020; Белов и др., 2021), что накопление снега зависит от многих факторов, в том числе от наличия и таксационных показателей древостоя, типа леса, местоположения, экспозиции склона и т. д. В частности, на склонах гор и вершинах отвалов снег зимой сдувается ветром, что является основной причиной медленного естественного зарастания и низкой сохранности лесных культур (Формирование..., 2013; Бачурина и др., 2020; Подрост..., 2021).

Указанное свидетельствует об актуальности определения мощности снега и запасов снеговой воды в конкретных условиях. Последнее особенно важно на рекультивируемых землях, поскольку в значительной степени определяет сохранность лесных культур и необходимость их полива в конце весны – начале лета. Отсутствие объективных данных о запасах снеговой воды может привести к гибели лесных культур и тем самым свести на нет результаты биологического этапа рекультивации нарушенных земель.

#### **Цель, объекты и методика исследований**

Цель работы – определение мощности снега и запасов снеговой воды на рекультивируемом участке Исетского гранитного карьера.

Объектом исследований служили четыре участка выработанной части Исетского гранитного карьера, входящие в учебно-опытный полигон Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ) по изучению эффективности лесохозяйственного направления рекульти-

вазии. Территория указанного полигона входит в Средне-Уральский таежный лесной район, а согласно лесорастительному районированию Б. П. Колесникова с соавторами (Колесников и др., 1974), относится к южно-таежному округу Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесной области. Местоположение и основные характеристики отдельных участков полигона подробно описаны в ранее опубликованных работах (Создание..., 2021; Характеристика..., 2022; Научные исследования..., 2023).

Исследования по установлению высоты снежного покрова и его плотности проводились в начале марта, т. е. в период максимального накопления снега. Высота снежного покрова измерялась мерной рейкой, а плотность снега устанавливалась с использованием весового снегомера ВС-43.

Три обследованных участка представляли собой ранее заложенные пробные площади (Характеристика..., 2022). Пробные площади И1 и И3 характеризуют участки естественного формирования древесной растительности. При этом И1 – верхний уступ борта карьера (рис. 1), а И3 – дно



Рис. 1. Внешний вид участка И1  
Fig. 1. The appearance of the plots И1

карьерной выемки. И2 характеризует древесную растительность рядом с карьером и служит своеобразным контролем. Таксационная характеристика древостоев пробных площадей (ПП) приведена в табл. 1.

Четвертый участок представляет собой карбоновую плантацию, т. е. выровненное основание карьерной выемки, с созданными в 2023 г. лесными культурами сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) и ели сибирской (*Picea obovate* Ledeb.). Предпочтение при создании карбоновой фермы было отдано сосне обыкновенной, как древесному виду, малотребовательному к плодородию почвы и не страдающему от поздних весенних и ранних осенних заморозков. Перспективность сосны обыкновенной была экспериментально установлена в процессе исследований (Определение перспективности..., 2023). Ель сибирская и лиственница Сукачева были посажены с целью

установления перспективности их выращивания на карбоновых фермах, создаваемых на нарушенных землях.

На каждой из ПП производились по 15 замеров снежного покрова мерной рейкой через равные расстояния на проложенной по диагонали ПП трансекте и по 5 определений плотности снега снегомером ВС-43. На карбоновой плантации параллельно друг другу закладывалось 3 трансекты (Т1, Т2 и Т3), на каждой из которых производилось по 15 замеров высоты снежного покрова и по 5 определений плотности снега (рис. 2).

Статистическая обработка материалов осуществлялась в программе Excel-2013. Статистические оценки показателей высоты снежного покрова и плотности снега получены при уровне надежности (доверия) 80 %. Оценка расчетных значений коэффициента F-критерия Фишера для высоты снежного покрова получены при уровне надежности 95 %.

Таблица 1  
Table 1

Таксационная характеристика древостоев, произрастающих на Исетском гранитном карьере  
Taxational characteristics of stands growing in the Iset granite quarry

№ ПП (секция) No SP (section)	Состав древостоя Stand composition	Класс бонитета Quality Class	Элемент леса Element of the forest	Средние Average			Текущая густота, шт./га Current density, pcs/ha	Абсолютная полнота, м <sup>2</sup> /га Absolute density, m <sup>2</sup> /ha	Относительная полнота Relative completeness	Запас растущих деревьев, м <sup>3</sup> /га Stock of growing trees, m <sup>3</sup> /ha
				возраст, лет age, year	высота, м height, m	диаметр, см diameter, cm				
И1	10С	Va	10С	37	4,2	4,0	11625	14,80	0,99	48
И2	5С3С2Б	III	5С	40	11,1	7,5	3506	15,60	0,63	107
			3С	95	20,2	28,9	106	6,90	0,18	69
			2Б	45	14,6	10,2	1257	10,90	0,35	44
И3	7С3Б+Ос	II	7С	23	7,2	7,3	2252	9,50	0,50	62
			3Б	25	12,0	8,7	807	4,80	0,19	33
			+Ос	25	7,8	4,0	24	0,03	0,00	0





Рис. 2. Трансекты на карбоновой плантации  
Fig. 2. Transects on a carbon plantation

### Результаты и их обсуждение

Выполненные исследования показали, что минимальная плотность снега и запас снеговой воды характерны для спелого соснового насаждения, произрастающего на участке И2 (табл. 2). Последнее, на наш взгляд, объясняется высокой долей зимних осадков, перехватываемых кронами высокоплотного разновозрастного соснового древостоя.

На участках И1 и И3 объем и масса снега значительно больше, чем на участке И2, поскольку здесь произрастают более молодые сосновые насаждения и ниже относительная полнота древостоев. Другими словами, значительно меньше перехват зимних осадков кронами деревьев.

Максимальным объемом и массой снега, а следовательно, и снеговой воды характеризуется участок, занятый карбоновой плантацией. В то же время высота и плотность снега на карбоновой плантации сильно различаются. Последнее объясняется тем, что высаженные в 2023 г. сеянцы древесных пород не оказывают влияния на ветер и он перемещает часть снега в пределах карбоновой плантации.

Более наглядную картину о средней высоте снежного покрова по вариантам опыта позволяют получить материалы, приведенные в табл. 3.

Материалы табл. 3 свидетельствуют, что максимальной высотой снежного покрова характеризуется трансекта Т3, расположенная ближе других к борту карьера. Следовательно, именно на трансекту Т3 ветер частично переносит снег с остальной площади карбоновой плантации. Указанное подтверждается также значениями высоты снежного покрова по трансектам Т1 и Т2. Кроме того, определенный вклад в увеличение дисперсии высоты снежного покрова на территории карбоновой плантации вносят неровности микрорельефа.

Особенно много выступов и провалов грунта на границе карьера вдоль его борта, т. е. около трансекты Т3.

Максимальные значения высоты снежного покрова на участках, естественно покрытых древесной растительностью, зафиксированы на участке И3, что объясняется максимальной примесью в составе древостоя мягколиственных пород

Таблица 2  
Table 2

Характеристика снежного покрова  
Characteristics of the snow cover

Участок Plot	Средняя высота снежного покрова, см Average height of snow cover, cm	Плотность снега, г/см <sup>3</sup> Snow density, g/cm <sup>3</sup>	Объем снега, м <sup>3</sup> /га Snow volume, m <sup>3</sup> /ha	Масса снега, т/га Snow mass, t/ha	Количество осадков, мм Precipitation, mm
T1	55,9 ± 2,0	0,218 ± 0,015	5593	1219	122
T2	58,9 ± 2,0	0,255 ± 0,011	5893	1500	150
T3	61,9 ± 3,7	0,225 ± 0,013	6193	1391	139
В среднем по трем трансектам An average of three transects	58,9 ± 1,5	0,232 ± 0,008	5893	1369	137
И1	48,6 ± 1,7	0,242 ± 0,008	4860	1175	118
И2	49,1 ± 3,1	0,219 ± 0,020	4913	1077	108
И3	55,3 ± 1,5	0,226 ± 0,005	5527	1248	125

и минимальной его относительной полнотой. Указанное определяет высокую проницаемость крон для зимних осадков.

Для сравнения различий в высоте снежного покрова нами был использован показатель значения коэффициента F-критерия Фишера (табл. 4). Критическое значение F-критерия составляло 2,25 для среднего значения по трем трансектам и 2,48 для остальных участков. Полужирным выделены значения F-критерия, свидетельствующие о достоверных различиях между дисперсиями выборок.

Материалы табл. 4 свидетельствуют о статистически достоверных различиях в высоте снежного покрова между трансектами на территории карбоновой плантации, а также между участками, покрытыми естественной древесной растительностью. Достоверные различия имеются у трансекты 3 (со всеми участками, кроме И2) и у контрольного участка И2 с участками И1, И3. Несмотря на значительные различия в средних значениях высоты снежного покрова, участки Т3 и И2 имеют сопоставимые дисперсию выборок и коэффициент вариации. Последнее объясняется наличием неровностей на поверхности почвы на обоих участках.

Данные о плотности снега по обследованным участкам несколько отличаются от таковых по высоте снежного покрова. Так, в частности, максимальной плотностью характеризуется снежный покров на участке И1, расположенном на верхней террасе карьера. Здесь снег частично сдувается и уплотняется ветром (табл. 5).

На территории карбоновой плантации плотность снега в среднем выше, чем на участках И2 и И3, но ниже, чем на участке И1. При этом в разрезе трансект значения плотности снега существенно различаются. Максимальной плотностью характеризуется снежный покров на середине участка, занятого карбоновой плантацией, т. е. на трансекте Т2.

Таким образом, можно отметить, что снежный покров на карбоновой плантации надежно защищает корни высаженных сеянцев от вымерзания. Кроме того, расположение карбоновой плантации внутри карьерной выемки способствует накоплению зимних осадков и к началу снеготаяния количество осадков составляет в среднем 137 мм. Если учесть, что в районе исследований выпадает 550 мм осадков (Основные положения ..., 1995), то легко определить, что к началу снеготаяния объем снеговой воды составляет 24,9 % от общей суммы осадков.



*Таблица 3*  
*Table 3*

Статистические показатели высоты снежного покрова  
Statistical indicators of snow cover height

Статистический показатель Statistical indicator	T1	T2	T3	В среднем по трем трансектам An average of three transects	И1	И2	И3
Среднее, см Average, cm	55,90	58,90	61,90	58,90	48,60	49,10	55,30
Стандартная ошибка, см Standard error, cm	2,00	2,00	3,70	1,50	1,70	3,10	1,50
Стандартное отклонение, см Standard deviation, cm	5,80	5,80	10,50	7,90	4,80	8,80	4,40
Дисперсия Dispersion	33,80	33,40	110,60	62,70	23,00	78,10	19,20
Экцесс Kurtosis	0,25	-0,19	0,15	1,48	-0,98	-0,43	-0,54
Асимметрия Skewness	-0,57	0,63	0,39	0,73	-0,02	0,29	0,03
Интервал, см Interval, cm	20,00	20,00	38,00	38,00	15,00	30,00	15,00
Минимум, см Minimum, cm	45,00	51,00	42,00	42,00	42,00	35,00	47,00
Максимум, см Maximum, cm	65,00	71,00	80,00	80,00	57,00	65,00	62,00
Объем выборки, шт. Sample size, pcs.	15,00	15,00	15,00	45,00	15,00	15,00	15,00
Коэффициент вариации, % Variation coefficient, %	10,40	9,80	17,00	13,40	9,90	18,00	7,90
Точность опыта, % Accuracy, %	3,60	3,40	5,90	2,60	3,40	6,20	2,80

*Таблица 4*  
*Table 4*

Расчетные значения коэффициента F-критерия Фишера для высоты снежного покрова  
Calculated values of Fisher's F-test coefficient for snow cover height

Номер участка Plot number	T1	T2	T3	В среднем по трем трансектам An average of three transects	И1	И2
T2	1,01	–	–	–	–	–
T3	<b>3,28</b>	<b>3,32</b>	–	–	–	–
В среднем по трем трансектам An average of three transects	1,86	1,88	1,76	–	–	–
И1	1,47	1,45	<b>4,82</b>	<b>2,73</b>	–	–
И2	2,31	2,34	1,42	1,24	<b>3,40</b>	–
И3	1,76	1,74	<b>5,76</b>	<b>3,26</b>	1,20	<b>4,07</b>

*Примечание:* полужирное выделение – достоверные различия между дисперсиями выборок.  
*Note:* bold highlights are significant differences between sample variances.

Таблица 5  
Table 5

Статистические показатели плотности снега  
Statistical indicators of snow density

Статистический показатель Statistical indicator	T1	T2	T3	В среднем по трем трансектам An average of three transects	И1	И2	И3
Среднее, г/см <sup>3</sup> Average, g/cm <sup>3</sup>	0,218	0,255	0,225	0,232	0,242	0,219	0,226
Стандартная ошибка, г/см <sup>3</sup> Standard error, g/cm <sup>3</sup>	0,015	0,011	0,013	0,008	0,008	0,020	0,005
Стандартное отклонение, г/см <sup>3</sup> Standard deviation, g/cm <sup>3</sup>	0,021	0,015	0,019	0,024	0,012	0,029	0,007
Дисперсия Dispersion	$4,61 \times 10^{-4}$	$2,35 \times 10^{-4}$	$3,48 \times 10^{-4}$	$5,71 \times 10^{-4}$	$1,53 \times 10^{-4}$	$8,42 \times 10^{-4}$	$4,42 \times 10^{-5}$
Экцесс Kurtosis	-0,190	2,930	3,290	-0,980	2,310	-0,84	-1,990
Асимметрия Skewness	0,870	-1,600	-1,540	-0,180	1,380	0,430	-0,130
Интервал, г/см <sup>3</sup> Interval, g/cm <sup>3</sup>	0,052	0,040	0,050	0,075	0,032	0,071	0,016
Минимум, г/см <sup>3</sup> Minimum, g/cm <sup>3</sup>	0,198	0,228	0,193	0,193	0,230	0,189	0,218
Максимум, г/см <sup>3</sup> Maximum, g/cm <sup>3</sup>	0,250	0,268	0,243	0,268	0,262	0,260	0,234
Объем выборки, шт. Sample size, pcs.	5,000	5,000	5,000	15,000	5,000	5,000	5,000
Коэффициент вариации, % Variation coefficient, %	9,900	6,000	8,300	10,300	5,100	13,200	2,900
Точность опыта, % Accuracy, %	6,800	4,100	5,700	3,600	3,500	9,100	2,000

Указанное позволяет надеяться, что зимних осадков будет достаточно для роста древесных растений на карбоновой плантации. При этом следует отметить опасность вымокания высаженных сеянцев в нижней части карьера.

### Выводы

1. При планировании работ по созданию карбоновых плантаций на нарушенных землях важно учитывать высоту снежного покрова, его плотность и запас снеговой воды в период максимального снегонакопления.

2. Исследования, выполненные в начале марта 2024 г. на учебно-опытном полигоне УГЛТУ по рекультивации нарушенных земель, показали, что минимальной высотой снежного покрова и запаса

снеговой воды характеризуется сосновое насаждение рядом с карьером.

3. На участке выработанного карьера гранита, где создана в 2023 г. карбоновая плантация посадкой сеянцев сосны обыкновенной, ели сибирской и лиственницы Сукачева, зафиксированы максимальные средняя высота снежного покрова и масса снеговой воды.

4. Установлено, что количество зимних осадков составляет 137 мм, или 24,9 % от общего среднего количества осадков в районе исследований.

5. Есть все основания полагать, что количество зимних осадков будет достаточно для роста и развития высаженных на карбоновой плантации древесных растений в конце весны и начале лета, когда на Урале наблюдается недостаток осадков.

## Список источников

- Бачурина А. В., Залесов С. В., Толкач О. В. Эффективность лесной рекультивации нарушенных земель в зоне влияния медеплавильного производства // Экология и промышленность России. 2020. № 24 (6). DOI: 10.18412/1816-0395-2020-6-67-71
- Белов Л. А., Воробьева М. В., Залесов С. В. Влияние состава древостоев на накопление снега в условиях подзоны южной тайги Урала // Международный научно-исследовательский журнал, 2021. № 7 (109). Ч. 1. С. 128–131. DOI: 10.23670/IRJ.2021.109.7.021
- Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области : практическое руководство. Свердловск, 1974. 178 с.
- Луганский Н. А., Макаренко Г. П. Особенности накопления и таяния снега в молодняках сосновых лесов подзоны южной тайги Урала // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск : Сред.-Урал. кн. изд-во, 1976. Вып. 9. С. 135–144.
- Научные исследования и разработки Уральского государственного лесотехнического университета в области климатических проектов / В. В. Фомин, С. В. Залесов, Е. М. Аганитов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 4 (87). С. 4–17. DOI: 10.51318/FRET. 2023.87.4.012
- Определение перспективности сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) для создания карбоновых ферм / В. С. Котова, И. Е. Корчагин, Е. П. Розинкина [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 4–13. DOI: 10.51318/FRET. 2023.3.86.001
- Основные положения организации и ведения лесного хозяйства Свердловской области. Екатеринбург : Поволжское лесоустроительное предприятие, 1995. 525 с.
- Подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах месторождения хризотил-асбеста / Ю. В. Зарипов, С. В. Залесов, Е. С. Залесова [и др.] // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 5. С. 22–33. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-22-33
- Рихтер Г. Д. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе. М. ; Л. : Ин-т географии АН СССР, 1948. Вып. 40. 172 с.
- Создание карбоновых полигонов многоцелевого назначения / К. А. Башегуров, С. М. Жижин, С. В. Залесов [и др.] // Управление лесными экосистемами в условиях изменения климата. Бишкек, 2021. С. 148–153.
- Толкач О. В., Залесов С. В. Снегонакопление под пологом леса на Среднем Урале // География и природные ресурсы. 2020. № 1 (160). С. 106–112. DOI: 10.21782/GIPR 0206-1619-2020-1
- Формирование искусственных насаждений на золоотвале Рефтинской ГРЭС / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. А. Зверев [и др.] // ИВУЗ. Лесн. журн., 2013. № 2. С. 66–73.
- Формирование снегозапасов в еловых насаждениях искусственного происхождения на Среднем Урале / О. В. Толкач, Г. Г. Терехов, С. В. Залесов [и др.] // Естественные и технические науки. 2019. № 11 (137). С. 188–191.
- Характеристика древесной и кустарниковой растительности, произрастающей на Исетском гранитном карьере / А. Е. Осипенко, К. А. Башегуров, И. Е. Корчагин [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 3 (81). С. 39–48. DOI: 10.51318/FRET. 2022.80.43.005
- Шевелев А. А. Перехват вертикальных и горизонтальных осадков в лесах Среднего Урала // Лесоведение. 1977. № 6. С. 38–46.

## References

- Bachurina A. V., Zalesov S. V., Tolkach O. V.* Efficiency of forest reclamation of disturbed lands in the zone of influence of copper smelting // Ecology and industry of Russia. 2020. 24 (6). DOI: 10.18412/1816-0395-2020-6-67-71 (In Russ.)
- Basic provisions of the organization and management of forestry in the Sverdlovsk region. Yekaterinburg : Volga Forestry Enterprise, 1995. 525 p.
- Belov L. A., Vorobyova M. V., Zalesov S. V.* The influence of tree composition on snow accumulation in the conditions of the southern taiga subzone of the Urals // International Scientific Research Journal. 2021. № 7 (109). Part 1. P. 128–131. DOI: 10.23670/IRJ.2021.109.7.021 (In Russ.)
- Characteristics of woody and shrubby vegetation growing in the Iset granite quarry / *A. E. Osipenko, K. A. Bashegurov, I. E. Korchagin* [et al.] // Forests of Russia and the economy in them. 2022. № 3 (81). P. 39–48. DOI: 10.51318/FRET. 2022.80.43.005 (In Russ.)
- Creation of multi-purpose carbon polygons / *K. A. Bashegurov, S. M. Zhizhin, S. V. Zalesov* [et al.] // Management of forest ecosystems in conditions of climate change. Bishkek, 2021. P. 148–153. (In Russ.)
- Determination of the prospects of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) for the creation of carbon farms / *V. S. Kotova, I. E. Korchagin, E. P. Rozinkina* [et al.] // Forests of Russia and agriculture in them. 2023. № 3 (86). P. 4–13. DOI: 10.51318/FRET. 2023.3.86.001 (In Russ.)
- Formation of artificial plantings at the ash dump of Reftinskaya GRES / *S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. A. Zverev* [et al.] // IVOZ. Lesnoy zhurnal. 2013. № 2. P. 66–73. (In Russ.)
- Formation of snow reserves in spruce plantations of artificial origin in the Middle Urals / *O. V. Tolkach, G. G. Terekhov, S. V. Zalesov* [et al.] // Natural and Technical Sciences. 2019. № 11 (137). P. 188–191. (In Russ.)
- Kolesnikov B. P., Zubareva R. S., Smolonogov E. P.* Forest growing conditions and types of forests in the Sverdlovsk region : Practical guidance. Sverdlovsk, 1974. 178 p.
- Lugansky N. A., Makarenko G. P. Features of snow accumulation and melting in young pine forests of the southern taiga subzone of the Urals // The forests of the Urals and the economy in them. Sverdlovsk : Middle Ural book publishing House, 1976. Issue 9. P. 135–144. (In Russ.)
- Richter G. D.* The role of snow cover in the physical and geographical process. Moscow ; Leningrad : Institute of Geography of the USSR Academy of Sciences, 1948. Issue 40. 172 p.
- Scientific research and development of the Ural State Forest Engineering University in the field of climate projects / *V. V. Fomin, S. V. Zalesov, E. M. Agapitov* [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 4 (87). P. 4–17. DOI: 10.51318/FRET. 2023.87.4.012 (In Russ.)
- Shevelev A. A. Interception of vertical and horizontal precipitation in the forests of the Middle Urals // Forestry. 1977. № 6. P. 38–46. (In Russ.)
- The undergrowth of the common pine (*Pinus sylvestris* L.) on the dumps is the birthplace of chrysotile asbestos / *Yu. V. Zaripov, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova* [et al.] // Izv. vuzov. Lesn. zhurnal. 2021. № 5. P. 22–33. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-22-33(In Russ.)
- Tolkach O. V., Zalesov S. V.* Snow accumulation under the canopy of the forest in the Middle Urals // Geography and natural resources. 2020. № 1 (160). P. 106–112. DOI: 1021782/GIPR 0206-1619-2020-1 (In Russ.)

## ***Информация об авторах***

*Р. А. Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук;*

*А. Е. Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;*

*В. С. Котова – студент;*

*С. В. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.*

## ***Information about the authors***

*R. A. Osipenko – Candidate of Agricultural Sciences;*

*A. E. Osipenko – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;*

*V. S. Kotova – student;*

*S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.*

*Статья поступила в редакцию 03.04.2024; принята к публикации 02.05.2024.*

*The article was submitted 03.04.2024; accepted for publication 02.05.2024.*

---

---



Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 15–25.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 15–25.

Научная статья

УДК 502/504:630\*231

DOI: 10.51318/FRET.2024.44.46.002

## ОЦЕНКА УСПЕШНОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСАХ БАРНАУЛА

**Алексей Анатольевич Малиновских**

Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

almaa1976@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1719-3841>

**Аннотация.** В связи с необходимостью сохранения лесных насаждений в городских и пригородных лесах данные об их способности к возобновлению становятся все более актуальными. Вопрос о функциональном зонировании и благоустройстве зеленых зон городов остается открытым, в том числе по причине отсутствия точных данных об их состоянии. Материалы лесоустройства содержат неполные, часто устаревшие данные о лесных насаждениях в пригородных лесах. Цель нашего исследования состояла в получении актуальных точных данных о естественном возобновлении сосны обыкновенной в лесах зеленой зоны г. Барнаула, их анализе и оценке успешности возобновления на лесотипологической основе. По данным учета возобновления сосны на 12 пробных площадях, расположенных на разном удалении от черты города, составлены таблицы распределения подроста на группы высот, возраста и жизненного состояния. В зоне интенсивной антропогенной деятельности (0–15 км от черты города) возобновление сосны неравномерное, нередко отсутствует, поэтому не может считаться успешным. Сосновые насаждения в зоне слабой антропогенной деятельности (34 км от черты города) имеют устойчивое естественное возобновление. Полученные данные дают возможность выделения функциональных зон в пригородных лесах Барнаула, назначения лесовосстановительных мероприятий.

**Ключевые слова:** естественное возобновление, сосна обыкновенная, оценка успешности, тип леса, пригородные леса

**Финансирование:** работа выполнена в рамках гранта РНФ по теме «Влияние гидротермического режима почв на устойчивость сосновых насаждений в условиях техногенного загрязнения». Соглашение № 23-26-00198.

**Для цитирования:** Малиновских А. А. Оценка успешности естественного возобновления сосны обыкновенной в пригородных лесах Барнаула // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 15–25.

Scientific article

## EVALUATION OF NATURAL REGENERATION SUCCESS OF SCOTS PINE IN THE SUBURBAN FORESTS OF THE CITY OF BARNAUL

Aleksey A. Malinovskikh

Altai State Agricultural University, Barnaul, Russia

almaa1976@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1719-3841>

**Abstract.** In connection with the need to preserve forest plantations in urban and suburban forests, data on their ability to regenerate becomes increasingly relevant. The question of functional zoning and improvement of green areas of cities remains open, including due to the lack of accurate data on their condition. Forest inventory materials contain incomplete, often outdated data on forest plantations in suburban forests. The research goal was to obtain current and accurate data on the natural regeneration of Scots pine in the forests of the green zone of the City of Barnaul, their analysis and evaluation of the regeneration success on forest typology basis. Based on the records of pine regeneration on 12 sample plots located at different distances from the city limits, tables of the undergrowth distribution into groups of height, age and vital status were compiled. In the zone of intense anthropogenic activity (0–15 km from the city limits), pine regeneration is uneven, often absent, and therefore cannot be considered successful. Pine plantations in the zone of weak anthropogenic activity (34 km from the city limits) have a stable natural renewal. The data obtained make it possible to identify functional zones in the suburban forests of the City of Barnaul and provide for reforestation measures.

**Keywords:** natural reforestation, Scots pine, reforestation success, forest stand type, suburban forests

**Funding:** the research was carried out within the framework of a grant from the Russian Science Foundation on the topic «The influence of soil hydrothermal regime on the stability of pine plantations under the conditions of technogenic pollution» Agreement № 23-26-00198.

**For citation:** Malinovskikh A. A. Evaluation of natural regeneration success of scots pine in the suburban forests of the city of Barnaul // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 15–25.

### Введение

Рост городов и городских агломераций неразрывно связан с освоением окружающих природных комплексов, ландшафтов, которые подвергаются процессам интенсивной антропогенной трансформации (Алексеев, 1990; Таран и др., 2004; Экологическое состояние..., 2009). Основным компонентом природных комплексов чаще всего является растительность, которой принадлежит ведущая роль при поддержании стабильности экологических условий. Наибольшую ценность из всех типов растительности представляют леса, выполняющие средообразующие защитные функции и обладающие способностью снижать негативное антропогенное воздействие (Gundersen, Vistad, 2016; Оценка..., 2020).

Лесные экосистемы эволюционно хорошо приспособлены к воздействию природных факторов, в том числе катастрофических – лесным пожарам, болезням, вредителям, ветровалам и др. В то же время у лесных насаждений нет механизмов адаптации против антропогенных факторов – рекреации, техногенного загрязнения. Антропогенные факторы действуют на лес длительное время, что приводит к снижению биоразнообразия, продуктивности, способности к воспроизводству, сокращению занимаемых площадей (Состояние..., 2018; Михайлова и др., 2020). На примере различных регионов было показано, что чаще всего негативные антропогенные факторы действуют на лесные насаждения комплексно, что осложняет оценку их состояния и устойчивости (Экологическое

состояние..., 2009; Шихова, 2015; Referowska-Chodak, 2019; Multifunctionality..., 2022; Urbanization..., 2022; Lynch, 2022).

Устойчивость пригородных лесных насаждений тесно связана с их способностью к естественному возобновлению. Влияние промышленности и антропогенная нагрузка в различных проявлениях нарушают ход естественного возобновления под пологом насаждений. Вблизи городской черты подрост главных пород в лесном массиве чаще всего сильно угнетен либо отсутствует, что является одним из признаков дигрессии лесной экосистемы (Состояние..., 2018). Планирование мероприятий по сохранению и воспроизводству пригородных лесов должно быть основано на актуальных данных по их естественному возобновлению.

### Цель, методика и объекты исследования

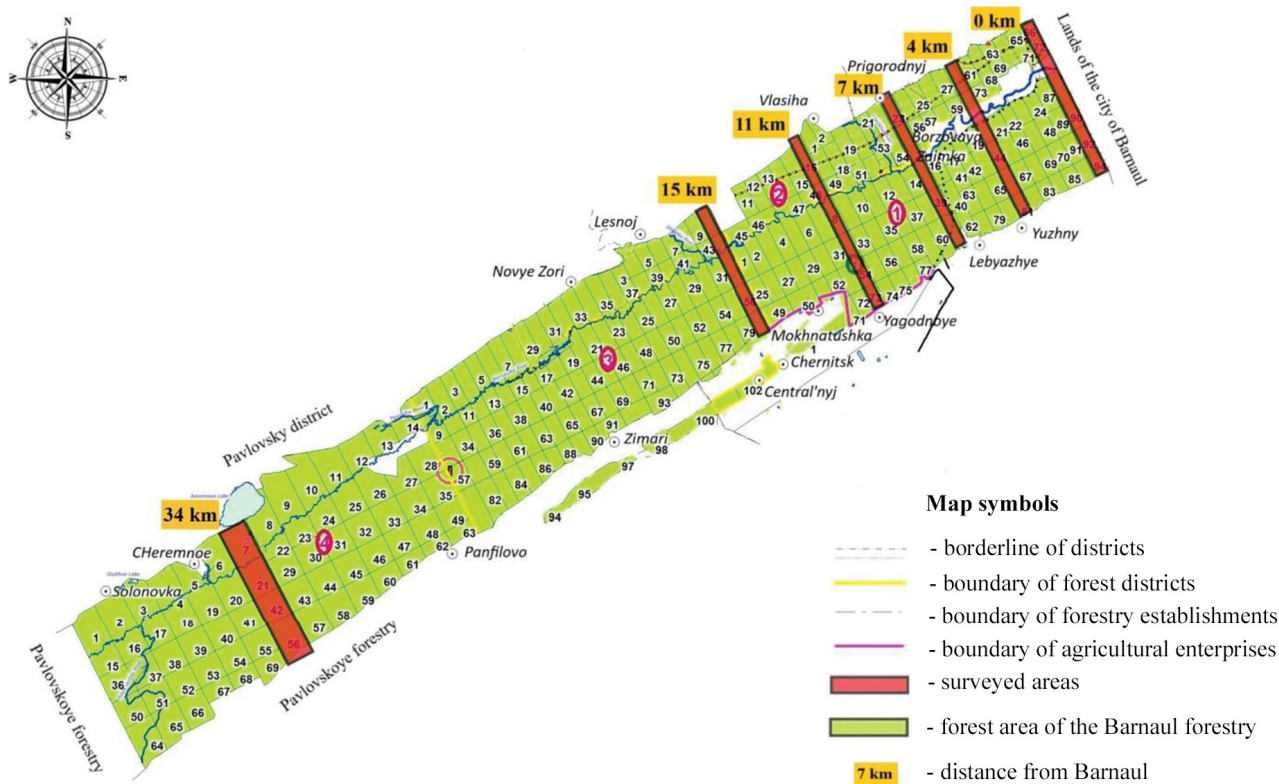
Цель исследования – изучить количественные и качественные показатели естественного возобновления сосны обыкновенной в пригородных

сосновых лесах г. Барнаула на лесотипологической основе.

Работы выполнены с использованием общепринятых апробированных методов лесной науки и практики (Ярмишко, Лянгузова, 2002).

Вблизи Барнаула в лесном фонде Барнаульского лесничества выделено 15 652 га лесов, отнесенных к зеленым и лесопарковым зонам, при общей площади лесничества 26049 га (Лесохозяйственный регламент..., 2021). На разном удалении от черты г. Барнаула в лесном фонде Барнаульского лесничества заложены постоянные пробные площади (ППП): в зоне интенсивной антропогенной деятельности – 0, 4, 7, 11, 15 км; в зоне слабоинтенсивной антропогенной деятельности – 34 км (рисунок).

Пробные площади заложены в преобладающих типах леса – свежий бор (Свб) и травяной бор (Трб), которые отражают исторически сложившиеся лесорастительные условия. На каждой ППП был выполнен сплошной пересчет древостоя с последующим определением таксационных показателей (табл. 1).



Карта-схема расположения пробных площадей в пригородных лесах г. Барнаула  
Schematic map of the location of sample plots in the suburban forests of the City of Barnaul

*Таблица 1*  
*Table 1*

Таксационная характеристика сосновых древостоев в пригородных лесах г. Барнаула  
Taxation characteristics of pine stands in suburban pine forests of the City of Barnaul

№ ППП № PSP	Тип леса Stand type	Состав Stand composition	Возраст, лет Age, years	Средний диаметр, см Average diameter, cm	Средняя высота, м Mean height, m	Класс бонитета Growth class	Относительная полнота Relative density	Запас, м <sup>3</sup> /га Stand stock, m <sup>3</sup> /ha
0 км от городской черты 0 km from the city boundaries								
1	Трб Gpf	10С+Б 10Р+В	80	28,2	21,3	III	1,3	410,7
2	Свб Hpf	10С 10Р	95	29,8	22,0	III	1,2	344,3
4 км от городской черты 4 km from the city boundaries								
3	Трб Gpf	10С+Б 10Р+В	110	39,0	26,0	II	1,0	326,2
4	Свб Hpf	10С+Б 10Р+В	130	26,9	21,1	III	1,0	280,1
7 км от городской черты 7 km from the city boundaries								
5	Свб Hpf	10С+Б 10Р+В	95	24,0	21,0	III	1,0	267,6
6	Трб Gpf	10С+Б 10Р+В	120	43,8	28,8	II	1,1	428,0
11 км от городской черты 11 km from the city boundaries								
7	Трб Gpf	10С+Б 10Р+В	120	44,4	28,0	II	0,8	340,5
8	Свб Hpf	9С1Б 9Р1В	120	41,7	27,0	II	0,8	242,5
15 км от городской черты 15 km from the city boundaries								
9	Свб Hpf	10С+Б 10Р+В	130	32,7	22,4	III	1,0	300,1
10	Трб Gpf	10С+Б 10Р+В	130	44,9	26,5	II	0,8	232,6
34 км от городской черты 34 km from the city boundaries								
11	Свб Hpf	10С 10Р	120	38,5	23,9	III	0,7	236,6
12	Трб Gpf	10С 10Р	120	42,3	27,0	II	1,1	380,4

*Примечание.* Свб – свежий бор, Трб – травяной бор.  
*Note.* Hpf – humid pine forest, Gpf – grass pine forest.

В пределах ППП под пологом сосновых насаждений были заложены учетные площадки размером 2×2 м в количестве 30 шт. равномерным способом. На каждой учетной площадке выполнен

учет подроста главной древесной породы (сосна обыкновенная) с разделением его по группам высот, возраста и жизненного состояния.

На основе полученных полевых данных были рассчитаны доли участия каждой группы в зависимости от общего количества и встречаемости подраста. Оценка успешности возобновления главной породы выполнена по региональным шкалам и действующим нормативам (Крылов, 1961; Правила..., 2021). Сбор полевого материала проходил в 2023 г.

### Результаты и их обсуждение

Процесс естественного возобновления под пологом насаждений чаще всего происходит неравномерно и зависит от многих факторов. Поэтому анализ параметров и оценку успешности возобновления необходимо проводить комплексно применительно к тем условиям, в которых оно происходит. В пригородных сосняках Барнаула подрост сосны угнетается по причине нехватки света и вытаптывается, вследствие чего нарушается его высотная структура (табл. 2).

Вблизи черты города (0–11 км) подрост сосны наиболее подвержен вытаптыванию. Особенно страдает мелкий (0–47,5 %) подрост, который угнетается, вытаптывается и слабо переходит в средний (0–67,5 %) и крупный (0–100 %). На отдельных участках (ПП 6–7) в травяном бору подрост отсутствует полностью по причине заглушения густым подлеском из клена ясенелистного (Малиновских, 2023). По мере удаления от города (15–34 км) антропогенная нагрузка и участие клена в подлеске в насаждениях снижается, в высотной структуре преобладает средний (15,9–23,7 %) и крупный (67,8–72,6 %) подрост сосны, который в дальнейшем сформирует молодняк. Свежий бор имеет лучшие показатели высотной структуры подраста, чем травяной бор. По данным Бугаева, Косарева (1998), собственным исследованиям в ленточных борах Алтайского края (Малиновских, Маленко, 2018), тип леса свежий бор имеет густоту подраста сосны 6,1–48,6 тыс. шт./га,

Таблица 2  
Table 2

Распределение подраста сосны по группам высот, шт./га/%  
Distribution of undergrowth by height groups, pcs./ha

№ ППП № PSP	Группы высот Height groups						Итого Total	
	Мелкий (до 0,5 м) Shallow (up to 0,5 )		Средний (0,5–1,0 м) Medium (0,5–1,0 m)		Крупный (свыше 1,0 м) Large (over 1,0 m)			
	шт./га pcs./ha	%	шт./га pcs./ha	%	шт./га pcs./ha	%	шт./га	%
1	125	19,0	200	30,4	333	50,6	658	100
2	1458	34,0	2333	54,4	500	11,6	4291	100
3	0	0,0	0	0,0	83	100,0	83	100
4	3208	47,5	2801	41,4	750	11,1	6759	100
5	4625	42,1	5200	47,3	1167	10,6	10992	100
6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0
7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0
8	500	8,9	3800	67,5	1333	23,6	5633	100
9	708	5,6	5000	39,9	6833	54,5	12541	100
10	500	23,1	667	30,8	1000	46,1	2167	100
11	1542	11,5	2133	15,9	9750	72,6	13425	100
12	167	8,5	467	23,7	1333	67,8	1967	100



тогда как густота подроста в травяном бору составляет 3,5–20,0 тыс. шт./га при полноте 0,5–0,6 ед.

Возрастная структура подроста позволяет точнее оценивать и прогнозировать ход естественного возобновления в лесных насаждениях. В пригородных леса Барнаула подрост сосны распределен по группам возраста неравномерно, что в первую очередь связано с влиянием антропогенных факторов (табл. 3).

Возрастная структура подроста сосны вблизи черты города (0–11 км) характеризуется значительной неравномерностью: в травяном бору большая часть подроста на участках с возобновлением относится к группе 16 лет и старше (50,6–100 %), в свежем бору преобладает подрост групп 2–5 лет (2,2–33,9 %), 6–10 лет (25,6–50,7 %), 11–15 лет (7,9–34,5 %). На удалении от черты города (15–34 км) высотная структура подроста меняется в сторону преобладания старшей группы возраста (16 лет и старше): в травяном бору доля подроста этой группы составляет 42,4–67,8 %, в свежем бору – 57,2–65,8 %. Это связано, по на-

шему мнению, с лучшей выживаемостью подроста и равномерным распределением по площади по мере снижения антропогенной нагрузки.

Жизненное состояние подроста сосны обыкновенной имеет биологическое и лесоводственное значение. Полученные нами данные для пригородных сосняков Барнаула представлены в табл. 4.

Непосредственно возле черты города (0 км) в структуре естественного возобновления сосны суммарно преобладает сомнительный и неблагоприятный подрост (74,0–79,0 %). Подрост этих групп часто имеет механические повреждения стволика и кроны вследствие вытаптывания рекреантами. По мере удаления от города жизненное состояние подроста сосны заметно улучшается, в свежем бору доля благонадежного подроста составляет 53,6–83,1 %, в травяном бору – 53,8–96,9 %. На этих участках его состояние, рост и развитие зависят главным образом от таксационных показателей древостоя и влияния других компонентов насаждения.

Таблица 3  
Table 3

Распределение подроста сосны по группам возраста, шт./га/ %  
Distribution of undergrowth by age groups pcs./ha

№ ППП № PSP	Группы возраста, лет Age groups, years								Итого Total	
	2–5		6–10		11–15		16 <			
	шт./га	%	шт./га	%	шт./га	%	шт./га	%	шт./га	%
1	125	19,0	67	10,2	133	20,2	333	50,6	658	100
2	1408	32,8	1100	25,6	1200	28,0	583	13,6	4291	100
3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	83	100,0	83	100
4	2293	33,9	2600	38,5	533	7,9	1333	19,7	6759	100
5	2583	23,5	5576	50,7	2333	21,2	500	4,5	10992	100
6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0
7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0
8	125	2,2	2567	45,6	1941	34,5	1000	17,7	5633	100
9	125	1,0	1350	10,8	4000	31,9	7168	57,2	12541	100
10	458	21,1	525	24,2	267	12,3	917	42,4	2167	100
11	833	6,2	1800	13,4	1959	14,6	8833	65,8	13425	100
12	42	2,1	325	16,5	267	13,6	1333	67,8	1967	100

Таблица 4  
Table 4

Распределение подроста сосны по группам качества, шт./га/%  
Distribution of undergrowth by qualitative groups pcs./ha

№ ППП № PSP	Группы качества Qualitative groups						Итого Total	
	Благонадежный Viable		Сомнительный Doubtful		Неблагонадежный Not viable			
	шт./га	%	шт./га	%	шт./га	%	шт./га	%
1	171	26,0	394	59,9	93	14,1	658	100
2	900	21,0	2475	57,7	916	21,3	4291	100
3	0	0,0	83	100,0	0	0,0	83	100
4	4575	67,7	1617	23,9	567	8,4	6759	100
5	7792	70,9	2642	24,0	558	5,1	10992	100
6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0
7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0
8	3017	53,6	1233	21,9	1383	24,5	5633	100
9	8500	67,8	2733	21,8	1308	10,4	12541	100
10	2100	96,9	0	0,0	67	3,1	2167	100
11	11167	83,1	1975	14,7	283	2,2	13425	100
12	1058	53,8	909	46,2	0	0,0	1967	100

Успешный ход естественного возобновления в пригородных лесах важен для поддержания стабильности лесных насаждений, смены поколений, баланса внутренней среды. Участки леса без возобновления теряют устойчивость, изреживаются, замещаются другими типами растительности, часто сорной. Без проведения лесохозяйственных мероприятий происходит необратимое сокращение площади лесного фонда в лесах зеленой зоны. Оценка успешности естественного возобновления сосны обыкновенной в условиях Барнаульского лесничества представлена в табл. 5.

Лучшие показатели естественного возобновления в лесах зеленой зоны Барнаула имеет тип леса свежий бор, даже несмотря на более высокую рекреационную привлекательность и посещаемость. По мере удаления от черты города густота подроста сосны в свежем бору увеличивается в 3 раза: с 4,3 до 13,4 тыс. шт./га, что соответствует категории очень густой. Тип леса травяной бор на отдельных участках не имеет возобновления главной породы, с удалением от города

густота подроста здесь также увеличивается в 3 раза – с 0,7 до 2,2 тыс. шт./га, но заметно ниже, чем в свежем бору, и имеет категорию средней густоты.

Встречаемость подроста сосны в пригородных лесах Барнаула характеризует его обилие и характер распределения под пологом насаждений. Встречаемость подроста сосны в травяном бору является низкой, варьирует в пределах 20,0–40,7 %, что подтверждает неравномерный и относительно равномерный характер распределения на участках леса. В свежем бору встречаемость подроста изначально выше – 66,7–100 %, что подтверждается равномерным распределением под пологом насаждений. В обоих типах леса встречаемость, как и густота, имеет тенденцию к увеличению по мере удаления от черты города.

Согласно шкале Г. В. Крылова (1961), для светлохвойных насаждений Западной Сибири естественное возобновление сосны в пригородных сосняках Барнаула в условиях травяного бора происходит неудовлетворительно, в свежем бору –

слабо хорошо. Критерии оценки из действующих нормативных документов (Правила..., 2021) показывают, что обследованные участки нуждаются

в мероприятиях по воспроизводству, в том числе созданию лесных культур, и в мерах по содействию естественному возобновлению леса.

Таблица 5

Table 5

Оценка успешности естественного возобновления сосны обыкновенной в Барнаульском лесничестве  
Evaluation of natural regeneration success of Scots pine in the Barnaul forestry

№ ППП № PSP	Густота подраста, тыс. шт./га Density of undergrowth, thousand pcs./ha	Оценка по густоте Density rating	Встречаемость подраста, % Undergrowth occurrence of, %	Характер распределения подраста The nature of undergrowth distribution	Оценка по шкале Г. В. Крылова (1961) Rating according to scale of G.V. Krylov (1961)	Меры по лесовосстановлению (Правила..., 2021) Reforestation measures (Rules..., 2021)
1	0,7	Редкий Rare	20,0	Неравномерное Non-uniform	Неуд. Unsatisfactory	Лесные культуры Forestry crops
2	4,3	Сред. густоты Middle density	70,0	Равномерное Uniform	Слабое Low	Сохранение подраста Undergrowth survival
3	0,0	–	0,0	–	Неуд. Unsatisfactory	Лесные культуры forestry crops
4	6,8	Сред. густоты Middle density	76,7	Равномерное Uniform	Слабое Low	Сохранение подраста Undergrowth survival
5	11,0	густой Dense	100,0	Равномерное Uniform	Удовл. Satisfactory	Сохранение подраста Undergrowth survival
6	0,0	–	0,0	–	Неуд. Unsatisfactory	Лесные культуры Forestry crops
7	0,0	–	0,0	–	Неуд. Unsatisfactory	Лесные культуры Forestry crops
8	5,6	Сред. густоты Middle density	66,7	Равномерное Uniform	Слабое Low	Сохранение подраста Undergrowth survival
9	12,5	густой Dense	93,3	Равномерное Uniform	Удовл. Satisfactory	Сохранение подраста Undergrowth survival
10	2,2	Сред. густоты Middle density	26,7	Неравномерное Non-uniform	Неуд. Unsatisfactory	Сохранение подраста Undergrowth survival
11	13,4	Очень густой Very dense	93,3	Равномерное Uniform	Хорошее Sufficient	Сохранение подраста Undergrowth survival
12	2,0	Сред. густоты Middle density	40,7	относительно-равномерное Relatively uniform	Неуд. Unsatisfactory	Меры содействия Assistance measures

### Выводы

Естественное возобновление сосны обыкновенной в пригородных сосновых лесах г. Барнаула происходит неравномерно, что обусловлено, с одной стороны, типами леса, с другой – степенью антропогенного воздействия.

Наилучший ход естественного возобновления главной лесобразующей породы в лесах зеленой зоны отмечен в условиях типа леса свежий

бор (Свб). Густота подраста сосны на участках в зоне интенсивного воздействия (0–15 км) составляет 4,3–12,5 тыс. шт./га, в зоне слабого воздействия (34 км) – 13,4 тыс. шт./га.

В условиях типа леса травяной бор (Трб) густота подраста заметно меньше и в зоне интенсивного воздействия (0–15 км) составляет 0–2,2 тыс. шт./га, в зоне слабого воздействия – 2,0 тыс. шт./га.

Анализ распределения подроста сосны на группы высот, возраста и жизненного состояния для обоих типов леса показал заметное нарушение структуры в зоне интенсивной антропогенной нагрузки в отличие от участков леса со слабой нагрузкой. Доля сомнительного и неблагонадежного подроста сосны на участках леса вблизи городской черты достигает высоких значений (74,0–79,0 %), заметно превышая данный показатель в насаждениях со слабым антропогенным воздействием.

Для сохранения и восстановления сосновых насаждений зеленой зоны г. Барнаула нужен комплексный подход, в который необходимо включить обследование насаждений, выделение функциональных зон, благоустройство, проведение лесохозяйственных мероприятий. Среди лесохозяйственных мероприятий первоочередными являются рубки ухода, выборочные рубки, уборка захламленности, мероприятия по лесовосстановлению.

### Список источников

- Алексеев В. А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л. : Наука, 1990. С. 38–54.
- Бугаев В. А., Косарев Н. Г. Лесное хозяйство ленточных боров Алтайского края. Барнаул : Алт. кн. изд-во, 1988. 312 с.
- Крылов Г. В. Леса Западной Сибири. М. : Изд-во АН СССР, 1961. 255 с.
- Лесохозяйственный регламент Барнаульского лесничества Алтайского края. Барнаул, 2021. 129 с.
- Малиновских А. А. Влияние клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) на естественное возобновление сосны обыкновенной в Барнаульском ленточном бору // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2023. Т. 23. № 3. С. 48–56.
- Малиновских А. А., Маленко А. А. Процесс естественного возобновления сосны обыкновенной после выборочных рубок в спелых и перестойных насаждениях в ленточных борах Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1. С. 67–72.
- Михайлова Т. А., Калугина О. В., Шергина О. В. Мониторинг техногенного загрязнения и состояние сосновых лесов на примере Иркутской области // Лесоведение. 2020. № 3. С. 265–273.
- Оценка биологической продуктивности лесной среды в условиях урбанизации (на примере воронежской нагорной дубравы) / Г. А. Одноралов, Е. Н. Тихонова, И. В. Голядкина, Т. А. Малинина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 2 (374). С. 60–72.
- Правила лесовосстановления : утв. приказом Минприроды РФ от 29.12.2021 г. № 1024. М., 2021. 190 с.
- Состояние сосновых лесов Кольского полуострова на фоне снижения объемов атмосферных выбросов предприятием цветной металлургии / И. В. Лянгузова, В. Т. Ярмишко, А. С. Евдокимов, А. И. Беляева // Растительные ресурсы. 2018. Вып. 4. С. 516–531.
- Таран И. В., Спиридонов В. Н., Беликова Н. Д. Леса города. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2004. 196 с.
- Шихова Н. С. Комплексная оценка состояния лесов зеленой зоны Владивостока // Лесоведение. 2015. № 6. С. 436–446.
- Ярмишко В. Т., Лянгузова И. В. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
- Экологическое состояние пригородных лесов Красноярска / Л. Н. Скрипальщикова, В. И. Татаринцев, О. Н. Зубарева [и др.]. Новосибирск : Гео, 2009. 179 с.
- Gundersen V. and Vistad O. I. Public opinions and use of various types of recreational infrastructure in boreal forest settings // Forests. 2016. Vol. 7. № 6. P. 113.
- Lynch A. J. Predictors of tree cover in residential open space : a multi-scale analysis of suburban Philadelphia // Urban Ecosyst. 2022. Vol. 5. P. 1515–1526.

- Multifunctionality in practice: measuring differences in urban woodland ecosystem properties via functional traits / *F. Cardou, I. Aubin, B. Shipley, M. Lapointe* // *Urban Forestry & Urban Greening*. 2022. Vol. 68. P. 127453.
- Referowska-Chodak E.* Pressures and threats to nature related to human activities in european urban and suburban forests // *Forests*. 2019. Vol. 10. № 9. P. 765.
- Urbanization Affects the Richness of Invasive Alien Trees But Has Limited Influence on Species Composition / *G. Heringer, L. Del Bianco Faria, A. U. Araújo* [et al.] // *Urban Ecosystems*. 2022. Vol. 3. P. 753–763.

### References

- Alekseev V. A.* Some issues of diagnostics and classification of forest ecosystems damaged by pollution // *Forest ecosystems and atmospheric pollution*. Leningrad: Nauka, 1990. P. 38–54. (In Russ.)
- Bugaev V. A., Kosarev N. G.* Forestry of belt pine forests of the Altai Region. Barnaul : Alt. book publishing house, 1988. 312 p.
- Ecological state of suburban forests of Krasnoyarsk / *L. N. Skripalshchikova, V. I. Tatarintsev, O. N. Zubareva* [et al.]. Novosibirsk : Geo, 2009. 179 p.
- Evaluation of the biological productivity of the forest environment under urbanization conditions (by the example of the Voronezh upland oak forest) / *G. A. Odnoralov, E. N. Tikhonova, I. V. Golyadkina, T. A. Malinina* // *News of higher educational institutions. Forest magazine*. 2020. № 2 (374). P. 60–72. (In Russ.)
- Forestry regulations of the Barnaul forestry of the Altai Region. Barnaul, 2021. 129 p.
- Gundersen V. and Vistad O. I.* Public opinions and use of various types of recreational infrastructure in boreal forest settings // *Forests*. 2016. Vol. 7. № 6. P. 113.
- Urbanization Affects the Richness of Invasive Alien Trees But Has Limited Influence on Species Composition / *G. Heringer, L. Del Bianco Faria, A. U. Araújo* [et al.] // *Urban Ecosystems*. 2022. Vol. 3. P. 753–763.
- Krylov G. V.* Forests of Western Siberia. Moscow : Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1961. 255 p.
- Lynch A. J.* Predictors of tree cover in residential open space: a multi-scale analysis of suburban Philadelphia // *Urban Ecosyst*. 2022. Vol. 5. P. 1515–1526.
- Malinovskikh A. A.* The influence of ash-leaved maple (*Acer negundo* L.) on the natural regeneration of Scots pine in the Barnaul ribbon forest // *Forestry Bulletin*. 2023. Vol. 23. № 3. P. 48–56. (In Russ.)
- Malinovskikh A. A., Malenko A. A.* The process of natural regeneration of Scots pine after selective felling in mature and overmature plantings in belt forests of the Altai Region // *Bulletin of the Altai State Agricultural University*. 2018. № 1. P. 67–72. (In Russ.)
- Mikhailova T. A., Kalugina O. V., Shergina O. V.* Monitoring of technogenic pollution and the state of pine forests using the example of the Irkutsk region // *Lesovedenie*. 2020. № 3. P. 265–273. (In Russ.)
- Multifunctionality in practice: measuring differences in urban woodland ecosystem properties via functional traits / *F. Cardou, I. Aubin, B. Shipley, M. Lapointe* // *Urban Forestry & Urban Greening*. 2022. Vol. 68. P. 127453.
- Referowska-Chodak E.* Pressures and threats to nature related to human activities in european urban and suburban forests // *Forests*. 2019. Vol. 10. № 9. P. 765.
- Reforestation rules : approved by Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated December 29, 2021 № 1024. M., 2021. 190 p. (In Russ.)
- Shikhova N. S.* Comprehensive evaluation of the state of forests in the green zone of Vladivostok // *Lesovedenie*. 2015. № 6. P. 436–446. (In Russ.)



*Taran I. V., Spiridonov V. N., Belikova N. D.* Forests of the city. Novosibirsk : Publishing house SB RAS, 2004. 196 p.

The state of pine forests of the Kola Peninsula against the background of a decrease in atmospheric emissions from non-ferrous metallurgy enterprises / *I. V. Lyanguzova, V. T. Yarmishko, A. S. Evdokimov, A. I. Belyaeva* // Plant resources. 2018. Vol. 4. P. 516–531. (In Russ.)

*Yarmishko V. T., Lyanguzova I. V.* Methods for studying forest communities. St. Petersburg : Research Institute of Chemistry of St. Petersburg State University, 2002. 240 p.

### ***Информация об авторах***

*A. A. Малиновских* – кандидат биологических наук, доцент.

### ***Information about the authors***

*A. A. Malinovskikh* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor.

*Статья поступила в редакцию 07.03.2024; принята к публикации 10.05.2024.*

*The article was submitted 07.03.2024; accepted for publication 10.05.2024.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 26–34.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 26–34.

Научная статья

УДК 630.283.1:630.187

DOI: 10.51318/FRET.2024.31.90.003

## РЕСУРСЫ ЧЕРНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ В НАСАЖДЕНИЯХ СОСНЯКА ЯГОДНИКОВОГО ПОДЗОНЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Игорь Александрович Панин<sup>1</sup>, Юрий Алексеевич Аржанников<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> paninia@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7798-3442>

<sup>2</sup> Wolf1997@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4345-6879>

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследования биологических запасов дикорастущей черники *Vaccinium myrtillus* L. в насаждениях сосняка ягодного. Исследование проводилось в период 2020–2023 гг. на территории трех лесничеств: Березовского, Нижнетагильского и Ревдинского, а также Уральского учебно-опытного лесхоза УГЛТУ. Всего было заложено 70 пробных площадей. Определялись следующие показатели запасов: надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии, проективное покрытие и текущий биологический урожай плодов в свежесобранном виде. Установлено, что среднее проективное покрытие черники в условиях сосняка ягодного подзоны средней тайги Свердловской области составляет 18,1 %, надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии – 177,5 кг/га, а средняя биологическая урожайность – 53,6 кг/га. Многие изучаемые насаждения обладают значительными запасами черники и пригодны для организации промысловых заготовок. Наблюдается существенная вариация показателей биологического запаса черники внутри насаждений одного типа леса. Проективное покрытие в различных насаждениях меняется от 2,7 до 90 %, урожайность – от полного отсутствия плодоношения до 213,0 кг/га. Значительно отличаются и средние показатели запасов черники на пробных площадях в разных лесничествах. Среднее проективное покрытие черники может отличаться от 8,1 в условиях УУОЛ УГЛТУ до 40,8 % в сосняке ягодном на территории Ревдинского лесничества.

**Ключевые слова:** черника обыкновенная *Vaccinium myrtillus* L., дикорастущие ягоды, недревесные пищевые ресурсы, сосняк ягодниковый

**Для цитирования:** Панин И. А., Аржанников Ю. А. Ресурсы черники обыкновенной в насаждениях сосняка ягодникового подзоны средней тайги Свердловской области // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 26–34.

Scientific article

## RESOURCES BLUEBERRIES OF BERRIES PINE FOREST OF SUBZONE MIDDLE BOREAL FOREST OF SVERDLOVSK REGION

Igor A. Panin<sup>1</sup>, Yuri A. Arzhannikov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> paninia@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7798-3442>

<sup>2</sup> Wolf1997@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4345-6879>

**Abstract.** The paper presents the results of a study of biological stocks of wild blueberry *Vaccinium myrtillus* L. in plantations of berry pine. The study was conducted in the period 2020–2023 on the territory of three forestry districts of the Sverdlovsk region: Berezovsky, Nizhnetagilsky and Revdinsky, as well as the Ural educational and experimental forestry UGLU. In total, 70 trial areas were laid. The following indicators of blueberry stocks were determined: aboveground phytomass in an absolutely dry state, a projective coating and the current biological harvest of fruits in freshly harvested form. It was found that the average projective cover of blueberries in the conditions of berry pine in the middle taiga subzone of the Sverdlovsk region is 18.1 %, the aboveground phytomass in an absolutely dry state is 177.5 kg/ha, and the average biological yield is 53.6 kg/ha. Many of the studied plantations have significant reserves of blueberries and are suitable for the organization of commercial harvesting. There is a significant variation in the indicators of the biological stock of blueberries inside plantations of the same type of forest. The projective coverage in various plantings varies from 2.7 to 90 %, the yield from complete absence of fruiting to 213.0 kg/ha. The average indicators of blueberry stocks in the sample areas in different forest areas also differ significantly. The average projective cover of blueberries can vary from 8.1 in the conditions of UUOL UGLTU to 40.8 % in the berry pine forest on the territory of the Revdinsky forestry.

**Keywords:** blueberries *Vaccinium myrtillus* L., wild berries, non-timber forest resources, berries pine forest

**For citation:** Panin I. A., Arzhannikov Yu. A. Resources blueberries of berries pine forest of subzone middle boreal forest of Sverdlovsk region // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 26–34.

### Введение

Черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.) – листопадный ягодный кустарничек, повсеместно распространенный в таежных лесах европейской части России и Сибири. Ареал вида также включает зону тундры (Годовалов и др., 2018). Является одним из наиболее значимых дикорастущих пищевых и лекарственных ресурсов лесов России. Это источник магния, кальция, витаминов А, В и С, других полезных для организма человека веществ (Сербин, 2003). Ягоды черники востребованы, они употребляются в пищу в сыром и обработанном виде, из них изготавливают варенья, джемы, соки и морсы, используют в пищевой и кондитерской

промышленности (Корастелев и др., 2010; Годовалов и др., 2018). Несмотря на существование практик культивации черники, в России они не распространены (Грязькин и др., 2020). Подавляющее большинство сырья имеет дикорастущее происхождение.

Общий биологический запас плодов черники Российской Федерации оценивается в 1931,4 тыс. т, из которых 503,0 тыс. т находятся на территории Уральского федерального округа (Егошина, 2005). По оптимистичным экспертным оценкам, в настоящее время осваивается не более 6 % от этого объема, что оставляет значительный потенциал развития заготовок (Мальшева, Самсонова, 2022).

Несмотря на длительную историю изучения и значительный объем данных, дикорастущая черника по-прежнему привлекает внимание исследователей. Активно рассматриваются вопросы ее биологических ресурсов в различных регионах страны, динамика запасов, возможности заготовок, урожайность, особенности экологии, приспособление к изменениям среды и другие вопросы (Егорова, 2018; Динамика урожайности..., 2019; Торопова, 2019; Грязькин и др., 2020; Егорова, Пестрикова, 2020; Особенности экологии..., 2020; Гайворонская, Поденок, 2021; Воеводина, 2021). Накопленные знания фрагментарны и требуют дальнейшего изучения (Грязькин, 2014). В частности, недостаточно изучены ресурсы черники обыкновенной в лесах Свердловской области, что является препятствием для развития коммерческих заготовок в регионе.

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

Целью исследования является установление биологических запасов черники обыкновенной насаждений сосняка ягодного (Сяг) в условиях подзоны средней тайги Свердловской области. Тип леса Сяг выбран как потенциально обладающий ресурсами ягодных кустарничков, а также имеющий значительное распространение в регионе (Колесников и др., 1973).

Исследование проводилось на территории трех лесничеств: Березовского, Нижнетагильского и Ревдинского, а также Уральского учебно-опытного лесхоза УГЛТУ (УУОЛ) в период 2020–2023 гг. Всего было заложено 70 пробных площадей (ПП). Из них в Березовском лесничестве – 25 ПП, в Нижнетагильском – 15 ПП, в Ревдинском – 14 ПП, на территории УУОЛ УГЛТУ – 16 ПП. Для закладки подбирались наиболее типичные насаждения с различными таксационными характеристиками: относительной полнотой, возрастом, составом древостоя и историей их развития (проведенные лесохозяйственные мероприятия, пожары и др.).

На ПП производилось определение таксационных характеристик насаждений по общепринятым в лесной науке методикам. Показатели биологического запаса черники: проективное

покрытие, надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии и биологический урожай – определялись методом учетных площадок. Площадки закладывались равномерно по ходовым линиям в количестве, необходимом для обеспечения принятой в 10 % точности исследования. Внутри площадок определялось проективное покрытие черники обыкновенной. Затем растения срезались на уровне поверхности почвы. Плоды отделялись, пересчитывались и сортировались на две группы: спелые; неспелые и поврежденные. Спелые ягоды взвешивались. Вес неспелых и поврежденных ягод определялся как произведение средней массы ягоды на их количество. Надземные части растений взвешивались в сыром виде, затем отбиралась навеска, которая в лабораторных условиях при температуре 105 °С высушивалась до абсолютно сухого состояния (Бунькова и др., 2020; Панин, Белов, 2022).

#### **Результаты и их обсуждение**

Согласно данным табл. 1, в среднем по изучаемым насаждениям показатель надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии составляет 177,5 кг/га, проективное покрытие – 18,1 %, а биологическая урожайность – 53,6 кг/га в свежесобранном виде. Расчетная биологическая урожайность черники сосняка ягодного при 100 %-ном проективном покрытии – 30 г/м<sup>2</sup>.

Согласно данным табл. 2, из 70 ПП только в условиях 31 из них черника обыкновенная обладает значительными запасами, играя роль доминанта или субдоминанта в живом напочвенном покрове (ЖНП). На остальных 39 ПП черника имеет незначительную фитомассу, а ее запасы ничтожны. Это преимущественно густые сосняки с относительной полнотой 0,8–1,0, молодые и средневозрастные насаждения, сформированные после сплошнолесосечных рубок, производные мягколиственные насаждения, вырубki и горельники. Отметим, что не менее 5 ПП характеризуются низкими ресурсами черники, притом что данные насаждения относятся к зоне экологического оптимума для произрастания черники: преобладание сосны в составе древостоя, возраст не менее 70 лет и относительная полнота древостоя

0,6–0,7 (Грязькин, 2014; Годовалов и др., 2018). Это может объясняться особенностями микро-рельефа, влиянием других ярусов растительности, межвидовым взаимодействием в ЖНП или неустановленными событиями в истории насаждений, такими как пожары. Исследованные насаждения с высокими запасами черники в ЖНП за редким исключением ожидаемо находятся в зоне экологического оптимума для произрастания черники.

На основании вышесказанного можно утверждать, что принадлежность насаждения к типу леса Сяг само по себе, без учета других ключевых факторов, не может являться маркером наличия в нем ресурсов дикорастущей черники.

Общепринятых критериев для отнесения ягодника к категории промысловых сейчас нет. Согласно Таксационному справочнику по лесным ресурсам России (за исключением древесины), наивысший (4–5) балл плодоношения дикорастущих ягодников в условиях подзоны средней тайги соответствует урожайности в 150–250 кг/га (Курлович, Косицын, 2018). Среди изучаемых насаждений условно можно выделить высокопродуктивные черничники, по показателю текущего биологического урожая соответствующие данной

оценке. В таких насаждениях заложено 4 ПП с текущей урожайностью черники от 167,7 до 213,3 кг/га. Вместе с тем объективной оценкой может служить только среднесрочная урожайность. Текущий урожай очень вариативен по годам (Грязькин, 2014; Годовалов и др., 2018; Торопова, 2019). Для ПП с высоким урожаем ягод фитомасса черники в абсолютно сухом состоянии составляет 227,9–430,3 кг/га. Общее количество ПП с сопоставимой фитомассой черники, но урожайностью меньше 100 кг/га – 15. Их можно считать высокопродуктивными, обладающими значимым потенциалом для промысловых заготовок.

Важно отметить, что показатели запасов в рамках одного типа леса Сяг существенно отличаются в насаждениях на территории разных лесничеств. Об этом наглядно свидетельствуют данные, представленные на рис. 1–3.

Среднее проективное покрытие черники варьирует от 8,1 % в условиях УУОЛ УГЛТУ до 33,3 % на территории Березовского лесничества. Значения данного показателя оказались близки таковым на территориях Нижнетагильского и Ревдинского лесничеств – 16 и 15 % соответственно. Также различается и средняя надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии.

Таблица 1  
Table 1

Параметры запасов черники *Vaccinium myrtillus* L. в условиях Сяг  
Parameters of resource of bilberry *Vaccinium myrtillus* L. in conditions berries pine forest

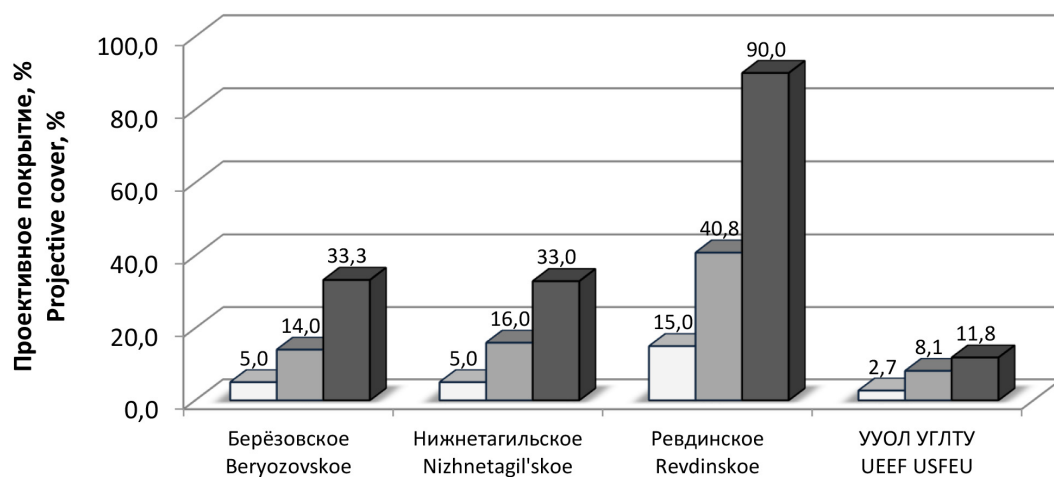
Лесничество Forestry	Проективное покрытие, % Projective cover, %	Надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии, кг/га Above-ground cover of bilberry in ovedry weight, kg/ha	Текущий урожай плодов, кг/га In-process Fruit crop, kg/ha	Урожай плодов при 100 %-ном проективном покрытии, кг/м <sup>2</sup> Fruit crop by 100 % projective cover, kg/m <sup>2</sup>
Березовское Beryozovskoe	5,0–33,3	19,9–431,3	0–213,3	0,05
Нижнетагильское Nizhnetagil'skoe	5,0–33,0	21,0–430,3	0–183,3	0,04
Ревдинское Revdinskoe	15,0–90,0	28,2–369,2	11,4–112,3	0,01
УУОЛ УГЛТУ UEEF USFEU	2,7–11,8	12,7–426,3	0–39,8	0,02
По всем ПП In total PSP	2,7–90,0	12,7–431,3	0–213,3	0,03
В среднем Average	18,1	177,5	53,6	0,03



Таблица 2  
Table 2

Количество пробных площадей с различными запасами черники  
The number of sample plots with different stocks of blueberries

Группа насаждений Group of forest	Надземная фитомасса черники в абсолютно сухом состоянии, кг/га Above-ground cover of bilberry in oven-dry weight, kg/ha		
	< 50	51–200	> 200
Приспевающий или спелый сосняк с относительной полнотой 0,5–0,7 Ripening, or mature pine stand with stand density 0,5–0,7	5	9	12
Густой сосняк с относительной полнотой > 0,8 Density stand with stand density > 0,8	15	3	1
Молодняки и средневозрастные насаждения Sapling-pole stand	5	3	0
Производный березняк (смена пород) Secondary forest growth (change tree species)	10	1	2
Вырубка Clear cutting	2	0	0
Горельник Burnt forest area	2	0	0
Итого Total	39	16	15



**Лесничество Forestry**

Рис 1. Проективное покрытие черники обыкновенной *Vaccinium myrtillus* L. в насаждениях Сяг  
Fig. 1. Projective cover of bilberry *Vaccinium myrtillus* L. in berries pine forest

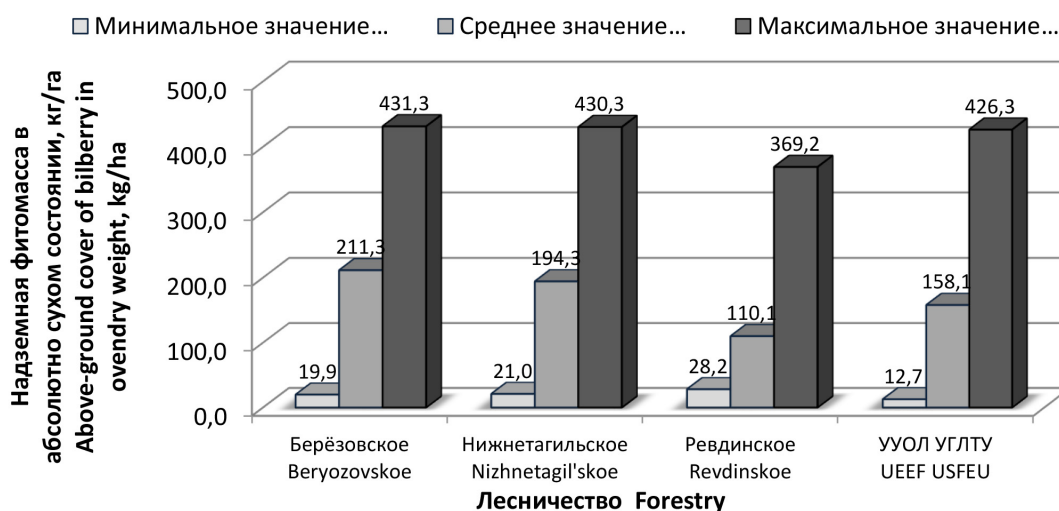


Рис. 2. Надземная фитомасса черники обыкновенной *Vaccinium myrtillus* L. в абсолютно сухом состоянии в насаждениях Сяг

Fig. 2. Above-ground cover of bilberry *Vaccinium myrtillus* L. in over dry weight in berries pine forest

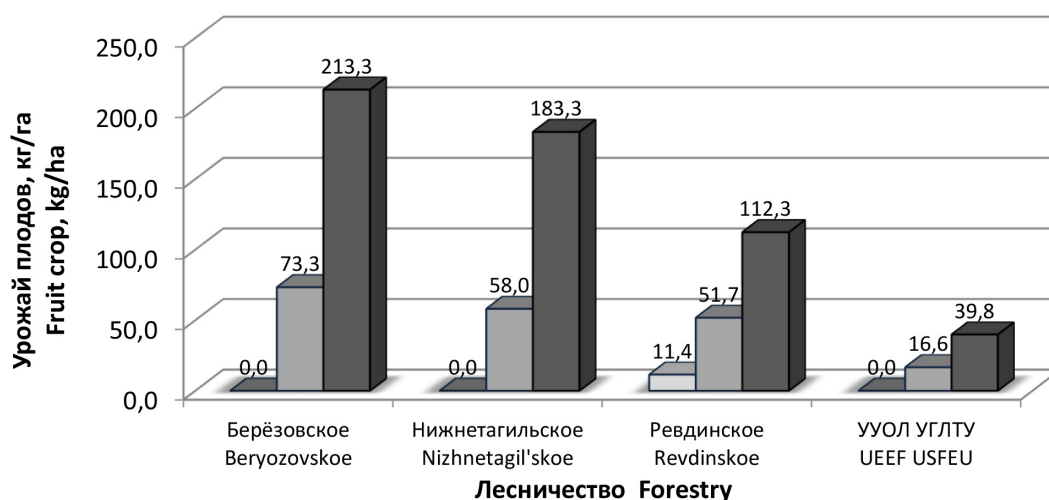


Рис. 3. Урожай плодов черники обыкновенной *Vaccinium myrtillus* L. в Сяг в год учета

Fig. 3. Fruit crop of bilberry *Vaccinium myrtillus* L. in berries pine forest in year of study

Данный показатель варьирует от 110,1 кг/га в Ревдинском лесничестве до 211,3 кг/га на территории Березовского лесничества. Согласно действующему лесорастительному районированию Российской Федерации, территория Свердловской области относится либо к подзоне северной, либо средней тайги (Об утверждении..., 2014). Установленные отличия указывают на наличие явной географической дифференциации запасов черники в рамках одного типа леса, которые не могут быть учтены в нормативно-справочных материалах, основанных на действующем лесораститель-

ном районировании. Для разработки нормативно-справочных материалов по учету запасов черники в условиях Свердловской области требуется дополнительное деление территории.

### Выводы

1. Насаждения сосняка ягодного подзоны средней тайги Свердловской области характеризуются проективным покрытием черники обыкновенной 18,1 % при биологической урожайности 54,3 кг/га (30 г на 1 м<sup>2</sup> при 100 %) и надземной фитомассой 177,5 кг/га в абсолютно сухом состоянии.

2. Порядка 31 ПП заложены в насаждениях со значительными запасами черники, из них не менее 15 имеют промысловое значение, биологическая урожайность плодов достигает 167,7–213,3 кг/га.

3. Значительная часть изучаемых насаждений характеризуется ничтожными запасами черники. Принадлежность насаждения к типу леса сосняка ягодный без учета ряда других факторов не может являться маркером наличия значимых запасов черники обыкновенной.

4. Ресурсы черники обыкновенной сосняка ягодного характеризуются заметной географической дифференциацией в рамках подзоны средней тайги Свердловской области. Актуальное лесорастительное районирование Российской Федерации недостаточно учитывает географические различия для разработки нормативно-справочных материалов по учету запасов черники в условиях Свердловской области. Для этих целей требуется более детальное разделение территории внутри подзоны средней тайги Свердловской области.

### Список источников

- Бунькова Н. П., Залесов С. В., Залесова Е. С. Основы фитомониторинга. 3-е изд., доп. и перераб. Екатеринбург, 2020. 90 с.
- Воеводина К. И. Урожайность черники обыкновенной в условиях Удмуртской Республики // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК : матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. году науки и технологии в России, Ижевск, 24–26 февраля 2021 г. Т. I. Ижевск : Ижев. гос. с.-х. акад., 2021. С. 214–218.
- Гайворонская А. А., Поденок Р. А. Урожайность черники обыкновенной в Дубровском участковом лесничестве // Биологические науки и биоразнообразие : матер. I науч.-практ. конф. с междунар. участием студентов и молодых ученых, Киров, 27–29 октября 2021 г. Киров : Вятск. гос. агротехнол. ун-т, 2021. С. 89–91.
- Годовалов Г. А., Залесов С. В., Коростелев А. С. Недревесная продукция леса. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт, 2018. 351 с.
- Грязькин А. В., Ковалев Н. В., Кудинов А. А. Ресурсный потенциал черники по типам леса // Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока : матер. Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 75-летию образования Дальневосточного науч.-исслед. ин-та лесн. хоз-ва, Хабаровск, 01–03 октября 2014 года. Хабаровск : Федеральное бюджетное учреждение «Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», 2014. С. 133–136.
- Грязькин А. В., Корчагов С. А., Грибов С. Е. Потенциальные ресурсы лесных ягод в Вологодской области // The Scientific Heritage. 2020. № 45. С. 20–24.
- Динамика урожайности плодов *Vaccinium myrtillus* L. в ельниках северо-востока европейской России / Н. Ю. Егорова, Т. Л. Егошина, А. В. Ярославцев [и др.] // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения : матер. II Междунар. науч.-практ. конф., Киров, 27–31 мая 2019 г. Киров : Вятск. гос. ун-т, 2019. С. 264–267.
- Егорова Н. Ю. Онтогенетические тактики *Vaccinium myrtillus* L. в лесных экосистемах южно-таежной подзоны (Кировская область) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : матер. XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Киров, 03–05 декабря 2018 г. Кн. 2. Киров : Вятск. гос. ун-т, 2018. С. 20–24.
- Егорова Н. Ю., Пестрикова Е. С. Оценка эколого-ценотических параметров различных типов местообитаний *Vaccinium myrtillus* L. в пределах южно-таежных лесных экосистем (Кировская область) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : матер. XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Киров, 18 ноября 2020 г. Киров : Вятск. гос. ун-т, 2020. С. 180–183.

- Егошина Т. Л. Недревесные растительные ресурсы России. М. : НИА-Природа, 2005. 80 с.
- Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск, 1973. 176 с.
- Коростелев А. С., Залесов С. В., Годовалов Г. А. Недревесная продукция леса : учебник. Екатеринбург : УГЛТУ, 2010. 480 с.
- Курлович Л. Е., Косицын В. Н. Таксационный справочник по лесным ресурсам России (за исключением древесины). Пушкино : Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, 2018. 282 с.
- Мальшиева М. С., Самсонова И. В. Основные направления развития рынка недревесных пищевых ресурсов леса в Республике Саха (Якутия) // Вестник Алтайск. акад. экономики и права. 2022. № 3–2. С. 224–234.
- Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации : приказ Мин-ва природн. ресурсов и экологии № 367 от 18.08.2014. URL: <https://base.garant.ru/> (дата обращения : 12.05.2024).
- Особенности экологии черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L. 1753) в условиях радионуклидного загрязнения Брянской области / А. П. Тележенков, Ц. Ц. Сдобоев, М. В. Щукин [и др.] // Достижения и перспективы в сфере производства и переработки сельскохозяйственной продукции : матер. Нац. науч.-практ. конф. (10 декабря 2020 г.), Майский, 10 декабря 2020 г. Майский : Белгород. гос. аграрн. ун-т им. В. Я. Горина, 2020. С. 117–120.
- Панин И. А., Белов Л. А. Определение ресурсов дикорастущих пищевых и лекарственных растений : учеб. пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. 87 с.
- Сербин А. Г. Медицинская ботаника : учебник для студентов вузов. Харьков : Золотые страницы, 2003. 364 с.
- Торопова Е. В., Старицын В. В. Продуктивность черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.) в экотонной зоне вырубки // Проблемы обеспечения экологической безопасности и устойчивое развитие арктических территорий : сб. матер. Всерос. конф. с междунар. участием. II Юдахинские чтения, Архангельск, 24–28 июня 2019 г. / отв. ред. И. Н. Болотов. Архангельск : ОМ-медиа, 2019. С. 407–412.

## References

- Bunkova N. P., Zalesov S. V., Zalesova E. S. Fundamentals of phytomonitoring. 3rd edition, supplemented and revised by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. Yekaterinburg : Ural State Forest University, 2020. 90 p.
- Dynamics of the yield of *Vaccinium myrtillus* L. fruits in the spruce forests of the North-East of European Russia / N. Yu. Egorova, T. L. Egoshina, A. V. Yaroslavtsev [et al.] // Conservation of forest ecosystems : problems and solutions : Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference, Kirov, May 27–31, 2019. Kirov : Vyatka State University, 2019. P. 264–267. (In Russ.)
- Egorova N. Yu. Ontogenetic tactics of *Vaccinium myrtillus* L. in forest ecosystems of the South taiga subzone (Kirov region) // Biodiagnostics of the state of natural and natural-technogenic systems : Materials of the XVI All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Kirov, December 03–05, 2018. Vol. 2. Kirov : Vyatka State University, 2018. P. 20–24. (In Russ.)
- Egorova N. Yu., Pestrikova E. S. Assessment of ecological and cenotic parameters of various types of *Vaccinium myrtillus* L. habitats within the South taiga forest ecosystems (Kirov region) // Biodiagnostics of the state of natural and natural-man-made systems : materials of the XVIII All-Russian Scientific and practical conference with international participation, Kirov, November 18, 2020 of the year. Kirov : Vyatka State University, 2020. P. 180–183. (In Russ.)

- Egoshina T. L.* Non-wood plant resources of Russia. Moscow : NIA-Nature, 2005. 80 p.
- Features of the ecology of blueberries (*Vaccinium myrtillus* L. 1753) in the conditions of radionuclide pollution of the Bryansk region / *A. P. Telzenkov, Ts. Ts. Sodboev, M. V. Shchukin* [et al.] // Achievements and prospects in the field of production and processing of agricultural products: Materials of the national scientific and practical conference (10 december 2020), May, December 10, 2020. Maysky : Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, 2020. P. 117–120. (In Russ.)
- Gaivoronskaya A. A., Podenok R. A.* The yield of blueberries grown in the Dubrovsky district forestry // Biological sciences and biodiversity : Materials of the I scientific and practical conference with international participation of students and young scientists, Kirov, October 27–29, 2021. Kirov : Vyatka State Agrotechnological University, 2021. P. 89–91. (In Russ.)
- Godovalov G. A., Zalesov S. V., Korostelev A. S.* Non-timber forest production 4th ed., reprint. and an additional edition. Yurait, 2018. 351 p.
- Gryazkin A. V., Korchagov S. A., Gribov S. E.* Potential resources of wild berries in the Vologda region // The Scientific Heritage. 2020. № 45. P. 20–24. (In Russ.)
- Gryazkin A. V., Kovalev N. V., Kudinov A. A.* The resource potential of blueberries by forest types // Problems of sustainable forest management in Siberia and the Far East : Materials of the All-Russian conference with international participation dedicated to the 75th anniversary of the formation of the Far Eastern Scientific Research Institute of Forestry, Khabarovsk, October 01–03, 2014 of the year. Khabarovsk : Federal Budgetary Institution „Far Eastern Scientific Research Institute of Forestry“, 2014. P. 133–136. (In Russ.)
- Kolesnikov B. P., Zubareva R. S., Smolonogov E. P.* Forest growing conditions and types of forests in the Sverdlovsk region. Sverdlovsk, 1973. 176 p.
- Korostelev A. S., Zalesov S. V., Godovalov G. A.* Non-timber forest products : textbook. Yekaterinburg : UGLTU, 2010. 480 p.
- Kurlovich L. E., Kositsyn V. N.* Taxational handbook on forest resources of Russia (except wood). Pushkino : All-Russian Scientific Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization, 2018. 282 p.
- Malysheva M. S., Samsonova I. V.* The main directions of development of the market of non-wood forest food resources in the Republic of Sakha (Yakutia) // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2022. № 3–2. P. 224–234. (In Russ.)
- On approval of the List of forest areas of the Russian Federation and the List of forest areas of the Russian Federation / Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology № 367 dated 18.08.2014. URL: <https://base.garant.ru/> (accessed 05.12.2024) (In Russ.)
- Panin I. A., Belov L. A.* Determining the resources of wild food and medicinal plants : a textbook. Yekaterinburg : Ural State Technical University, 2022. 87 p.
- Serbin A. G.* Medical Botany : textbook for university students. Kharkiv : Golden Pages, 2003. 364 p.
- Toropova E. V., Staritsyn V. V.* Productivity of common blueberries (*Vaccinium myrtillus* L.) in the ecotone cutting zone // Problems of ensuring environmental safety and sustainable development of Arctic territories : a collection of materials of the All-Russian conference with international participation II Yudakhin readings, Arkhangelsk, June 24–28, 2019 / The responsible editor is I. N. Bolotov. Arkhangelsk : OM-media, 2019. P. 407–412. (In Russ.)
- Voevodina K. I.* Productivity of blueberries in the conditions of the Udmurt Republic // Technological trends of sustainable functioning and development of agriculture : materials of the International scientific and practical conference dedicated to the Year of Science and technology in Russia, Izhevsk, February 24–26, 2021. Vol. I. Izhevsk : Izhevsk State Agricultural Academy, 2021. P. 214–218. (In Russ.)



## ***Информация об авторах***

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

*Ю. А. Аржанников – аспирант.*

## ***Information about the authors***

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

*Yu. A. Arzhannikov – postgraduate student.*

*Статья поступила в редакцию 13.03.2024; принята к публикации 27.05.2024.*

*The article was submitted 13.03.2024; accepted for publication 27.05.2024.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 36–42.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 36–42.

Научная статья

УДК 630\*624.4

DOI: 10.51318/FRET.2024.55.99.004

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРЕВЬЕВ ОСИНЫ НА ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Тимур Анатольевич Беляев<sup>1</sup>, Зуфар Ягфарович Нагимов<sup>2</sup>,  
Ирина Владимировна Шевелина<sup>3</sup>, Куаныш Базарович Абишев<sup>4</sup>,  
Анастасия Владимировна Демидова<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

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

**Аннотация.** Статья посвящена обоснованию возможности использования математико-статистических методов, на которых основывается государственная инвентаризация лесов (ГИЛ), для оценки таксационной структуры древостоев и разработки лесочетных нормативов. Установлено, что осина встречается в 23 лесных стратах, выделенных по Единой схеме стратификации лесов Российской Федерации. В наибольшей степени она представлена в 28-й (мягколиственные спелые и перестойные среднепроизводительные насаждения) и 37-й (мягколиственные спелые и перестойные высокопроизводительные насаждения) стратах. В данных стратах таксационные показатели деревьев осины (диаметр, высота и возраст) характеризуются повышенной или высокой изменчивостью. Наибольшим варьированием (35,8 %) отличается высота деревьев в 28-й страте, а наименьшим – их возраст в этой же страте. Расчетные величины коэффициента вариации по всем показателям имеют реальный смысл и могут использоваться при обосновании математико-статистических условий применения выборочных методов. В целом информация, получаемая на ПП ГИЛ, может служить надежной основой при разработке лесотаксационных нормативов.

**Ключевые слова:** осина обыкновенная, Пермский край, государственная инвентаризация лесов, изменчивость таксационных показателей

**Для цитирования:** Изменчивость таксационных показателей деревьев осины на пробных площадях государственной инвентаризации лесов в условиях Пермского края / Т. А. Беляев, З. Я. Нагимов, И. В. Шевелина [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 36–42.

Scientific article

## VARIABILITY OF THE TAXATION INDICATORS OF ASPEN TREES ON THE TRIAL AREAS OF THE STATE FOREST INVENTORY IN THE CONDITIONS OF THE PERM REGION

Timur A. Belyaev<sup>1</sup>, Zufar Ya. Nagimov<sup>2</sup>, Irina V. Shevelina<sup>3</sup>,  
Kuanysh B. Abishev<sup>4</sup>, Anastasia V. Demidova<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

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

**Abstract.** The article is devoted to substantiating the possibility of using mathematical and statistical methods, on which the state forest inventory (GIL) is based, to assess the taxation structure of stands and the development of forest accounting standards. It is established that aspen occurs in 23 forest strata allocated according to the Unified Scheme of stratification of forests of the Russian Federation. To the greatest extent, it is represented in 28 (Soft-leaved ripe and over-ripe medium-productive plantings) and 37 (Soft-leaved mature and over-leaved high-performance plantings) strata. In these strata, the taxation indicators of aspen trees (diameter, height and age) are characterized by increased or high variability. The height of trees in the 28th stratum differs the most (35.8 %), and their age in the same stratum differs the least. The calculated values of the coefficient of variation for all indicators have a real meaning and can be used to justify the mathematical and statistical conditions for the use of sampling methods. In general, the information obtained on the PP GIL can serve as a reliable basis for the development of forest taxation standards.

**Keywords:** scots pine, Perm Krai, state forest inventory, variability of taxation indicators

**For citation:** Variability of the taxation indicators of aspen trees on the trial areas of the state forest inventory in the conditions of the Perm region / T. A. Belyaev, Z. Ya. Nagimov, I. V. Shevelina [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 36–42.

### Введение

На современном этапе важнейшими задачами лесной науки являются создание актуальной информационной базы о состоянии и структуре лесов и разработка корректных лесохозяйственных и лесооценочных нормативов с учетом природно-экономических условий регионов. Корректное решение этих задач невозможно без учета происходящих изменений в структуре лесного фонда.

В лесном фонде Пермского края в последние десятилетия существенно возросла площадь осиновых насаждений. По нашим данным, осинники среди мягколиственных пород занимают второе место по площади с удельным весом 13,7 % (Ретроспективный анализ..., 2019). Способность размножаться и семенами и корневыми отпры-

сками, высокие темпы роста, умеренная требовательность к лесорастительным условиям делают осину одной из перспективных лесобразующих пород в Пермском крае. В то же время в таксационном отношении она в регионе остается слабоизученной. На наш взгляд, перспективным подходом при оценке таксационной структуры осинников и составлении лесоучетных нормативов для них может являться использование данных, определяемых при государственной инвентаризации лесов (ГИЛ). Для установления возможности их применения как экспериментальной основы таксационных исследований необходим всесторонний анализ информации, получаемой на пробных площадях (ПП) ГИЛ (Бурков, Выводцев, 2017; Оценка однородности..., 2021).

### Цель, задача, методика и объекты исследований

Основная цель работы – оценка изменчивости таксационных показателей деревьев осины по данным пробных площадей ГИЛ для определения степени однородности выделенных лесных страт и корректности получаемой информации при проведении данного мероприятия.

Объектом исследования явились деревья осины обыкновенной (*Pópusulus trémula* L.) на ПП ГИЛ. ПП заложены на территории семи лесничеств: Сивинского, Кудымкарского, Березниковского, Юсьвинского, Закамского, Добрянского и Пермского. Они расположены в южно-таежном районе Пермского края. Осина встречается в 23 лесных стратах, выделенных в пределах указанных лесничеств в соответствии с методическими рекомендациями по проведению государственной инвента-

ризации лесов (Об утверждении Порядка... 2021). Количество деревьев осины на ПП существенно различается по стратам. Их доля в общем количестве деревьев по выделенным стратам колеблется от 0,2 до 16,4 % (табл. 1). В наибольшей степени осина представлена в 28-й (мягколиственные спелые и перестойные среднепроизводительные насаждения) и 37-й (мягколиственные спелые и перестойные высокопроизводительные насаждения) стратах. На 174 круговых ПП обмерены 458 деревьев осины. Полевые работы по закладке ПП проводились сотрудниками Пермского филиала ФГБУ «Рослесинфорг» с участием одного из авторов настоящей статьи. Математико-статистическая обработка экспериментального материала проводилась средствами статистико-графической системы Statistica 10.

Таблица 1  
Table 1

Распределение количества ПП и деревьев осины по лесным стратам  
Distribution of the number of sample areas and aspen trees by forest strata

№ страты № stratum	Название страт Name of stratum	Количество ППП Number of PTA	Количество деревьев Number of the trees	
			шт. pcs.	%
2	Молодняки естественного происхождения A young stand of natural origin	16	42	9,2
3	Молодняки искусственного происхождения A young stand of artificial origin	14	33	7,2
5	Светлохвойные средневозрастные среднепроизводительные Light coniferous medium-aged medium-productive stands	1	3	0,7
7	Светлохвойные приспевающие высокопроизводительные Light coniferous mature high-performance stands	1	1	0,2
11	Светлохвойные спелые и перестойные среднепроизводительные Light coniferous ripe and over-ripe medium-productive stands	1	1	0,2
13	Темнохвойные средневозрастные высокопроизводительные Dark coniferous medium-aged high-performance stands	20	40	8,7
15	Темнохвойные средневозрастные низкопроизводительные Dark coniferous medium-aged low-productivity stands	0	7	1,5
16	Темнохвойные приспевающие высокопроизводительные Dark coniferous mature high-performance stands	4	8	1,7
17	Темнохвойные приспевающие среднепроизводительные Dark coniferous mature medium-productive stands	5	13	2,8
19	Темнохвойные спелые и перестойные высокопроизводительные Dark coniferous ripe and overgrown high-performance stands	2	1	0,2
20	Темнохвойные спелые и перестойные среднепроизводительные Dark coniferous ripe and over-ripe medium-productive stands	10	14	3,1

*Окончание табл. 1  
The end of table 1*

№ страты № stratum	Название страт Name of stratum	Количество ППП Number of PTA	Количество деревьев Number of the trees	
			шт. pcs.	%
22	Мягколиственные средневозрастные высокопроизводительные Soft-leaved medium-aged high-performance stands	7	27	5,9
23	Мягколиственные средневозрастные среднепроизводительные Soft-leaved medium-aged medium-productive stands	1	5	1,1
25	Мягколиственные приспевающие высокопроизводительные Soft-leaved mature high-performance stands	6	26	5,7
26	Мягколиственные приспевающие среднепроизводительные Soft-leaved mature medium-productive stands	1	3	0,7
28	Мягколиственные спелые и перестойные среднепроизводительные Soft-leaved ripe and over-ripe medium-productive stands	1	64	14,0
29	Мягколиственные спелые и перестойные среднепроизводительные Soft-leaved ripe and over-ripe medium-productive stands	1	6	1,3
31	Мелколиственные средневозрастные высокопроизводительные Small-leaved medium-aged high-performance stands	13	31	6,8
32	Мелколиственные средневозрастные среднепроизводительные Small-leaved medium-aged medium-productive stands	3	16	3,5
34	Мелколиственные приспевающие высокопроизводительные Small-leaved mature high-performance stands	16	27	5,9
35	Мелколиственные приспевающие среднепроизводительные Small-leaved mature medium-productive stands	2	1	0,2
37	Мелколиственные спелые и перестойные высокопроизводительные Small-leaved ripe and overgrown high-performance stands	33	75	16,4
38	Мелколиственные спелые и перестойные среднепроизводительные Small-leaved ripe and overgrown medium-productive stands	9	14	3,1
	Итого Total	174	458	4,4

### Результаты и их обсуждение

Государственная инвентаризация лесов базируется на выборочном методе исследований в соответствии с законами математической статистики и теории вероятностей. Однородность лесных страт определяется по величине коэффициентов вариации запасов. Для обоснования возможности применения данных, полученных на ПП ГИЛ, для разработки нормативно-справочных материалов целесообразно оценить изменчивость и других важных таксационных показателей. К ним в первую очередь следует отнести возраст, диаметр и высоту деревьев. Исследования варьирования данных таксационных характеристик деревьев осины проводились в 28-й и 37-й стратах, в которых данная порода имеет наибольшую представленность. Результаты их показаны в табл. 2.

Приступая к анализу материалов табл. 2, следует отметить, что точность опыта соответствует самым строгим требованиям. Достоверность средних значений всех трех показателей в обоих стратах подтверждается на 5 %-ном уровне значимости ( $t_{факт} > t_{0,05}$ ). Величина  $t_{0,05}$  устанавливалась по таблице значений  $t$ -критерия Стьюдента при соответствующем числе степеней свободы (Рокицкий, 1973).

В 28-й страте значение коэффициента вариации диаметра стволов составляет 28,8 %. Сопоставление его с данными шкалы изменчивости количественных признаков растений С.А. Мамаева (1973) позволяет констатировать уровень варьирования этого показателя в пределах рассматриваемой лесной страты как повышенный (от 20 до 30 %). Изменчивость высот деревьев



Таблица 2  
Table 2

Статистические показатели распределения деревьев осины по таксационным показателям  
в разрезе лесных страт  
Statistical indicators of aspen tree distribution by forest stratum

Анализируемые показатели Analyzed indicators	Статистики анализируемых показателей Statistics of the analyzed indicators				
	Объем выборки Number of observations	Среднее значение Average value	Достоверность среднего Reliability of the mean	Коэффициент вариации Coefficient of variation	Точность опыта Accuracy of experience
37-я страта мелколиственные спелые и перестойные высокопроизводительные 37 <sup>th</sup> strata are small-leaved ripe and overgrown high-productive					
D, см D, cm	75	31,5±1,1	28,1	30,9	3,6
H, м H, m	75	25,4±0,7	34,6	25,0	2,9
A, лет A, years	75	65±2,0	32,2	26,9	3,1
28-я страта мягколиственные спелые и перестойные среднепроизводительные 28 <sup>th</sup> strata soft-leaved ripe and over-ripe average productive					
D, см D, cm	64	29,1±1,1	27,8	28,8	3,6
H, м H, m	64	23,0±1,0	22,4	35,8	4,5
A, лет A, years	64	62,1±1,8	35,4	22,6	2,8

в данной страте несколько выше, чем их диаметров. По величине коэффициента вариации (35,8 %) уровень изменчивости показателя по указанной шкале является высоким (от 31 до 40 %). Наименьшей изменчивостью в 28-й страте характеризуется возраст деревьев. Коэффициент вариации этого показателя составляет 22,6 %, а уровень его варьирования характеризуется как повышенный.

Примерно такой же изменчивостью таксационных показателей характеризуются деревья осины в 37-й лесной страте. Здесь уровень варьирования диаметра (коэффициент вариации 30,9 %) оценивается как высокий, а высоты (25,0 %) и возраста (26,9 %) – как повышенный.

В целом приведенные материалы свидетельствуют, что изменчивость таксационных показателей деревьев осины (диаметра, высоты и возраста) не на много выше их изменчивости в отдельно взятых спелых и перестойных древостоях. Это является показателем достаточной однородности ана-

лизируемых страт. Считается, что коэффициент вариации, не превышающий 50 %, имеет реальный смысл и может использоваться при обосновании математико-статистических условий применения выборочных методов (Митропольский, 1969).

**Выводы**

В лесном фонде Пермского края в последние десятилетия неуклонно возрастают площади осиновых насаждений. Осина встречается в 23 лесных стратах. Однако в таксационном отношении эта порода в рассматриваемом регионе слабо изучена. При оценке таксационной структуры осинников и составлении лесоучетных нормативов для них могут успешно использоваться данные, получаемые при государственной инвентаризации лесов. В лесных стратах с наибольшей представленностью осины (в 28-й и 37-й) основные таксационные показатели деревьев данной породы (диаметр, высота и возраст) характеризуются повышенной

или высокой изменчивостью, несущественно превышающей изменчивость их в отдельно взятых спелых и перестойных древостоях. Расчетные величины коэффициента вариации имеют реальный смысл и могут использоваться при обосновании математико-статистических условий применения выборочных методов. В целом можно сделать заключение, что информация, получаемая на ПП ГИЛ, может служить основой при разработке лесотаксационных нормативов.

### Список источников

- Бурков А. В., Выводцев Н. В.* Оценка продуктивности осиновых древостоев по данным Государственной инвентаризации лесов // Ученые заметки ТОГУ. 2017. Т. 8. № 1. С. 173–177.
- Мамаев С. А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М. : Наука, 1973. 284 с.
- Митропольский А. К.* Элементы математической статистики. Л. : ЛТА, 1969. 275 с.
- Об утверждении Порядка проведения государственной инвентаризации лесов : приказ Мин-ва природн. ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.09.2021 № 686 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/727092651> (дата обращения: 05.06.2023).
- Оценка однородности выделенных в лесопарках Екатеринбурга лесных страт / *Ю. С. Коломенцева, А. А. Корелина, Е. И. Окунцева* [и др.] // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XVII Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. студ. и аспирантов. Екатеринбург, 2021. С. 281–283.
- Ретроспективный анализ изменений площадей насаждений различных пород в лесном фонде Пермского края / *Т. А. Беляев, З. Я. Нагимов, И. В. Шевелина, В. А. Шерстнев* // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 4 (71). С. 10–17.
- Рокицкий П. Ф.* Биологическая статистика : учеб. пособие для биол. фак-тов ун-тов. Минск : Вышэйш. шк., 1973. 320 с.

### References

- Assessment of the homogeneity of forest strata identified in the forest parks of Yekaterinburg / *J. S. Colomentseva, A. A. Korelina, E. I. Okuntseva* [et al.] // Scientific Creativity of Youth to the Forestry Complex of Russia : materials of the XVII All-Russian (national) scientific and technical conference of undergraduate and postgraduate students. Yekaterinburg, 2021. P. 281–283. (In Russ.)
- Burkov A. V., Vyvodtsev N. V.* Assessment of productivity of aspen stands according to the State Forest Inventory // Academic notes from PNU. 2017. Vol. 8. № 1. P. 173–177. (In Russ.)
- Mamaev S. A.* Forms of intraspecific variability in Woody Plants (using the Pinaceae family in the Urals as an Example). Moscow : Science, 1973. 284 p.
- Mitropolsky A. K.* Elements of mathematical statistics. Leningrad : LTA, 1969. 275 p.
- On Approval of the Procedure for State Forest Inventory : Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation № 686 dated 27.09.2021 // Electronic Fund of Legal and Regulatory and Technical Documents. URL: <https://docs.cntd.ru/document/727092651> (accessed 05.06.2023).
- Retrospective analysis of changes in the areas of plantations of different species in the forest fund of Perm region / *T. A. Belyaev, Z. Ya. Nagimov, I. V. Shevelina, V. A. Sherstnev* // Forests of Russia and economy in them. 2019. № 4 (71). P. 10–17. (In Russ.)
- Rokitsky P. F.* Biological Statistics : textbook for biological faculties of universities. Minsk : Vysheishaya shkola, 1973. 320 p.

**Информация об авторах**

*Т. А. Беляев – аспирант,*

belyaev@roslesperm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5154-3983>

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

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

*И. В. Шевелина – кандидат сельскохозяйственных наук,*

shevelinaiv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8352-558X>

*К. Б. Абишев – бакалавр,*

kuanysh1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1073-8626>

*А. В. Демидова – бакалавр,*

dnastay03@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3531-175X>

**Information about the authors**

*T. A. Belyaev – graduate student,*

belyaev@roslesperm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5154-3983>

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

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

*I. V. Shevelina – Candidate of Agricultural Sciences,*

shevelinaiv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8352-558X>

*K. B. Abishev – bachelor,*

kuanysh1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1073-8626>

*A. V. Demidova – bachelor, dnastay03@gmail.com,*

<https://orcid.org/0000-0003-3531-175X>

*Статья поступила в редакцию 06.06.2023; принята к публикации 10.07.2023.*

*The article was submitted 06.06.2023; accepted for publication 10.07.2023.*

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 43–55.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 42–54.

Научная статья

DOI: 10.51318/FRET.2024.57.69.005

УДК 630\*5

## ОБРАЗУЮЩАЯ И ОБЪЕМ НИЖНЕЙ ЧАСТИ СТВОЛОВ В СПЕЛЫХ КУЛЬТУРАХ СОСНЫ РАЗЛИЧНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Николай Николаевич Дубенок<sup>1</sup>, Александр Вячеславович Лебедев<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева,  
Москва, Россия

<sup>1</sup> ndubenok@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>

<sup>2</sup> alebedev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8939-942X>

**Аннотация.** В настоящее время продолжает оставаться нераскрытым вопрос о влиянии происхождения лесных культур на форму нижней части стволов. Целью исследования являлись выявление особенностей образующей и определение объема древесины нижней части стволов в спелых культурах сосны различного географического происхождения. Объект исследования – спелые насаждения в лесных культурах сосны Лесной опытной дачи Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К. А. Тимирязева. В исследовании использованы данные обмера 180 модельных деревьев на 15 постоянных пробных площадях. Регионы происхождения семян, из которых выращены лесные культуры, сгруппированы в 4 категории: северный (Вологодская обл.), центральный (г. Москва, Московская обл., Владимирская обл., Костромская обл., г. Рига) и южный (Тамбовская обл., Липецкая обл.) лесосеменные районы и Германия (г. Эрфурт). Анализ экспериментальных материалов выполнен с использованием нелинейного регрессионного анализа и нелинейных моделей смешанных эффектов. По данным обмеров модельных деревьев в спелых культурах сосны выявлено, что по возрастанию величины относительного сбega и объема древесины комлевой части ствола районы происхождения семян ранжируются следующим образом: северный, центральный, южный, Германия. Для прогнозирования относительного сбega по высоте пня и для перехода от диаметра пня к диаметру на высоте 1,3 м предложены эмпирические модели с учетом географического происхождения культур сосны. Средняя абсолютная ошибка определения относительного сбega нижней части ствола по полученной регрессионной модели смешанных эффектов не превышает 3,5 %.

**Ключевые слова:** нижняя часть ствола, образующая ствола, лесные культуры, географическое происхождение лесных культур

**Финансирование:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-01016, <https://rscf.ru/project/23-76-01016/>

**Для цитирования:** Дубенок Н. Н., Лебедев А. В. Образующая и объем нижней части стволов в спелых культурах сосны различного географического происхождения // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 43–55.

Scientific article

## THE SHAPE AND VOLUME OF THE LOWER PART OF TRUNKS IN MATURE PINE PLANTATIONS OF DIFFERENT GEOGRAPHICAL ORIGINS

Nikolay N. Dubenok<sup>1</sup>, Aleksandr V. Lebedev<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

<sup>1</sup> ndubenok@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>

<sup>2</sup> alebedev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8939-942X>

**Abstract.** At present, the question of the influence of the origin of forest plantations on the shape of the lower part of the trunks continues to remain unsolved. The purpose of the study was to identify the characteristics of the shape and determine the volume of wood in the lower part of the trunks in mature pine plantations of various geographical origins. The object of the study is mature stands in forest pine plantations of the Forest Experimental Station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. The study used measurement data from 180 model trees on 15 permanent trial plots. The regions of origin of seeds from which forest plantations are grown are grouped into 4 categories: northern (Vologda region), central (Moscow, Moscow region, Vladimir region, Kostroma region, Riga) and southern (Tambov region, Lipetsk region) forest seed areas and Germany (Erfurt). The analysis of experimental materials was performed using nonlinear regression analysis and nonlinear mixed effects models. Based on measurements of model trees in mature pine plantations, it was revealed that according to the increasing value of the relative slope and the volume of wood in the butt part of the trunk, the regions of seed origin are ranked as follows: northern, central, southern, Germany. To predict the relative slope along the height of the stump and for the transition from the diameter of the stump to the diameter at a height of 1,3 m, empirical models were proposed taking into account the geographical origin of pine plantations. The average absolute error in determining the relative runoff of the lower part of the trunk according to the obtained regression model of mixed effects does not exceed 3,5 %.

**Keywords:** lower part of the trunk, forming the trunk, forest plantations, geographical origin of forest plantations

**Funding:** this work has been supported by the grants the Russian Science Foundation, RSF 23-76-01016, <https://rscf.ru/project/23-76-01016/>

**For citation:** Dubenok N. N., Lebedev A. V. The shape and volume of the lower part of trunks in mature pine plantations of different geographical origins // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 43–55.

### Введение

Вопросам изучения географических культур посвящено большое количество исследований, например, выявлению особенностей роста и продуктивности (Гайфуллина, Духтанова, 2008; Равевский, 2011; Ребко, Поплавская, 2013), рядов распределения числа деревьев по толщине (Михайлова, Чернышов, 2021), фитопатологического

и санитарного состояния (Кузьмина, Кузьмин, 2007; Скрыльникова и др., 2013; Варенцова, Николаева, 2018), динамики радиального прироста деревьев (Тарасова и др., 2008; Кузьмин, 2012), определению селекционной ценности (Максимов, Марущак, 2010) и др. Несмотря на это, как отмечается в работе С. Mátyás et al. (2023), в настоящее время нет однозначного ответа, какие культуры



более целесообразны: выращенные из семян местного происхождения или из полученных в других регионах.

Форма древесного ствола, в том числе нижней части, зависит от многих факторов (Каштальянов, Вайс, 2022): биологических свойств древесной породы, лесорастительных условий, проводимых лесохозяйственных мероприятий. Ранее выполненные исследования в Красноярской лесостепи (Павлов, Барабанова, 2005) показывают, что на форму ствола оказывает влияние географическое происхождение лесных культур. При этом продолжает оставаться нераскрытым вопрос о влиянии географического происхождения культур на форму комлевой части стволов. В условиях отсутствия в России специальных лесотаксационных нормативов для определения диаметров стволов на высоте 1,3 м в зависимости от диаметров и высот пней по древесным породам (Модель сбega..., 2022), возрастающего значения комплексного учета всех древесных ресурсов и величины депонированного углерода возрастает роль исследований, направленных на изучение особенностей сбega и объема нижней части древесных стволов.

**Цель исследования** – выявление особенностей образующей и определение объема древесины нижней части стволов в спелых культурах сосны различного географического происхождения.

### Методика

#### и объекты исследования

Объектом исследования являются спелые насаждения в лесных культурах сосны Лесной опытной дачи Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К. А. Тимирязева. Культуры на постоянных пробных площадях созданы в период с 1890 по 1899 гг. под руководством М. К. Турского с начальной густотой 32 тыс. растений на 1 га (Географические культуры..., 2019; The influence..., 2021). Для выращивания посадочного материала использовались семена из г. Москвы (Лесная опытная дача), Вологодской, Костромской, Владимирской, Липецкой, Тамбовской (г. Мичуринск) областей, Латвии (г. Рига) и Германии (г. Эрфурт). В настоящее время древостои по породному составу смешанные с преобладаем

сосны, доля участия которой в формуле состава – от 60 до 90 % (табл. 1). В насаждениях пробных площадей происходит процесс замещения сосны широколиственными древесными породами: липой, кленом остролистным и дубом (Лежнев, Лебедев, 2023). Естественное возобновление хвойных древесных пород отсутствует. Средняя высота древостоев составляет от 28,9 до 32,5 м, средний диаметр – от 32,0 до 38,4 см, запас древесины – от 475 до 770 м<sup>3</sup>/га.

Для изучения особенностей формы нижней части стволов на каждой пробной площади проводился обмер 12 модельных деревьев. На стволе каждого дерева мелом отмечались высотные отметки от 0,0 до 1,3 м с градацией 0,1 м. На каждой отметке мерной вилкой Haglof проводилось измерение диаметров стволов в двух взаимно перпендикулярных направлениях, по которым вычислялось среднее значение диаметра. Также определялись относительные диаметры как отношение диаметра на заданной высоте от основания ствола к таксационному диаметру на высоте 1,3 м, выраженное в процентах. Объем нижней части стволов вычислялся по сложной формуле срединных сечений с длиной секции 0,1 м. Всего на 15 постоянных пробных площадях выполнен обмер 180 деревьев, описательные статистики по которым приведены в табл. 2.

Для моделирования кривой, задающей образующую нижней части стволов, в качестве базового уравнения использовалась функция Нартис, которая во многих исследованиях указывается как наиболее соответствующая (Вайс, 2010; Забавская, Вайс, 2016):

$$d_{rel} = \frac{10}{a_1 + a_2 h^{a_3}}, \quad (1)$$

где  $d_{rel}$  – относительный диаметр, %;

$h$  – высота ствола от основания в диапазоне от 0,0 до 1,3 м;

$a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$  – параметры уравнения.

Регионы происхождения семян, из которых выращены лесные культуры, сгруппированы в 4 категории: северный (Вологодская обл.), центральный (г. Москва, Московская обл., Владимирская обл., Костромская обл., г. Рига) и южный (Тамбовская обл., Липецкая обл.) лесосеменные районы, Германия (г. Эрфурт).

*Таблица 1*  
*Table 1*

Сводная характеристика пробных площадей в культурах сосны  
Summary characteristics of sample plots in pine plantations

Пробная площадь Trial plot	Площадь, га Area, ha	Год посадки Created year	Происхождение семян Provenance	Состав Stand composition	Возраст, лет Age, years	Средняя высота, м Mean height, m	Средний диаметр, см Quadratic mean diameter, cm	Запас, м <sup>3</sup> /га Stand volume, m <sup>3</sup> /ha
4/А	0,1357	1892	г. Москва Moscow	8С1Б1КЛО+ЛП+Д	130	31,1	32,8	717
4/Б	0,1410	1892	г. Москва Moscow	9С1ЛП+КЛО	130	31,8	34,5	720
4/В	0,1388	1892	г. Москва Moscow	7С1ЛП2КЛО	130	30,9	32,0	693
4/Д	0,1420	1892	г. Москва Moscow	9С1ЛП1КЛО	130	32,3	32,5	813
4/Е	0,1420	1892	г. Москва Moscow	9С1КЛО+ЛП+Б	130	32,5	36,5	693
4/Ж	0,0749	1890	Вологодская обл. Vologda region	7С2ЛП1КЛО	132	28,9	34,0	530
4/З	0,0627	1890	Костромская обл. Kostroma region	7С3ЛП+В+КЛО	132	31,0	33,5	554
4/И	0,0767	1890	Владимирская обл. Vladimir region	8С2ЛП+В+КЛО	132	29,9	34,1	457
4/М	0,0903	1890	г. Москва Moscow	9С1ЛП+В+КЛО	132	31,4	34,8	644
4/Н	0,0831	1890	Латвия (г. Рига) Latvia (Riga)	10С+Е+В	132	31,9	36,5	469
4/О	0,0741	1890	Германия (г. Эрфурт) Germany (Erfurt)	10С+Е+Б+В	132	32,5	37,8	770
4/Р	0,0915	1899	Владимирская обл. Vladimir region	8С2ЛП+Е+Д+КЛО	123	29,8	33,9	547
4/С	0,0751	1899	Липецкая обл. Lipetsk region	7С2Е1Б+В	123	30,4	35,6	619
4/Т	0,0749	1899	Германия (г. Эрфурт) Germany (Erfurt)	6С3Е1ЛП+В	123	31,3	36,3	667
4/У	0,0636	1899	Тамбовская обл. (г. Мичуринск) Tambov region (Michurinsk)	7С1Е2ЛП+В	123	30,4	38,4	634
4/Ф	0,0576	1899	г. Москва (Moscow)	9С1Е+В	123	30,2	35,3	475

*Примечание:* С – сосна, Е – ель, Б – береза, Д – дуб, В – вяз, КЛО – клен остролистный, ЛП – липа.  
*Note:* С – pine, Е – spruce, Б – birch, Д – oak, В – elm, КЛО – Norway maple, ЛП – linden.

Таблица 2  
Table 2

Описательные статистики таксационных показателей модельных деревьев  
Descriptive statistics of tree indicators of model trees

Высота пня, м Stump height, m	Диаметр, см Diameter, cm					Относительный диаметр, % Relative diameter, %				
	mean	std	min	max	CV, %	mean	std	min	max	CV, %
0,0	46,7	7,9	24,1	69,2	16,9	135,5	11,2	110,3	175,0	8,2
0,1	45,8	7,8	23,6	68,2	17,0	132,6	10,4	109,6	170,7	7,8
0,2	44,9	7,7	23,0	67,4	17,2	129,9	9,5	108,6	166,1	7,3
0,3	44,0	7,6	22,5	66,3	17,4	127,2	8,7	108,4	160,5	6,8
0,4	43,0	7,6	22,1	65,3	17,6	124,5	7,9	107,6	154,5	6,3
0,5	42,2	7,5	21,6	64,3	17,8	121,8	7,2	106,6	150,9	5,9
0,6	41,2	7,4	21,0	63,1	18,0	119,1	6,4	105,8	144,5	5,4
0,7	40,3	7,4	20,6	62,3	18,2	116,4	5,6	104,6	138,6	4,8
0,8	39,4	7,3	20,2	61,2	18,5	113,8	4,7	103,4	131,8	4,1
0,9	38,5	7,3	19,8	60,1	18,8	111,1	3,8	102,7	125,5	3,5
1,0	37,7	7,2	19,3	59,2	19,1	108,4	3,1	102,4	120,0	2,8
1,1	36,8	7,2	19,0	58,3	19,5	105,7	2,2	101,4	116,4	2,0
1,2	35,8	7,2	18,5	57,3	20,0	103,0	1,2	100,8	108,9	1,2
1,3	34,8	7,1	18,0	56,1	20,5	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0

*Примечание:* mean – средняя арифметическая, std – среднеквадратическое отклонение, min – минимальное значение, max – максимальное значение, CV – коэффициент вариации.

*Note:* mean – arithmetic mean, std – standard deviation, min – minimum value, max – maximum value, CV – coefficient of variation.

Влияние региона происхождения семян, из которых выращены лесные культуры, выявлялось с использованием нелинейной модели смешанных эффектов (Лебедев, Кузьмичев, 2021) на основе функции Harris:

$$d_{rel} = \frac{10}{(a_1 + \alpha_{1i}) + (a_2 + \alpha_{2i}) h^{(a_3 + \alpha_{3i})}} + \varepsilon_i, \quad (2)$$

где  $d_{rel}$  – относительный диаметр для выборки  $i$ , %;  
 $h$  – высота ствола от основания в диапазоне от 0,0 до 1,3 м для выборки  $i$ ;

$a_1, a_2$  и  $a_3$  – параметры уравнения;

$\alpha_{1i}, \alpha_{2i}$  и  $\alpha_{3i}$  – вектор случайных эффектов для отдельного региона  $i$ , имеющий нормальное распределение с нулевым средним и стандартным отклонением  $\sigma_{\alpha_i}$ ;

$\varepsilon_i$  – вектор остатков, имеющий нормальное распределение с нулевым средним и стандартным отклонением  $\sigma$ .

Для сравнения обобщающей способности модели смешанных эффектов с моделью фиксированных эффектов применялся тест отношения правдоподобия (при  $p = 0,05$ ). Оценка качества регрессионных моделей выполнялась с использованием следующих показателей качества (Lebedev, Kuzmichev, 2020): квадратный корень из среднеквадратической ошибки (RMSE), средний абсолютный процент ошибки (MAPE), информационные критерии Акаике (AIC) и Байеса (BIC). Проверка гипотезы о статистической значимости оценок параметров уравнений проводилась при помощи  $t$ -теста (при  $p = 0,05$ ). Анализ экспериментальных данных выполнен в среде статистических вычислений R 3.6.3 + lme4 1.1.

**Результаты и их обсуждение**

Оценки моделей фиксированных и смешанных эффектов представлены в табл. 3. Модель фиксированных эффектов передает зависимость относительных диаметров от высоты без учета региональных особенностей происхождения семян. Добавление случайных эффектов на уровне географического происхождения по четырем районам улучшило метрики качества по сравнению с моделью фиксированных эффектов: RMSE уменьшился на 5,6, MAPE – на 5,9, AIC – на 1,5 и BIC – на 1,4 %. Все оценки параметров фиксированной части моделей являются статистически значимыми ( $p < 2e - 16$ ). Тест отношения правдоподобия показал (L. Ratio = 289,7,  $p < 0,001$ ), что модель смешанных эффектов с учетом региона происхождения семян достоверно обладает лучшей обобщающей способностью, чем классическая модель фиксированных эффектов. Таким

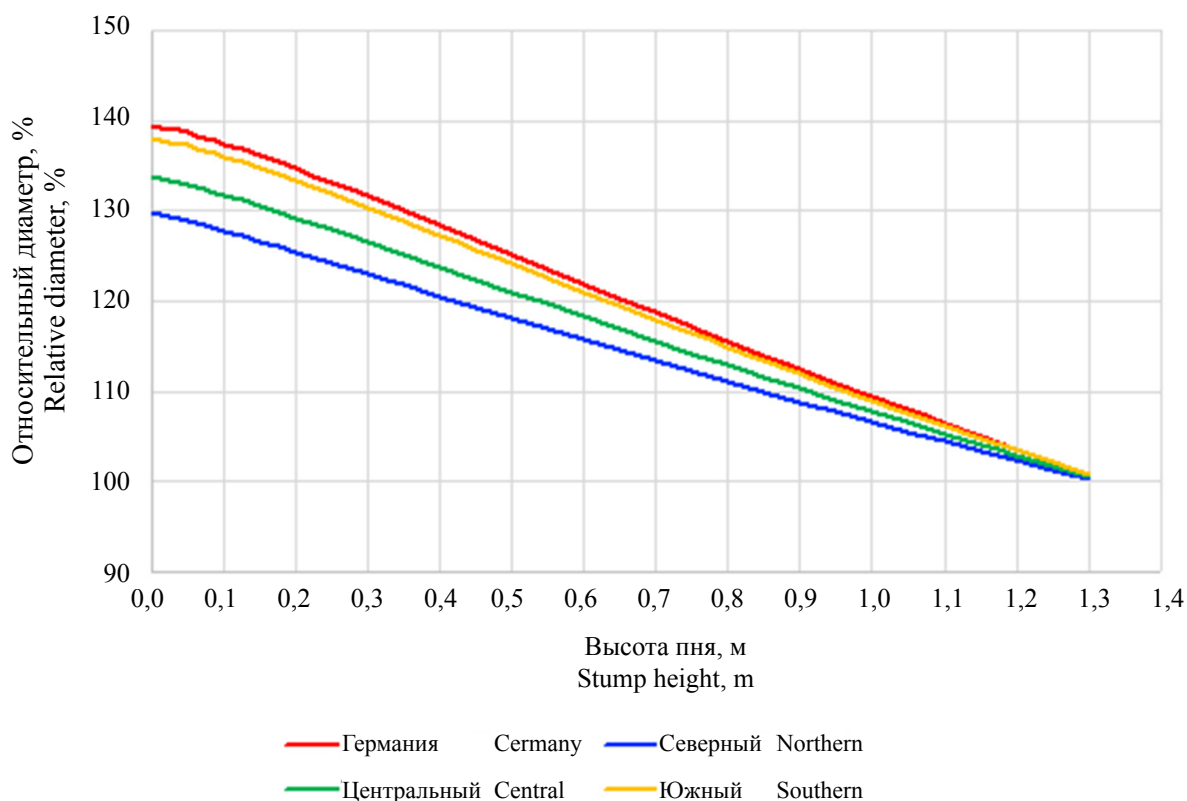
образом, региональные особенности семян сосны оказывают достоверное влияние на образующую нижнюю часть стволов.

На рисунке показана графическая визуализация зависимости относительных диаметров от высоты пня для различных районов происхождения. По величине относительных диаметров районы ранжируются следующим образом (от меньших к большим): северный, центральный, южный и Германия. По модели для северного района на нулевом срезе относительный диаметр составляет 129, для центрального – 134, для южного – 138 и для Германии – 139 %. При движении районов происхождения от севера к югу наблюдается увеличение относительного сбega нижней части ствола. На пробных площадях южного происхождения нижняя часть стволов сосны является более закомелистой, чем на участках северного происхождения.

Таблица 3  
Table 3

Итоговые оценки для моделей фиксированных и смешанных эффектов  
Final estimates for fixed and mixed effects models

Параметр Parameter	Оценка Estimate	t-статистика t-statistic	p-value	Критерии качества модели Model quality criteria			
				RMSE	MAPE	AIC	BIC
Модель фиксированных эффектов Fixed effects model							
$a_1$	0,0741	351,2	$<2e - 16$	6,732	3,741	17887,9	17911,4
$a_2$	0,0184	68,1	$<2e - 16$				
$a_3$	1,2078	34,7	$<2e - 16$				
Модель смешанных эффектов Mixed effects model							
Фиксированные компоненты Fixed components				6,353	3,521	17610,2	17669,2
$\alpha_1$	0,0740	69,2	$<2e - 16$				
$\alpha_2$	0,0184	29,4	$<2e - 16$				
$\alpha_3$	1,2105	29,5	$<2e - 16$				
Случайные компоненты Random components							
$\sigma_{\alpha_{1i}}$	0,00210	–	–				
$\sigma_{\alpha_{2i}}$	0,00115	–	–				
$\sigma_{\alpha_{3i}}$	0,0492	–	–				
$\sigma$	6,357	–	–				



Зависимость относительных диаметров от высоты пня для различных районов происхождения семян  
 Dependence of relative diameters on stump height for different areas of seed origin

Полученная регрессионная модель позволяет рассчитывать значения диаметра на высоте 1,3 м по диаметру пня с учетом особенностей географического происхождения семян сосны:

$$DBH = 10d (a_1 + a_2^{ha_3}), \quad (3)$$

где  $DBH$  – диаметр на высоте 1,3 м;

$d$  – диаметр на высоте пня, см;

$h$  – высота пня, м;

$a_1, a_2$  и  $a_3$  – параметры уравнения.

С учетом случайных эффектов (районы происхождения семян сосны) и по всей выборочной совокупности коэффициенты уравнения представлены в табл. 4. Разработанная модель может применяться в зеленых насаждениях Москвы для оценки ущерба, причиненного незаконными рубками в спелых культурах сосны. С использованием модели по диаметру пня рассчитывается диаметр на высоте 1,3 м, на основании которого определяется величина нанесенного экологического ущерба.

В рамках комплексного использования древесных ресурсов на лесосеках Московского региона пневая древесина может находить применение в целях биоэнергетики (Шегельман, 2012; Полянин, Макаров, 2016). По модели зависимости относительных диаметров от высоты пня были рассчитаны значения объемов комлевой части в диапазоне таксационных диаметров стволов (20–60 см) на пробных площадях (табл. 5). По величине объема пневой древесины районы происхождения ранжируются следующим образом (по возрастанию): северный, центральный, южный, Германия. При этом ранее проведенные исследования показывают (Географические культуры..., 2019), что наиболее предпочтительными в целях получения товарной древесины являются культуры местного географического происхождения.



Таблица 4

Table 4

Параметры уравнения зависимости диаметра на высоте 1,3 м от высоты пня  
Dependence of the volume of the butt part on the diameter at breast height

Район происхождения семян Region of origin of seeds	Параметры уравнения $DBH = 10d(a_1 + a_2^{ha_3})$ Equation parameter $DBH = 10d(a_1 + a_2^{ha_3})$		
	$a_1$	$a_2$	$a_3$
Северный Northern	0,0770	0,0168	1,139
Центральный Central	0,0747	0,0180	1,193
Южный Southern	0,0724	0,0193	1,246
Германия Germany	0,0717	0,0197	1,264
По всей выборке For the entire sample	0,0741	0,0184	1,208

Таблица 5

Table 5

Зависимость объема комлевой части от диаметра на высоте груди дерева (DBH),  
высоты от основания ствола и географического происхождения  
Dependence of the volume of the butt part on the diameter at breast height (DBH),  
height from the base of the trunk and geographical origin

DBH, см	Высота от основания ствола, м Height from the base of the trunk, m												
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Северный лесосеменной район Northern forest seed region													
20	0,0033	0,0066	0,0097	0,0127	0,0155	0,0183	0,0209	0,0234	0,0259	0,0282	0,0304	0,0326	0,0347
24	0,0052	0,0103	0,0151	0,0198	0,0242	0,0285	0,0327	0,0366	0,0404	0,0441	0,0476	0,0509	0,0542
28	0,0075	0,0148	0,0218	0,0285	0,0349	0,0411	0,0470	0,0527	0,0582	0,0635	0,0685	0,0733	0,0780
32	0,0102	0,0201	0,0296	0,0388	0,0475	0,0560	0,0640	0,0718	0,0792	0,0864	0,0932	0,0998	0,1062
36	0,0134	0,0263	0,0387	0,0506	0,0621	0,0731	0,0836	0,0938	0,1035	0,1128	0,1218	0,1304	0,1387
40	0,0169	0,0332	0,0490	0,0641	0,0786	0,0925	0,1059	0,1187	0,1310	0,1428	0,1541	0,1650	0,1755
44	0,0209	0,0410	0,0604	0,0791	0,0970	0,1142	0,1307	0,1465	0,1617	0,1763	0,1903	0,2037	0,2166
48	0,0253	0,0497	0,0731	0,0957	0,1174	0,1382	0,1581	0,1773	0,1957	0,2133	0,2302	0,2465	0,2621
52	0,0301	0,0591	0,0870	0,1139	0,1397	0,1644	0,1882	0,2110	0,2328	0,2538	0,2740	0,2934	0,3120
56	0,0353	0,0694	0,1021	0,1337	0,1639	0,1930	0,2208	0,2476	0,2733	0,2979	0,3216	0,3443	0,3661
60	0,0409	0,0804	0,1185	0,1550	0,1901	0,2238	0,2561	0,2872	0,3169	0,3455	0,3730	0,3993	0,4246
Центральный лесосеменной район Central forest seed region													
20	0,0036	0,0070	0,0103	0,0134	0,0164	0,0193	0,0221	0,0247	0,0272	0,0296	0,0319	0,0340	0,0361
24	0,0055	0,0109	0,0160	0,0210	0,0257	0,0302	0,0345	0,0386	0,0425	0,0462	0,0498	0,0532	0,0564
28	0,0080	0,0157	0,0231	0,0302	0,0370	0,0434	0,0496	0,0555	0,0612	0,0665	0,0717	0,0766	0,0813

*Окончание табл. 5  
The end of table 5*

ДВН, см	Высота от основания ствола, м Height from the base of the trunk, m												
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
32	0,0109	0,0214	0,0314	0,0411	0,0503	0,0591	0,0675	0,0756	0,0833	0,0906	0,0976	0,1043	0,1106
36	0,0142	0,0279	0,0411	0,0537	0,0657	0,0772	0,0882	0,0987	0,1087	0,1183	0,1274	0,1362	0,1445
40	0,0180	0,0353	0,0520	0,0679	0,0832	0,0977	0,1117	0,1249	0,1376	0,1497	0,1613	0,1723	0,1829
44	0,0222	0,0436	0,0641	0,0838	0,1027	0,1207	0,1378	0,1542	0,1699	0,1849	0,1991	0,2128	0,2258
48	0,0269	0,0528	0,0776	0,1014	0,1242	0,1460	0,1668	0,1866	0,2056	0,2237	0,2409	0,2574	0,2732
52	0,0320	0,0628	0,0924	0,1207	0,1478	0,1737	0,1985	0,2221	0,2447	0,2662	0,2867	0,3064	0,3251
56	0,0375	0,0737	0,1084	0,1417	0,1735	0,2039	0,2330	0,2607	0,2871	0,3124	0,3365	0,3596	0,3816
60	0,0435	0,0854	0,1257	0,1643	0,2012	0,2365	0,2702	0,3023	0,3330	0,3623	0,3903	0,4170	0,4425
Южный лесосеменной район Southern forest seed region													
20	0,0038	0,0074	0,0109	0,0143	0,0174	0,0205	0,0233	0,0261	0,0286	0,0311	0,0334	0,0356	0,0377
24	0,0059	0,0116	0,0171	0,0223	0,0272	0,0320	0,0364	0,0407	0,0447	0,0486	0,0522	0,0557	0,0590
28	0,0085	0,0167	0,0246	0,0321	0,0392	0,0460	0,0525	0,0586	0,0644	0,0700	0,0752	0,0802	0,0849
32	0,0116	0,0228	0,0335	0,0437	0,0534	0,0627	0,0714	0,0798	0,0877	0,0952	0,1024	0,1091	0,1156
36	0,0151	0,0297	0,0437	0,0570	0,0697	0,0818	0,0933	0,1042	0,1146	0,1244	0,1337	0,1425	0,1509
40	0,0192	0,0376	0,0553	0,0722	0,0883	0,1036	0,1181	0,1319	0,1450	0,1574	0,1692	0,1804	0,1910
44	0,0236	0,0464	0,0683	0,0891	0,1090	0,1279	0,1458	0,1628	0,1790	0,1943	0,2089	0,2227	0,2358
48	0,0286	0,0562	0,0826	0,1078	0,1319	0,1547	0,1764	0,1970	0,2166	0,2351	0,2528	0,2695	0,2854
52	0,0341	0,0669	0,0983	0,1283	0,1569	0,1841	0,2099	0,2345	0,2578	0,2798	0,3008	0,3207	0,3396
56	0,0400	0,0785	0,1154	0,1506	0,1842	0,2161	0,2464	0,2752	0,3025	0,3284	0,3530	0,3764	0,3985
60	0,0463	0,0910	0,1338	0,1747	0,2136	0,2506	0,2858	0,3191	0,3508	0,3809	0,4094	0,4365	0,4622
Германия Germany													
20	0,0039	0,0076	0,0111	0,0145	0,0178	0,0208	0,0238	0,0265	0,0291	0,0316	0,0340	0,0362	0,0383
24	0,0060	0,0119	0,0174	0,0227	0,0278	0,0326	0,0371	0,0414	0,0455	0,0494	0,0530	0,0565	0,0598
28	0,0087	0,0171	0,0251	0,0327	0,0400	0,0469	0,0535	0,0597	0,0655	0,0711	0,0764	0,0814	0,0861
32	0,0118	0,0232	0,0341	0,0446	0,0545	0,0638	0,0728	0,0812	0,0892	0,0968	0,1040	0,1108	0,1172
36	0,0155	0,0303	0,0446	0,0582	0,0711	0,0834	0,0950	0,1061	0,1165	0,1264	0,1358	0,1447	0,1531
40	0,0196	0,0384	0,0564	0,0736	0,0900	0,1055	0,1203	0,1342	0,1475	0,1600	0,1719	0,1831	0,1938
44	0,0241	0,0474	0,0697	0,0909	0,1111	0,1303	0,1485	0,1657	0,1821	0,1975	0,2122	0,2261	0,2392
48	0,0292	0,0574	0,0843	0,1100	0,1345	0,1577	0,1797	0,2005	0,2203	0,2390	0,2568	0,2735	0,2894
52	0,0348	0,0683	0,1003	0,1309	0,1600	0,1876	0,2138	0,2387	0,2622	0,2845	0,3056	0,3255	0,3445
56	0,0408	0,0801	0,1178	0,1537	0,1878	0,2202	0,2510	0,2801	0,3077	0,3338	0,3586	0,3821	0,4043
60	0,0473	0,0929	0,1366	0,1782	0,2178	0,2554	0,2911	0,3249	0,3569	0,3872	0,4159	0,4431	0,4689

### Выводы

По данным обмеров модельных деревьев в спелых культурах сосны выявлено, что по возрастанию величины относительного сбega и объема древесины комлевой части ствола районы происхождения семян ранжируются следующим образом: северный, центральный, южный, Германия. Для прогнозирования относительного сбega

по высоте пня и для перехода от диаметра пня к диаметру на высоте 1,3 м предложены эмпирические модели с учетом географического происхождения культур сосны. Средняя абсолютная ошибка определения относительного сбega нижней части ствола по полученной регрессионной модели смешанных эффектов не превышает 3,5 %.

### Список источников

- Вайс А. А. Моделирование образующей формы нижней части деревьев березы (*Betula pendula*) в условиях Средней Сибири // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 3 (27). С. 50–52.
- Варенцова Е. Ю., Николаева М. А. Фитопатологическое состояние сосны и ели в географических культурах, заложенных в Ленинградской области // X Чтения памяти О. А. Катаева : матер. Междунар. конф., Санкт-Петербург, 22–25 октября 2018 г. / под ред. Д. Л. Мусолина, А. В. Селиховкина. Т. 2. СПб. : СПб. гос. лесотехн. ун-т им. С. М. Кирова, 2018. С. 13–14.
- Гайфуллина А. Р., Духтанова Н. В. Рост и состояние географических культур сосны в Завьяловском лесничестве Удмуртской Республики // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 3 (17). С. 59–60.
- Географические культуры сосны в Лесной опытной даче Тимирязевской академии: к 180-летию М. К. Турского / В. Д. Наумов, Н. Л. Поветкина, А. В. Лебедев, А. В. Гемонов. М. : МЭСХ, 2019. 182 с.
- Забавская Л. Н., Вайс А. А. Использование функции Нангис для описания образующей нижней части стволов деревьев сосны в подтаежно-лесостепных условиях предгорной части Восточного Саяна // Молодежь и наука. 2016. № 5. С. 58.
- Каишальянов П. А., Вайс А. А. Сбег нижней части стволов сосны в условиях Бирюсинского участкового лесничества // Хвойные бореальной зоны. 2022. Т. 40. № 2. С. 121–127. DOI: 10.53374/1993-0135-2022-2-121-127
- Кузьмин С. Р. Динамика радиального роста сосны обыкновенной в географических культурах на дерново-подзолистой песчаной почве // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. 30. № 1–2. С. 106–110.
- Кузьмина Н. А., Кузьмин С. Р. Устойчивость сосны обыкновенной разного происхождения к грибным патогенам в географических культурах Приангарья // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. 24. № 4–5. С. 454–460.
- Лебедев А. В., Кузьмичев В. В. Регрессионные модели смешанных эффектов в лесохозяйственных исследованиях // Сибирский лесной журнал. 2021. № 1. С. 13–20. DOI: 10.15372/SJFS20210102
- Лежнев Д. В., Лебедев А. В. Трансформация структуры сосновых формаций в урбанизированных экосистемах Москвы // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2023. № 2 (46). С. 74–88. DOI: 10.32516/2303-9922.2023.46.5
- Максимов С. А., Марущак В. Н. Количественное определение селекционной ценности климатипов сосны обыкновенной на примере географических культур Казахстана // Аграрный вестник Урала. 2010. № 9 (75). С. 120–125.
- Михайлова М. И., Чернышов М. П. Особенности строения географических лесных культур сосны обыкновенной по диаметру // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11. № 1 (41). С. 46–55. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.1/4

- Модель сбегания комлевой части стволов основных древесных пород хвойно-широколиственных лесов Среднего Поволжья / В. Л. Черных, Л. В. Черных, Д. В. Черных, С. А. Денисов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия : Лес. Экология. Природопользование. 2022. № 2 (54). С. 40–54. DOI: 10.25686/2306-2827.2022.2.40
- Павлов И. Н., Барабанова О. А. Влияние географического происхождения сосны обыкновенной на форму ствола // Лесной и химический комплексы, проблемы и решения : сб. ст. по матер. Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Сиб. гос. технол. ун-та. Красноярск, 2005. Т. 2. С. 169–179.
- Полянин И. А., Макаров В. Е. Изготовление технологической щепы из некондиционной и пневой древесины с последующей ее переработкой // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 10–2. С. 292–297.
- Раевский Б. В. Ход роста географических культур сосны обыкновенной в Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2011. № 6 (119). С. 65–69.
- Рёбко С. В., Поплавская Л. Ф. Рост климатипов сосны обыкновенной в географических культурах // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона : матер. Междунар. науч.-практ. форума, Хабаровск, 25–26 октября 2012 г. Хабаровск : Тихоокеан. гос. ун-т, 2013. С. 159–162.
- Скрьльникова А. Ю., Мячина Д. Ю., Бастаева Г. Т. Сохранность некоторых климатипов сосны обыкновенной в географических культурах Национального парка «Бузулукский бор» // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2013. № 37. С. 66–70.
- Тарасова В. В., Милютин Л. И., Бенькова В. Е. Радиальный рост климатипов сосны обыкновенной в географических культурах (Красноярская лесостепь) // Лесное хозяйство. 2008. № 2. С. 40–41.
- Шегельман И. Р. Технология и техника расчистки лесных площадей с заготовкой пнево-корневой древесины для биоэнергетики // Инженерный вестник Дона. 2012. № 2 (20). С. 475–478.
- Lebedev A., Kuzmichev V. Verification of two- and three-parameter simple height-diameter models for birch in the european part of Russia // Journal of Forest Science. 2020. Vol. 66. № 9. P. 375–382. DOI: 10.17221/76/2020-JFS
- Mátyás C., Balázs P., Nagy L. Climatic Stress Test of Scots Pine Provenances in Northeastern Europe Reveals High Phenotypic Plasticity and Quasi-Linear Response to Warming // Forests. 2023. № 14. 1950. DOI: 10.3390/f14101950
- The influence of seed origin on stand variables of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in European Russia according to longterm observations / A. V. Lebedev, A. V. Gemonov, V. M. Gradusov [et al.] // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2021. № 677. P. 052116. DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052116

## References

- Gaifullina A. R., Dukhtanova N. V. Growth and condition of geographical pine plantations in the Zavyalovsky forestry of the Udmurt Republic // Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy. 2008. № 3 (17). P. 59–60. (In Russ.)
- Geographical Pine Plantations in the Forest Experimental Station of the Timiryazev Academy / V. D. Naumov, N. L. Povetkina, A. V. Lebedev, A. V. Gemonov : to the 180<sup>th</sup> Anniversary of M. K. Turksy. Moscow : MESCH, 2019. 182 p.
- Kashtalyanov P. A., Vais A. A. Runoff of the lower part of pine trunks in the conditions of Biryusinsky district forestry // Conifers of the boreal zone. 2022. Vol. 40. № 2. P. 121–127. DOI: 10.53374/1993-0135-2022-2-121-127 (In Russ.)
- Kuzmin S. R. Dynamics of radial growth of Scots pine in geographical plantations on soddy-podzolic sandy soil // Conifers of the boreal zone. 2012. Vol. 30. № 1–2. P. 106–110. (In Russ.)

- Kuzmina N. A., Kuzmin S. R.* Resistance of Scots pine of different origin to fungal pathogens in geographical plantations of the Angara region // *Conifers of the boreal zone*. 2007. Vol. 24. № 4–5. P. 454–460. (In Russ.)
- Lebedev A. V., Kuzmichev V. V.* Mixed effects regression models in forestry research // *Sibirskij Lesnoj Zurnal = Sib. J. For. Sci.* 2021. № 1. P. 13–20. DOI: 10.15372/SJFS20210102 (In Russ.)
- Lebedev A., Kuzmichev V.* Verification of two- and three-parameter simple height-diameter models for birch in the European part of Russia // *Journal of Forest Science*. 2020. Vol. 66. № 9. P. 375–382. DOI: 10.17221/76/2020-JFS
- Lezhnev D. V., Lebedev A. V.* Structural transformation of pine formations in urbanized ecosystems of Moscow // *Vestnik of Orenburg State Pedagogical University*. 2023. № 2(46). P. 74–88. DOI: 10.32516/2303-9922.2023.46.5 (In Russ.)
- Maksimov S. A., Marushchak V. N.* Quantitative determination of the breeding value of Scots pine climatypes using the example of geographical plantations of Kazakhstan // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2010. № 9 (75). P. 120–125. (In Russ.)
- Mátyás C., Balázs P., Nagy L.* Climatic Stress Test of Scots Pine Provenances in Northeastern Europe Reveals High Phenotypic Plasticity and Quasi-Linear Response to Warming // *Forests*. 2023. № 14. 1950. DOI: 10.3390/f14101950
- Mihaylova M. I., Chernyshov M. P.* Structural features of provenance trial plantations of pine in terms of diameter // *Forestry Engineering Journal*. 2021. Vol. 11. № 1 (41). P. 46–55. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.1/4 (In Russ.)
- Model of Trunk Butt Taper of the Principal Tree Species of Mixed Coniferous Broad-Leaved Forests in the Middle Volga Region. / *V. L. Chernykh, L. V. Chernykh, D. V. Chernykh, S. A. Denisov* // *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2022. № 2 (54). P. 40–54. DOI: 10.25686/2306-2827.2022.2.40 (In Russ.)
- Pavlov I. N., Barabanova O. A.* The influence of the geographical origin of Scots pine on the shape of the trunk // *Forest and chemical complexes, problems and solutions, collection of articles based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Siberian State Technological University*. Krasnoyarsk, 2005. Vol. 2. P. 169–179. (In Russ.)
- Polyanin I. A., Makarov V. E.* Manufacturing process of chips and pniowy substandard wood with its subsequent processing // *Modern high technology*. 2016. № 10–2. P. 292–297. (In Russ.)
- Raevsky B. V.* Progress in the growth of geographical crops of Scots pine in Karelia // *Scientific notes of Petrozavodsk State University*. 2011. № 6 (119). P. 65–69. (In Russ.)
- Rebko S. V., Poplavskaya L. F.* Growth of Scots pine climatypes in geographical plantations // *Natural resources and ecology of the Far Eastern region : Materials of the International Scientific and Practical Forum, Khabarovsk, October 25–26, 2012*. Khabarovsk : Pacific State University, 2013. P. 159–162. (In Russ.)
- Shegelman I. R.* Technology and equipment for clearing forest areas with the harvesting of stump-root wood for bioenergy // *Engineering Bulletin of the Don*. 2012. № 2 (20). P. 475–478. (In Russ.)
- Skrylnikova A. Yu., Myachina D. Yu., Bastaeva G. T.* Preservation of some climatypes of Scots pine in geographical plantations of the Buzuluksky Bor National Park // *Current problems of the forestry complex*. 2013. № 37. P. 66–70. (In Russ.)
- Tarasova V. V., Milyutin L. I., Benkova V. E.* Radial growth of Scots pine climatypes in geographical cultures (Krasnoyarsk forest-steppe) // *Lesnoe hoziaistvo*. 2008. № 2. P. 40–41. (In Russ.)
- The influence of seed origin on stand variables of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in European Russia according to longterm observations / *A. V. Lebedev, A. V. Gemonov, V. M. Gradusov* [et al.] // *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2021. № 677. P. 052116. DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052116

- Vais A. A.* Modeling of the aggregate low part of birch trees (*Betula pendula*) under the conditions of Middle Siberia // News of the Orenburg State Agrarian University. 2010. № 3 (27). P. 50–52. (In Russ.)
- Varentsova E. Yu., Nikolaeva M. A.* Phytopathological state of pine and spruce in geographical crops established in the Leningrad region // X Readings in memory of O.A. Kataev : Proceedings of the international conference, St. Petersburg, October 22–25, 2018. St. Petersburg : St. Petersburg State Forestry University named after S. M. Kirov, 2018. P. 13–14. (In Russ.)
- Zabavskaya L. N., Vais A. A.* Using «Harris» function to describe forming the bottom of the trunks of pine trees in the subtaiga-forest-steppe conditions of foothills of East Sayan // Youth and science. 2016. № 5. P. 58. (In Russ.)

#### ***Информация об авторах***

*Н. Н. Дубенок* – академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;  
*А. В. Лебедев* – доктор сельскохозяйственных наук.

#### ***Information about the authors***

*N. N. Dubenok* – Academician of the RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;  
*A. V. Lebedev* – Doctor of Agricultural Sciences.

*Статья поступила в редакцию 24.10.2023; принята к публикации 02.02.2024.*  
*The article was submitted 24.10.2023; accepted for publication 02.02.2024.*

---



Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 56–62.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 56–62.

Научная статья

УДК 630.5:004.65

DOI: 10.51318/FRET.2024.71.57.006

## СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛЕСОТАКСАЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ

Артем Игоревич Чермных<sup>1</sup>, Ирина Владимировна Безденежных<sup>2</sup>,  
Сергей Вениаминович Залесов<sup>3</sup>, Наталья Михайловна Итешина<sup>4</sup>,  
Сергей Михайлович Жижин<sup>5</sup>

<sup>1–3, 5</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>4</sup> Ижевский государственный сельскохозяйственный университет,  
Ижевск, Россия

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

**Аннотация.** Проанализирована методика формирования электронных баз данных лесо-устроительных материалов. Указанные базы представляют собой детализированную информацию о лесных насаждениях, которая включает в себя основные таксационные параметры, а также другие данные, способные составить основу для анализа динамики состояния и развития лесов.

Электронные базы данных формируются преимущественно по территориальному принципу и объединяют лесной фонд в границах арендного участка, участкового лесничества, лесничества и т. п.

Для легкого анализа большого объема данных необходимо формировать структурированную цифровую базу данных лесных участков с закрепленным порядком необходимых таксационных показателей и разграничением показателей.

В работе приведены способы устранения систематических и случайных ошибок при составлении электронных баз данных.

**Ключевые слова:** таксация насаждений, лесоустроительные материалы, электронные базы данных

**Для цитирования:** Создание электронной лесотаксационной базы данных / А. И. Чермных, И. В. Безденежных, С. В. Залесов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 56–62.

Scientific article

## CREATION OF AN ELECTRONIC FOREST INVENTORY DATABASE

Artyom I. Chermnykh<sup>1</sup>, Irina V. Bezdenezhnykh<sup>2</sup>, Sergey V. Zalesov<sup>3</sup>,  
Natalia M. Iteshina<sup>4</sup>, Sergey M. Zhizhin<sup>5</sup>

<sup>1-3, 5</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>4</sup> Izhevsk State Agricultural University, Izhevsk, Russia

Corresponding author: Artyom Igorevich Chermnykh,  
chermnyhai@usfeu.ru

**Abstract.** The article deals with the methodology for creating electronic databases of forest management materials. These databases represent detailed information on forest plantations which include basic taxation parameters as well as information as well as on the location of states and other data that can form the bases for analyzing the dynamics of the state and development of forests.

Electronic database is formed primarily on a territorial basis and combines the Forest Fund within the boundaries of the lease area of the district forestry forutry etc.

For lasy analysis of a large volum of data it is necessary to create a structural digital database of forest plots, with a fexed order of a the necessary taxation indicators and differentiation of indicators by adding various data.

The paper provides ways to eliminate systematic and random errors when compiling an electronic database.

**Keywords:** taxation of plantings, forest management materials, electronic databases

**For citation:** Creation of an electronic forest inventory database / A. I. Chermnykh, I. V. Bezdenezhnykh, S. V. Zalesov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 56–62.

### Введение

На большей части территории лесного фонда Российской Федерации лесоустроительные работы проводились неоднократно. Логично, что за это время накоплен огромный объем данных, которые могли бы обеспечить объективный анализ динамики таксационных показателей насаждений под влиянием природных и антропогенных факторов. Однако основной объем лесоустроительных материалов находится на бумажных носителях и практически остается невостребованным.

В современной лесной отрасли растущее значение приобретают информационные технологии, которые позволяют не только эффективно управлять лесными ресурсами, но и способствуют проведению всестороннего и точного лесотаксационного учета. Создание электронных лесотаксационных баз данных является фундаментальным шагом в автоматизации и структурировании

накопленной информации о состоянии лесов, что важно как для научных исследований, так и для практического управления лесным фондом.

Лесотаксационная база данных представляет собой детализированную информацию о лесных насаждениях, которая включает в себя основные таксационные параметры, а также другие показатели, способные пролить свет на текущее состояние и динамику развития лесов.

### Цель, методика

#### и объекты исследований

Целью данной статьи является рассмотрение основных принципов построения электронных баз данных таксационных описаний, пригодных для быстрого и эффективного анализа с использованием табличных редакторов.

Объектом исследований служили таксационные описания, включающие в себя основные

повыдельные таксационные показатели лесных насаждений.

Методической основой составления электронной лесоустроительной базы данных являлись необходимость сохранения всей имеющейся в таксационных описаниях информации о лесном фонде, изложение ее в электронном варианте с возможностью последующего оперативного получения необходимой информации.

Создаваемая в табличном виде описательная база данных – первый шаг к формированию полной базы данных, включающей информацию о местоположении и состоянии лесных массивов.

### Результаты и их обсуждение

Электронные базы данных в основном формируются по территориальному принципу вхождения участков в границы арендуемого участка, лесничества, участкового лесничества, лесорастительной зоны и т. д., за основу формирования базы данных берется лесной выдел, так как он представляет собой участок леса, относительно однородный по своим характеристикам, что идеально подходит для базовой единицы построения базы данных.

Электронная база данных таксационных описаний должна иметь структурированную форму и состоять из заголовков данных и порядка записи каждой минимальной территориальной единицы базы данных в отдельную строку с разделением отдельных показателей по разным ячейкам для возможности легкого использования условий сор-

тировки и применения фильтров при анализе данных (рис. 1).

На рис. 1 приведена удобная для анализа база данных, построенная по принципу «одна строка – один выдел», с разделением всех данных таксационного описания по отдельным ячейкам табличного редактора. На рис. 1 выделено 3 набора данных: 1 – блок данных о местоположении минимального объекта базы данных, лесотаксационного выдела; 2 – блок данных с характеристикой первого элемента в формуле состава насаждения; 3 – блок данных с характеристикой второго элемента в формуле составе насаждения. Расшифровка заголовков столбцов: Kv – номер квартала; Sknr – номер выдела; Pl – площадь выдела; Zk – категория земель в виде стандартного кода; Bon – бонитет; Mtip – тип леса; Ard1 – показатель элемента в формуле состава насаждения, например 0 – отсутствие древостоя, 1 – первый ярус, 2 – второй ярус, данная характеристика присутствует у всех элементов формулы состава, для сортировки вертикальной структуры насаждения; Kf1 – коэффициент первой породы в формуле состава; Mr1 – порода первой породы в формуле состава; Amz1, H1, D1 – соответственно характеристики возраста, высоты, диаметра первой породы в формуле состава, далее идут аналогичные показатели для второго элемента в формуле состава насаждения Ard2, Kf2, Mr2, Amz2, H2, D2 и т. д. до максимального встречаемого элемента в формуле состава насаждения. К примеру, на рис. 1 формула состава насаждения

1						2						3					
H	P	Q	R	AJ	AK	BB	BC	BF	BG	BH	BI	BO	BP	BQ	BR	BS	BT
Kv,N,4,0	Sknr,N,3,0	Pl,N,11,4	Zk,N,4,0	Bon,C,2	Mtip,C,5	Ard1,N,2,C	Kf1,N,2,0	Mr1,C	Amz1,N,3	H1,N,5,1	D1,N,3,0	Ard2,N,2,C	Kf2,N,2,0	Mr2,C,6	Amz2,N,3	H2,N,5,1	D2,N
946	4	22	1101 5A	КСФ		1	10 С		110	10	14	1	0 Л		110	0	
946	5	13.3	1101 5	БГБР		1	10 С		70	10	10	1	0 Л		60	0	
946	6	92.3	1101 5	БРБГМ		1	6 Б		35	6	6	1	2 Л		0	5	
946	7	55.5	1101 5	БГБР		1	10 С		190	14	28	2	10 С		70	8	
946	8	31.7	1101 5	БГБР		1	10 С		190	14	16	0	0 000000		0	0	
946	9	26.4	1101 5	БГБР		1	6 Б		30	6	4	1	2 С		0	4	
946	10	31.6	1101 5	БГБР		1	8 Б		25	3	2	1	1 С		0	3	
946	11	109.6	1101 5	БГБР		1	7 С		50	6	6	1	2 Л		0	7	
946	12	16.6	2507 00	00000		0	0 000000		0	0	0	0	0 000000		0	0	
946	13	79.3	1101 5	БГБР		1	6 С		70	9	8	1	2 Л		0	9	
946	14	24.1	1101 5	БГБР		1	10 С		140	15	20	1	0 Л		130	0	
946	15	22.9	1101 5	БГБР		1	10 Б		25	3	2	0	0 000000		0	0	
946	16	77.7	1101 5	БГБР		1	8 С		50	6	6	1	1 Л		0	7	
946	17	144.2	2507 00	00000		0	0 000000		0	0	0	0	0 000000		0	0	
946	18	108.9	1101 4	ПР		1	7 Б		30	7	6	1	3 С		0	5	
946	19	11.8	2507 00	00000		0	0 000000		0	0	0	0	0 000000		0	0	

Рис. 1. Часть цифровой лесотаксационной базы данных  
Fig. 1. Part of the digital forest taxonomy database

определяется соединением элементов блока 2, 3 и следующих по порядку до достижения нулевых показателей по столбцу Arg. Исходя только из представленных на рис. 1 данных, можно получить информацию о составе насаждения в 4-м выделе 10С+Л в 1-м ярусе, в 7-м выделе получают показатели 10С в первом ярусе и 10С во втором ярусе. Разделение формулы состава по элементам с указанием высотной структуры насаждения позволяет детально анализировать насаждения с разбивкой по отдельным породам, устанавливая зависимости в ходе роста основной и сопутствующих пород в зависимости от возрастной или высотной структуры насаждения.

На практике часто встречаются базы данных лесных участков с распределением показателей породного состава не по столбцам базы в виде одной записи на один выдел, а с распределением данных о составе насаждения по разным строкам табличной базы данных (рис. 2), что затрудняет анализ и сопоставление общих данных выдела (площадь, количество подроста и т. д.) и уникальных показателей структуры насаждения, занесенных в разные строки. Решить данное ограничение можно либо преобразованием базы данных в стандартный формат вида «один выдел – одна строка», либо дублированием и разделением общих данных на все строки, относящиеся к соответствующему выделу, что допустимо в отдельных исследованиях, но затруднит проведение анализа и получение некоторых результирующих значений.

В приведенной на рис. 2 базе данных строки со второй по седьмую отвечают за таксационное описание одного первого выдела. Представленную базу данных можно анализировать в исходном виде только по преобладающей породе насаждения, используя, к примеру, фильтр по площади и выбрав в нем только ячейки со значениями, в результате останутся только первые строки каждого выдела, отвечающие за характеристику первой породы насаждения. Для анализа всех показателей формулы состава насаждения необходима конвертация базы данных с приведением ее к формату «один выдел – одна строка» либо при определенных задачах анализа насаждений допускается разделение площади выдела по составляющим породам согласно пропорциональной занимаемой ими площади исходя из формулы состава, в которой приведено процентное распределение насаждения по запасам пород в каждом выделе. Большая выборка данных в некоторых случаях снижает точность метода разбивки выделов на составляющие части в зависимости от запаса породы до допустимой и применяется при общем обзорном анализе таких баз данных.

Для легкого анализа большого объема данных необходимо формировать структурированную цифровую базу данных лесных участков с закрепленным порядком необходимых таксационных показателей и разграничением показателей путем добавления разделителя данных (любой символ или группа символов, не использующихся

	С	D	E	M	N	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1	Квартал	Выдел	Площадь, га	Бонитет	Тип леса	Ярус	Коэф.	Древесн	Возраст	класс возраста	Высота	Диаметр	Полнота	Рубка	Запас яруса на 1 г	
2	27	1	16.9	2	Ельник сыпневый	1 ярус др	6	Береза	85	9	25	24	0.5	чпр	170	
3	27	1				1 ярус др	3	Осина	85	9	26	40	0		0	
4	27	1				1 ярус др	1	Ель	100	5	25	24	0		0	
5	27	1				2 ярус др	6	Ель	40	2	12	12	0.5		90	
6	27	1				2 ярус др	3	Липа	25	3	10	8	0		0	
7	27	1				2 ярус др	1	Береза	25	3	10	10	0		0	
8	27	2	60.4	2	Ельник липовый	1 ярус др	5	Береза	85	9	25	24	0.8	рпр	270	
9	27	2				1 ярус др	5	Осина	85	9	26	44	0		0	
10	27	2				1 ярус др	0	Липа	70	7	0	0	0		0	
11	27	2				1 ярус др	0	Ель	100	5	0	0	0		0	
12	27	3	4.4	2	Ельник сыпневый	1 ярус др	7	Береза	80	8	25	20	0.7		230	
13	27	3				1 ярус др	2	Осина	80	8	26	36	0		0	
14	27	3				1 ярус др	1	Ель	80	4	24	24	0		0	

Рис. 2. База данных с разбивкой информации о породном составе по отдельным строкам таблицы  
 Fig. 2. Database with a breakdown of information on the breed composition by individual rows of the table

в описательных данных, служащих для указания конца и начала данных определенного типа). На практике обычно используется символ «;» для указания разделителя в потоке текстовых данных.

Пути получения электронной базы данных исследуемого участка зависят от доступных исходных данных. Самые распространенные пути получения табличной базы данных можно сформулировать следующие:

а) внесение в табличный редактор информации, полученной в результате полевых замеров исследователя на пробных площадях или иных однородных участках леса;

б) преобразование существующего таксационного описания лесных участков из текстового формата в табличный путем его систематизации и преобразования в табличный формат путем нескольких проходов преобразования с указанием количества и типа знаков табуляции между разными типами данных (рис. 3);

в) оцифровка бумажных таксационных описаний, необходимых для анализа таксационных показателей, с использованием полуавтоматического распознавания текста с растрового отсканированного изображения с последующим преобразова-

нием в табличный вид или ручная забивка показателей с бумажного носителя в табличный редактор напрямую.

На рис. 3 приведен фрагмент базы данных с включенными скрытыми символами форматирования. Для дальнейшего анализа необходимо преобразование в табличный вид с использованием присутствующих символов табуляции в виде пробелов и скрытых ячеек неструктурированной таблицы. Преобразование осуществляется на основании упорядоченного расположения характеристик насаждения на протяжении всей текстовой базы данных.

При применении ручного способа внесения информации о таксационном описании следует вносить только исходные уникальные параметры насаждения, такие как площадь выдела, породный состав, высота, диаметр, полнота и т. д. В зависимости от планируемых исследований часто ограничиваются внесением преобладающей породы насаждения с общими характеристиками насаждения без детальной информации о составляющих породах древостоя, что экономит трудозатраты составителя базы данных на 50 %, но может ограничить в дальнейшем детальном анализе.

```

: N : Пло- : Состав. Подр. Подл. : Я: Вы- : Эле- : Воз: Вы- : Ди: Кл. Гр. Во: Тип : Полн: Запас сырораст. : Кл.
: вы- : шадь, : Покров, почва, ре- : Р: со- : мент: → : → : ам: во: во: ни: → : ота : леса, дес. кмб : то:
: де- : → : льеф, особ. выд. Про: У: та : : ра : со- : эт: зр: зр: те : леса : ----- : ва:
: ла : га : исхожд. Кат. земель : С: Яр : ле- : → : → : р : ас: ас: т : → : Сумм: на : общий: по → : рн:
: → : → : Хар. лесн. культур: : ус : са : ст : та : : : та: та : : → : а : пл: 1 : на → : соста: ос:
: → : → : Кадастров. оценка : : а → : → : → : → : . . . . . : ТЛУ : сеч.: га : выдел: вляющ: ти:

: 1 : : 2 : : → 3 → : 4: 5 : : 6 : : 7 : : 8 : : 9: 10: 11: 12: : 13 : : 14 : : 15 : : 16 : : 17 : : 18 :

1  11.2  ЗЛП2ЛП1Б1ОС2Е1П  1  24  ЛП  90  25  28  9  4  2  ЕЛП  0.5  24  269  80  2
  2  2  2  2  2  ЛП  60  19  16  2  2  С2  2  2  2  54  2
  2  2  2  2  2  Б  90  26  28  2  2  2  2  2  2  27  2
  2  2  2  2  2  ОС  90  26  32  2  2  2  2  2  2  27  3
  2  2  2  2  2  Е  110  26  32  2  2  2  2  2  2  54  1
  2  2  2  2  2  П  110  26  32  2  2  2  2  2  2  27  2
      подлесок: ЛП, Р: Средний
      ОЗУ: Берегозащитные участки лесов
  2  3.9  ЗЛП2ЛП1Б1ОС2Е1П  1  24  ЛП  90  25  28  9  4  2  ЕЛП  0.5  24  94  28  2
  2  2  2  2  2  ЛП  60  19  16  2  2  С2  2  2  2  19  2
  2  2  2  2  2  Б  90  26  28  2  2  2  2  2  2  9  2
  2  2  2  2  2  ОС  90  26  32  2  2  2  2  2  2  9  3
  2  2  2  2  2  Е  110  26  32  2  2  2  2  2  2  19  1
  2  2  2  2  2  П  110  26  32  2  2  2  2  2  2  9  2
    
```

Рис. 3. Фрагмент базы данных в текстовом формате  
Fig. 3. Database in text format



Рекомендуется перед составлением базы данных участка детально продумать особенности планируемых исследований и необходимые показатели насаждения для анализа.

Производные показатели таксационного описания при ручной забивке данных обычно разумнее рассчитать заново. К таким показателям, к примеру, относится запас каждой породы. Его легче рассчитать с использованием формул табличного редактора путем использования площади выдела, породного состава и запаса на гектар, который в некоторых случаях также допускается получать с применением стандартных таблиц определения запасов по бонитету, возрасту и высоте насаждения. Показатели класса природной пожарной опасности (КППО), назначенные хозяйственные мероприятия также легче получить путем фильтрации исходных данных таксационного описания выдела и назначения КППО и хозмероприятий согласно действующим нормативным документам.

При создании электронной базы данных не стоит забывать о неизбежных ошибках во внесении информации. Необходимо контролировать данный процесс и производить проверку отдельных массивов данных. В основном преобладают два вида основных ошибок при создании базы данных:

а) систематическая ошибка, в основном возникающая при преобразовании данных из текстового формата в табличный, в результате неправильного задания маркера табуляции разделения данных при различной записи информации в многоярусных насаждениях и разных категориях земель. Данная ошибка легко устраняется при проведении случайной выборочной проверки различных типов данных после преобразования из исходного формата в табличный вид;

б) случайная ошибка, возникающая при ручном внесении данных таксационных показателей, довольно легко отслеживается путем проверки допустимых значений полученной базы данных по различным показателям таксационного описания. Например, в поле «Порода» допускается только наличие определенных кодов, отвечающих за название пород в текстовом (Б, С, береза, сосна и т. д.) или кодовом виде (100100, 300200

и т. д.). Появление посторонних значений легко отслеживается с помощью просмотра уникальных значений, встречающихся в определенном столбце базы данных с помощью фильтра или сводной таблицы. На каждый показатель можно составить четкие критерии проверки включенных данных как внутри одного показателя, так и в зависимости от параметров показателей определенной минимальной единицы в структуре базы данных. К примеру, все показатели площади должны состоять из цифровых положительных записей с точностью один или четыре десятичных знака в зависимости от точности учета площади выделов. Коэффициент участия каждой породы в составе насаждения должен быть цифровым и варьировать от 0 до 10, нулевым значением обычно кодируются плюсовые породы в составе насаждения, занимающие от 2 до 5 % из состава насаждения. Сумма коэффициентов породного состава одного яруса не может отличаться от 10 единиц или 100 % в зависимости от способа записи, что элементарно проверяется сложением ячеек с коэффициентом участия каждой породы и условием использования данных только одного яруса.

Создание сводной таблицы по соотношению категории земель и таксационных показателей насаждения позволит исключить ошибочные значения, при которых присутствует таксационное описание насаждений на не покрытых лесом площадях, и отследить обратную ситуацию.

Сравнение данных о возрастной структуре и таксационных характеристиках древостоя позволит выявить аномальные отклонения в показателях развития древостоев в зависимости от возраста для детальной проверки корректности внесения в базу данных этих показателей.

По результатам проверки данных на случайные ошибки большинство ошибок будет устранено с минимальными трудозатратами, оставшиеся трудноуловимые ошибки внесения данных в пределах допустимых диапазонов можно оставить в БД без вреда ее качеству. При анализе большого массива данных отдельные оставшиеся ошибки показателей не окажут влияния на результаты анализа.



**Выводы**

1. Создание электронных лесотаксационных баз данных позволяет оперативно пользоваться информацией о лесном фонде в целях совершенствования планирования и оценки лесоводственных мероприятий.

2. Предлагаемая методика составления электронных баз данных обеспечивает минимизацию ошибок и необходимую точность получаемой информации.

3. Перспективность составления электронных лесотаксационных баз данных не вызывает сомнения и существенно расширяет возможности практического и научного использования собранных за многие годы лесоустроителями данных о лесном фонде.

4. Создаваемая в табличном виде описательная база данных является первым шагом к формированию полной базы данных, включающей информацию о местоположении и состоянии лесных массивов.

**Информация об авторах**

*А. И. Чермных* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
chermnyhai@usfeu.ru <https://orcid.org/0000-0001-5573-0092>

*И. В. Безденежных* – кандидат сельскохозяйственных наук,  
predeina@yandex.ru, <https://orcid.org/009-003-6806-8968>

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

*Н. М. Итешина* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
n.iteshina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2003-2005>

*С. М. Жижин* – кандидат сельскохозяйственных наук,  
zhzhinergeu@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-4614-9172>

**Information about the authors**

*A. I. Chermnykh* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
chermnyhai@usfeu.ru <https://orcid.org/0000-0001-5573-0092>

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

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

*N. M. Iteshina* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
n.iteshina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2003-2005>

*S. M. Zhizhin* – Candidate of Agricultural Sciences,  
zhzhinergeu@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-4614-9172>

*Статья поступила в редакцию 15.04.2024; принята к публикации 20.05.2024.*

*The article was submitted 15.04.2024; accepted for publication 20.05.2024.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 63–70.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 63–70.

Научная статья

УДК 630\*652.54:630\*93

DOI: 10.51318/FRET.2024.60.74.007

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕДА ОТ НЕЗАКОННОЙ РУБКИ В РАМКАХ НОРМАТИВНОЙ МЕТОДИКИ

Юлия Ивановна Перепечина<sup>1</sup>, Сергей Сергеевич Стрелков<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Брянский государственный инженерно-технологический университет,  
Брянск, Россия

<sup>1</sup> y-perepetchina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9351-1882>

<sup>2</sup> sever-sinegorie@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2430-1772>

**Аннотация.** Статья посвящена изучению и критическому анализу нормативных документов 2007, 2018 и 2020 гг. по расчету вреда при незаконной рубке. Рассчитан объем незаконно срубленной древесины по диаметру пня в коре и диаметру на высоте 1,3 м по древесным породам, а также вычислены ошибки в определении объема древесины, ее стоимости и причиненного вреда.

Для выполнения поставленной цели по ОСТ 56-69–83 заложена пробная площадь (1,7 га) в ГКУ БО «Клетнянское лесничество» на лесосеке, где в 2021 г. арендатором допущена незаконная рубка. Перечет проведен по диаметру пня и породе. Диаметр на пне был переведен на диаметр на высоте 1,3 м по таблице А.М. Межибовского. Объем древесины рассчитан по «Сортиментным и товарным таблицам для лесов центральных и южных районов европейской части РСФСР».

Отличия в определении количества незаконно срубленной древесины по диаметру пня и диаметру на высоте 1,3 м очень велики и составляют: по сосне +57,0 %, ели +74,6, липе +90,3, дубу +90,7 %. Такие же ошибки получились и по стоимости древесины. По пробной площади ошибка по объему составила 62,2 %, по стоимости древесины – 63,1 %.

Вред, причиненный лесам незаконной рубкой, рассчитанный по диаметру пня, – 1 594 730 руб., по диаметру на высоте груди – 977 810 руб. Абсолютная ошибка составила +616 920 руб., относительная – 63,1 %. Проведенные исследования показывают, что необходимо внести изменения в прил. 4 Постановления Правительства РФ от 18 декабря 2020 г. № 2164 п. 2. Для определения объема дерева применять диаметр на высоте 1,3 м.

**Ключевые слова:** незаконная рубка, размер вреда, таксы для исчисления размера вреда, перечет по пням, ставки платы

**Для цитирования:** Перепечина Ю. И., Стрелков С. С. Некоторые особенности определения вреда от незаконной рубки в рамках нормативной методики // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 63–70.

Scientific article

## SOME FEATURES OF DETERMINING HARM FROM ILLEGAL LOGGING WITHIN THE FRAMEWORK OF REGULATORY METHODOLOGY

Yulia I. Perepechina<sup>1</sup>, Sergey S. Strelkov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Bryansk State University of Engineering and Technology, Bryansk, Russia

<sup>1</sup> y-perepechina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9351-1882>

<sup>2</sup> sever-sinegorie@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2430-1772>

**Abstract.** The article is devoted to the study and critical analysis of regulatory documents of 2007, 2018 and 2020 on the calculation of harm in illegal logging. The volume of illegally felled wood was calculated by the diameter of the stump in the bark and the diameter at a height of 1.3 m for tree species, as well as errors in determining the volume of wood, its value and the damage caused. To fulfill the set goal for the OST 56-69–83, a trial area (1,7 hectares) was laid in the GKU BO “Kletnyansky forestry” in the cutting area, where illegal logging was allowed by the tenant in 2021. The enumeration is carried out according to the diameter of the stump and the rock.

The diameter on the stump was converted to a diameter of 1,3 m according to the table by A. M. Mezhibovsky. The volume of wood is calculated according to the “Sorting and commodity tables for forests of the central and southern regions of the European part of the RSFSR”. The differences in determining the amount of illegally felled wood by the diameter of the stump and the diameter at a height of 1,3 m are very large and amount to: pine +57,0 %, spruce +74,6, lime +90,3, oak +90,7 %. The same mistakes were made regarding the cost of wood. For the sample area, the volume error was 62,2 %, for the cost of wood – 63,1 %.

The damage caused to forests by illegal logging, calculated by the diameter of the stump, amounted to 1 594 730 rubles, by the diameter at chest height – 977 810 rubles. The absolute error was +616 920 rubles, the relative error was 63.1 %. The conducted research shows that it is necessary to amend Appendix № 4 of the Decree of the Government of the Russian Federation dated December 18, 2020 № 2164 item 2. To determine the volume of a tree, use a diameter of 1,3 meters.

**Keywords:** illegal logging, the amount of damage, fees for calculating the amount of damage, enumeration by stumps, fee rates

**For citation:** Perepechina Yu. I., Strelkov S. S. Some features of determining harm from illegal logging within the framework of regulatory methodology // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 63–70.

### Введение

После принятия Лесного кодекса Российской Федерации (2006) необходимо было разработать нормативные документы для исчисления размера вреда, причиненного лесам незаконными рубками.

Незаконной является рубка указанных насаждений с нарушением требований законодательства, рубка лесных насаждений без оформления необходимых документов (в частности, договора аренды, решения о предоставлении лесного участка, проекта освоения лесов, получившего

положительное заключение государственной или муниципальной экспертизы, договора купли-продажи лесных насаждений, государственного или муниципального контракта на выполнение работ по охране, защите, воспроизводству лесов), либо в объеме, превышающем разрешенный в договоре аренды лесного участка, в договоре купли-продажи лесных насаждений, либо с нарушением породного или возрастного состава, либо за пределами лесосеки, либо с нарушением установленного срока начала рубки.

Незаконной является также рубка, осуществляемая на основании представленных в органы, принимающие решение о возможности проведения рубки, заведомо для виновного подложных документов на использование лесов (О применении..., 2012).

#### **Цель, задачи, методика и объекты исследования**

Цель исследований – рассчитать объем незаконно срубленной древесины по диаметру пня в коре и диаметру на высоте 1,3 м по древесным породам, вычислить абсолютную и относительную ошибки в определении объема древесины ( $m^3$  и %), ее стоимости (руб. и %) и причиненного лесу вреда (руб. и %).

Основные задачи исследований: заложить пробную площадь на участке, где имеется незаконная рубка деревьев; провести перечет деревьев по пням в коре; рассчитать объем древесины, стоимость и вред, причиненный лесам незаконной рубкой, по породам и диаметру на высоте 1,3 м, а также по породам и диаметру пня; сравнить полученные данные; дать предложения.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 08.05.2007 № 273 (ред. от 11.10.2014, с изм. от 02.06.2015) «Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства» утверждены таксы для исчисления размера ущерба, причиненного лесным насаждениям или не отнесенным к лесным насаждениям деревьям, кустарникам и лианам вследствие нарушения лесного законодательства (прил. 1–2) и методика исчисления размера вреда (прил. 3). Постановлением Правительства РФ от 26.11.2007 № 806 «О внесении изменений в постановление Правительства РФ от 8 мая 2007 г. № 273» утверждены таксы для исчисления размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства... (прил. 4).

В соответствии с методикой определялся размер вреда вследствие нарушения лесного законодательства, представляющего собой ущерб и упущенную выгоду. Под упущенной выгодой понимаются не полученные в результате нарушения

лесного законодательства доходы от использования лесов.

При исчислении стоимости древесины разделение ее на деловую и дровяную не производилось. В этом случае применялись ставки платы, установленные в отношении деловой средней древесины.

Метод определения объема отдельного дерева или совокупности деревьев в методике не изложен (прил. 3). Поэтому объем ствола определяли по объемным разрядным таблицам, составленным для основных лесообразующих пород, по первому разряду высот.

Перечет деревьев от незаконной рубки производили по пням с последующим переводом на высоту 1,3 м. Размер ущерба, исчисленный в соответствии с таксами, увеличивался в 2, 3, 5 и 10 раз.

По Постановлению Правительства № 273 рассчитывали вред, причиненный лесам вследствие нарушения лесного законодательства, до 2018 г.

В 2018 г. выходит новое Постановление Правительства РФ от 29 декабря № 1730 «Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства». Данным Постановлением утверждены таксы для расчета вреда (прил. 1–3) и методика расчета вреда (прил. 4). Настоящая методика устанавливает порядок определения размера возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства.

На площади более 1 га используются материалы лесоустройства либо производится ленточный перечет. При отсутствии пней срубленных деревьев (раскорчевке, уничтожении) используются материалы лесоустройства.

Объем древесины определяется по сортиментным таблицам, применяемым в субъекте Российской Федерации, по первому разряду высот в коре. В случае отсутствия в сортиментных таблицах данных по первому разряду высот в коре при определении указанного объема используются сортиментные таблицы, применяемые в субъекте Российской Федерации по наивысшему в указанных таблицах разряду высот в коре.

Диаметр ствола деревьев измеряется на высоте 1,3 м, в случае отсутствия ствола дерева – по диаметру пня срубленного дерева. Здесь подразумевалось применение таблиц перевода диаметра пня на диаметр на высоте 1,3 м, утвержденных приказом Госкомлеса СССР № 38 от 28.02.1989 (Общесоюзные нормативы..., 1992).

Размер вреда, подлежащего возмещению, определяется с точностью до 1 руб. Размер такс, предусмотренных прил. 1–3, подлежит увеличению в 2, 3, 5, 10 раз при определении размера вреда.

В 2020 г. выходит Постановление Правительства РФ от 18 декабря № 2164 «О внесении изменений в приложение № 4 к особенностям возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства».

При исчислении стоимости древесины разделение ее на деловую и дровяную не производится, применяется ставка платы, установленная в отношении деловой средней древесины по первому разряду такс. Для пород деревьев, по которым отсутствуют ставки платы за единицу объема древесины, применяются ставки платы, установленные для пород (видов) деревьев, у которых совпадают морфологический, физиологобиохимический, генетико-репродуктивный, географический критерии уникальности.

Подробное рассмотрение методики определения объема древесины и вреда от незаконной рубки лесных насаждений показывает, что в документе присутствуют грубые ошибки при определении объема отдельного дерева и их совокупности.

В п. 2 «Методики определения размера возмещения вреда...» записано, что «для определения объема уничтоженного, поврежденного или срубленного ствола дерева применяется диаметр на высоте 1,3 м от шейки корня. В случае отсутствия ствола дерева для определения объема производится измерение диаметра пня в месте спила, которое принимается за диаметр ствола на высоте 1,3 м» (прил. 4).

Такое утверждение противоречит существующим закономерностям изменения образующей древесного ствола (диаметров) по его высоте. Многими исследователями на основе измерений

образующей древесного ствола установлено, что диаметр пня может быть больше, чем диаметр на высоте 1,3 м, на 5–70 % и более. Это значит, что чем меньше высота пня, тем больше различия между диаметрами на рассматриваемых высотах по древесному стволу. Кроме того, объем уничтоженных, поврежденных или срубленных деревьев, кустарников и лиан определяется по первому разряду высот в коре без проведения работ по выявлению надлежащего разряда высот, что также сильно увеличивает фактически заготовленный объем древесины (Ковязин и др., 2022, Модель..., 2022).

От объема срубленной древесины зависит причиненный вред и, как следствие, наступление юридических последствий, в том числе возмещение гражданско-правового вреда, вид ответственности – административная или уголовная.

Исследования проводились в ГКУ Брянской области «Клетнянское лесничество», Октябрьское участковое лесничество, квартал 54, выдел 8.

Для проведения исследований заложена пробная площадь 1,7 га на лесосеке, где в 2021 г. была проведена выборочная санитарная рубка и работниками лесничества установлен переруб древесины, т. е. совершена незаконная рубка деревьев. Пробная площадь заложена по ОСТ 56-69–83.

Перечет незаконно срубленных деревьев проведен по диаметру пня, породе с подразделением на живые, сухостой текущего года и сухостой прошлых лет. При перечете по пням было установлено, что незаконно срублено 62 сырораствующих дерева, в том числе сосна обыкновенная – 39 шт., ель европейская – 15, липа мелколистная – 1, дуб черешчатый и клен остролистный – 7 шт.

При расчетах диаметр на пне был переведен на диаметр на высоте 1,3 м по таблице А.М. Межибовского (Общесоюзные нормативы..., 1992).

Объем незаконно срубленной древесины по диаметру пня в коре и диаметру на высоте 1,3 м по породам рассчитан по «Сортиментным и товарным таблицам для лесов центральных и южных районов европейской части РСФСР» (1986).

Стоимость древесины определялась по ставкам платы за единицу объема лесных ресурсов и повышающему коэффициенту в 2021 г., равному 2,72.

### Результаты и их обсуждение

Результаты расчетов объемов незаконно срубленной древесины, ее стоимость и причиненный вред по диаметру на пне и диаметру на высоте 1,3 м приведены в таблице.

Относительная ошибка в определении количества незаконно срубленной древесины по диаметру пня и диаметру на высоте 1,3 м очень велика и составляет: по сосне +57,0 %, ели +74,6, липе +90,3, дубу +90,7 %. Такие же ошибки получились и по стоимости древесины.

Объем древесины при учете по диаметру пня – 87,39 м<sup>3</sup>: по сосне – 62,96 м<sup>3</sup>, ели – 19,36, липе – 1,08, дубу, клену – 3,99 м<sup>3</sup>; по диаметру на высоте

1,3 м – 53,86 м<sup>3</sup>: по сосне – 40,11, ели – 11,09, липе – 0,57, дубу, клену – 2,09 м<sup>3</sup>. Абсолютная ошибка равна +33,56 м<sup>3</sup>, относительная – 62,2 % (см. таблицу).

Стоимость древесины по всем породам по диаметру пня равна 31894,61 руб., по диаметру на высоте 1,3 м – 19556,20 руб. Абсолютная ошибка +12338,41 руб., относительная +63,1 %.

Вред, причиненный лесам незаконной рубкой, рассчитанный по диаметру пня, составил 1594730 руб., по диаметру на высоте груди – 977810 руб. Абсолютная ошибка +616920 руб., относительная – 63,1 %.

Абсолютная и относительная ошибки объемов древесины, ее стоимость и причиненный вред, рассчитанные по диаметру пня и диаметру на высоте 1,3 м  
Absolute and relative errors in the volume of wood, its cost and damage caused, calculated by the diameter of the stump and the diameter of 1,3 m

Порода Breed	Число деревьев, шт. Number of trees, pcs	Объем древесины, м <sup>3</sup> Volume of wood, m <sup>3</sup>		Абсолютная и относительная ошибки рассчитанных значений по диаметру пня и диаметру на высоте 1,3 м Absolute and relative errors of the calculated values for the diameter of the stump and the diameter by 1,3 m	
		по диаметру пня by the diameter of the stump	по диаметру на высоте 1,3 м in diameter by 1,3 m	Абсолютная ошибка Absolute shibka	Относительная, % Relative, %
Сосна Pine	39	62,96	40,11	+ 22,88	57,0
Ель Fir	15	19,36	11,09	+ 8,27	74,6
Липа Linden	1	1,08	0,57	+ 0,51	90,4
Дуб, клен Oak, maple	7	3,99	2,09	+ 1,90	90,7
Всего срублено All cut down	62	87,39	53,86	+ 33,56	62,2
Стоимость древесины по всем породам, руб. The cost of wood for all species, rub.	–	31894,61	19556,20	+ 12338,41	63,1
Вред, причиненный лесам, руб. Damage caused to forests, rub.	–	1594730	977810	+616920	63,1

*Примечание.* За истинное значение приняты показатели, рассчитанные по диаметру на высоте 1,3 м, с ошибкой – по диаметру пня.

*Note.* For the true value, the indicators calculated by diameter by 1,3 m are taken, with an error – by the diameter of the stump.



### Выводы

Проведенные расчеты показывают, что необходимо внести изменения в прил. 4 Постановления Правительства РФ от 18 декабря 2020 г. № 2164 «О внесении изменений в приложение № 4 к особенностям возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства» п. 2. Для определения объема уничтоженного, поврежденного или срубленного

ствола дерева применять диаметр на высоте 1,3 м от шейки корня. В случае отсутствия ствола дерева для определения объема ствола производить измерение диаметра пня в месте спила, а затем переводить диаметр на пне на диаметр на высоте 1,3 м. Следует отметить, что в нормативах по Лесной таксации входами является диаметр на высоте 1,3 м от шейки корня (Сортиментные и товарные таблицы, Объемные таблицы, Объемные разрядные таблицы и др.).

### Список источников

- Ковязин В. Ф., Леонтьев Л. Л., Минаев В. Н.* Таксация леса : учеб. пособие для вузов. М. : Лань, 2022. 240 с.
- Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 21.04.2020) // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/) (дата обращения 06.01.2024).
- Модель сбегания комлевой части стволов основных древесных пород хвойношироколиственных лесов Среднего Поволжья / *В. Л. Черных, Л. В. Черных, Д. В. Черных, С. А. Денисов* // Лес. Экология. Природопользование. 2022. № 2. С. 40–54.
- О внесении изменений в Постановление Правительства РФ от 8 мая 2007 г. № 273 : Постановление Правительства РФ № 806 от 26 ноября 2007 г. // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_72819/67d5d6015493e9611f5e3c35a54a17c95b99fa32/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72819/67d5d6015493e9611f5e3c35a54a17c95b99fa32/) (дата обращения: 06.01.2024).
- О внесении изменений в приложение № 4 к Особенностям возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства : Постановление Правительства РФ от 18 декабря 2020 г. № 2164 // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_371973/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371973/) (дата обращения: 06.01.2024).
- О применении судами законодательства об ответственности за нарушения в области охраны окружающей среды и природопользования : Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 18.10.2012 № 21 (в ред. от 15.12.2022 г.) // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_136950/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_136950/) (дата обращения: 06.01.2024).
- Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства : Постановление Правительства Российской Федерации от 08.05.2007 № 273 (ред. от 11.10.2014, с изм. от 02.06.2015) // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_68217/6dd6cc099d9d70dbc7dda72ca4d875cd3c8e4f2f/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68217/6dd6cc099d9d70dbc7dda72ca4d875cd3c8e4f2f/) (дата обращения: 06.01.2024).
- Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства : Постановление Правительства РФ от 29 декабря 2018 г. № 1730 // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_315299/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_315299/) (дата обращения: 06.01.2024).
- Общесоюзные нормативы для таксации лесов / *В. В. Загребев, В. И. Сухих, А. З. Швиденко* [и др.]. М. : Колос, 1992. 495 с.
- ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесохозяйственные. Метод закладки. М. : ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. 60 с.
- О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности. Постановление Правительства РФ от 22.05.2007

№ 310 // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_68813/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68813/) (дата обращения: 06.01.2024).

Сортиментные и товарные таблицы для лесов центральных и южных районов Европейской части РСФСР : утв. приказом Рослесхоза СССР от 23.12.1986 № 258 // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=44626#knvscOUCwsSqpmZ15> (дата обращения: 06.01.2024).

## References

- About the rates of payment per unit of forest resources and the rates of payment per unit area of a forest plot owned by the federal government. Resolution of the Government of the Russian Federation dated 22.05.2007 № 310. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_68813/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68813/) (accessed 06.01.2024). (In Russ.)
- All-Union standards for forest taxation / *V. V. Zagreev, V. I. Sukhoi, A. Z. Shvidenko* [et al.]. Moscow : Kolos, 1992. 495 p.
- Assortment and commodity tables for forests of the central and southern regions of the European part of the RSFSR. Approved by the order of the Federal Forestry Agency of the USSR dated 23.12.1986. № 258. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=44626#knvscOUCwsSqpmZ15> (accessed 06.01.2024). (In Russ.)
- Forest Code of the Russian Federation № 200-FZ dated 04.12.2006 (as amended on 21.04.2020). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/) (accessed 06.01.2024). (In Russ.)
- Kovyazin V. F., Leontiev L. L., Minaev V. N.* Forest taxation : A textbook for universities. Moscow : Lan Publishing House, 2022. 240 p.
- On Amendments to Appendix № 4 to the Specifics of Compensation for Damage Caused to Forests and Natural Objects Located in Them as a Result of Violations of Forest Legislation. Decree of the Government of the Russian Federation № 2164 dated December 18, 2020. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_371973/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371973/) (accessed 06.01.2024). (In Russ.)
- On Amendments to the Decree of the Government of the Russian Federation dated May 8, 2007 № 273. Decree of the Government of the Russian Federation № 806 dated November 26, 2007. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_72819/67d5d6015493e9611f5e3c35a54a17c95b99fa32](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72819/67d5d6015493e9611f5e3c35a54a17c95b99fa32) (accessed 06.01.2024). (In Russ.)
- On approval of the specifics of compensation for damage caused to forests and natural objects located in them as a result of violation of forest legislation. Resolution of the Government of the Russian Federation dated December 29, 2018 № 1730. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_315299/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_315299/) (accessed 06.01.2024). (In Russ.)
- On the application by the courts of legislation on liability for violations in the field of environmental protection and environmental management. Resolution of the Plenum of the Supreme Court of the Russian Federation dated 18.10.2012 № 21. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_136950/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_136950/) (accessed 06.01.2024). (In Russ.)
- On the calculation of the amount of damage caused to forests as a result of violation of forest legislation : Resolution of the Government of the Russian Federation dated 08.05.2007 № 273. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_68217/6dd6cc099d9d70dbc7dda72ca4d875cd3c8e4f2f/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68217/6dd6cc099d9d70dbc7dda72ca4d875cd3c8e4f2f/) (accessed 06.01.2024). (In Russ.)
- OST 56-69-83. Forest management trial areas. The method of laying. Moscow : Central Research Institute of Forestry of the USSR, 1983. 60 p. URL: <https://www.consultant.ru> (accessed 06.01.2024). (In Russ.)
- The escape model of the trunk of the main tree species of coniferous broadleaf forests of the Middle Volga region / *V. L. Chernykh, L. V. Chernykh, D. V. Chernykh, S. A. Denisov* // The forest. Ecology. Environmental management. 2022. № 2. P. 40-54. (In Russ.)

## ***Информация об авторах***

*Ю. И. Перепечина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;*

*С. С. Стрелков – аспирант.*

## ***Information about the authors***

*Yu. I. Perepetchina – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;*

*S. S. Strelkov –postgraduate student.*

*Статья поступила в редакцию 06.02.2024; принята к публикации 02.05.2024.*

*The article was submitted 06.02.2024; accepted for publication 02.05.2024.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 71–79.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 71–79.

Научная статья

УДК 630.432:614.84:630.57(470.5)

DOI: 10.51318/FRET.2024.14.31.010

## КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Лев Евгеньевич Кузнецов<sup>1</sup>, Алексей Александрович Кректунов<sup>2</sup>,  
Илья Михайлович Секерин<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> lev.kuznecov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7547-7055>

<sup>2</sup> Alexkrec96@mail.ru, [orcid.org/0000-0003-2160-3305](https://orcid.org/0000-0003-2160-3305)

<sup>3</sup> sekerinim@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3492-4322>

**Аннотация.** Охрана лесов от пожаров остается важнейшей задачей работников лесного хозяйства, поскольку лесные пожары оказывают влияние на все компоненты лесных насаждений, нередко приводя к гибели не только деревьев, но и людей. К сожалению, в последние десятилетия количество и особенно площадь лесных пожаров не имеют даже тенденции к снижению. В результате возникшие лесные пожары, которые при своевременном обнаружении можно потушить группой из 2–3 человек, достигают огромных размеров и при подходе их к населенным пунктам требуют десятков профессиональных лесных пожарных, оснащенных самой современной противопожарной техникой для их ликвидации, а также помощи авиации.

В работе на основании открытых источников и материалов собственных исследований авторов проведен анализ различных способов обнаружения лесных пожаров, противопожарных профилактических мероприятий и противопожарного устройства территории вокруг населенных пунктов на примере села Успенка Тюменской области. Особое внимание уделено необходимости создания вокруг населенных пунктов системы противопожарного устройства для обеспечения остановки любого природного пожара вне зависимости от его интенсивности и скорости продвижения с учетом погодных условий. Подчеркивается необходимость укомплектования пунктов сосредоточения пожарного инвентаря и противопожарных формирований всем необходимым оборудованием и инструментами для эффективного тушения лесных пожаров. Отмечается условие обязательного обучения всех лиц, привлекаемых к обнаружению и тушению лесных пожаров, правилам выполнения работ и требованиям пожарной и санитарной безопасности. Кроме того, необходимо проводить благоустройство зон отдыха граждан.

**Ключевые слова:** Тюменская область, природный пожар, лесной пожар, противопожарное устройство, населенный пункт, зарастание сельхозугодий, заброшенный сенокос, лесная растительность, горимость лесов, противопожарная пропаганда

**Для цитирования:** Кузнецов Л. Е., Кректунов А. А., Секерин И. М. Комплекс мер для защиты населенных пунктов от лесных пожаров в Тюменской области // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 71–79.

Scientific article

## A SET OF MEASURES TO PROTECT SETTLEMENTS FROM FOREST FIRES IN THE TYUMEN REGION

Lev E. Kuznetsov<sup>1</sup>, Alexey A. Krektunov<sup>2</sup>, Ilya M. Sekerin<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> lev.kuznecov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7547-7055>

<sup>2</sup> Alexkrec96@mail.ru, [orcid.org/0000-0003-2160-3305](https://orcid.org/0000-0003-2160-3305)

<sup>3</sup> sekerinim@mail.ru, [http://orcid.org/0000-0003-3492-4322](https://orcid.org/0000-0003-3492-4322)

**Abstract.** Protection of forests from fires remains the most important task of forestry workers, since forest fires affect all components of forest plantations, often leading to the death of not only trees, but also people. Unfortunately, in recent decades, the number and especially the area of forest fires do not even have a downward trend. As a result, the forest fires that have arisen, which, if detected in a timely manner, can be extinguished by a group of 2–3 people, reach enormous sizes and when they approach settlements, dozens of professional forest firefighters equipped with the most modern fire-fighting equipment for their elimination, as well as aviation assistance, are required.

In the work, based on open sources and materials of the authors' own research, an analysis of various methods of detecting forest fires, fire prevention measures and fire-fighting device of the territory around settlements, on the example of the village of Uspenka, Tyumen region, was carried out. Special attention is paid to the need to create a fire-fighting device system around settlements to ensure that any natural fire is stopped, regardless of its intensity and speed of progress, taking into account weather conditions. The necessity of staffing the points of concentration of fire equipment and fire-fighting formations with all necessary equipment and tools for effective extinguishing of forest fires is emphasized. The condition of mandatory training of all persons involved in the detection and extinguishing of forest fires, the rules of work and the requirements of fire and sanitary safety is noted. In addition, it is necessary to carry out the improvement of recreation areas.

**Keywords:** Tyumen region, natural fire, overgrowth of farmland, fire-fighting device, locality, overgrowth of farmland, abandoned haymaking, forest vegetation, forest burnability, fire prevention propaganda

**For citation:** Kuznetsov L. E., Krektunov A. A., Sekerin I. M. A set of measures to protect settlements from forest fires in the Tyumen region // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 71–79.

### Введение

В результате развала колхозов и совхозов в начале 90-х годов, а также наступления финансового кризиса в постперестроечной России значительные площади пашни, сенокосов и прочих сельскохозяйственных угодий перестали использоваться и составили фонд облесения сельскохозяйственных земель. Сегодня это явление происходит практически во всех субъектах России. По некоторым данным, сейчас заброшены и подвержены

зарастанию больше 50 % сельхозугодий (Залесов и др., 2010). Согласно официальным источникам, в настоящее время в России выведено из оборота и не используется до 40 млн га пашни. На ней происходят естественные и антропогенные процессы, такие как заболачивание, задернение, залужение, закустаривание и др. Во многих субъектах России, по данным статистики, идет зарастание плодородных земель древесно-кустарниковой растительностью, мелколесьем (Обоснование..., 2020).

Зачастую эти процессы происходят в непосредственной близости от населенных пунктов, что, в свою очередь, многократно повышает риск перехода лесного пожара в населенный пункт и, как следствие, угрожает не только имуществу граждан, но и жизни и здоровью людей (Крекунов и др., 2018).

На сегодняшний день существует много различных способов обнаружения лесных пожаров, таких как наземное патрулирование лесов, авиапатрулирование, видеомониторинг, космический мониторинг, использование беспилотных летательных аппаратов и квадрокоптеров (Залесов и др., 2014а). Из всех этих способов лучшими показателями для населенных пунктов является видеомониторинг. В целях оперативного обнаружения лесных пожаров вблизи населенных пунктов необходимо развивать систему видеомониторинга, с установкой видеокамер на радиомачты и телевышки (Залесов, Залесова, 2014). Кроме того, следует активизировать противопожарную пропаганду по разъяснению населению действий при обнаружении лесных пожаров (Залесов, Мионов, 2004).

Эффективная борьба с огнем может быть обеспечена только при условии проведения противопожарного устройства лесов (Ольховка, Залесов, 2013). При этом требуют доработки вопросы лесопожарного районирования лесов, а также уточнения классификации распределения участков лесного фонда по классам природной пожарной опасности (Залесов и др., 2013). К сожалению, несмотря на опыт соседнего Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, где все населенные пункты устроены в пожарном отношении, на территории Тюменской области такая работа слабо развита. Населенные пункты, непосредственно примыкающие к лесному фонду, в противопожарном отношении не устроены и в лучшем случае вокруг них проложена минерализованная полоса шириной 1,4 м. Такое состояние дел не выдерживает никакой критики, ведь на чаше весов не только имущество граждан, нажитое за многие годы, но и жизнь людей.

Для каждого населенного пункта должен быть разработан свой проект противопожарного устрой-

ства. Разработка проекта позволит на юридической основе расходовать средства на противопожарные мероприятия и объединить усилия ведомств и населения для недопущения экстремальной пожарной ситуации (Защита..., 2013). В разработке проекта противопожарного устройства заинтересованы главы администраций сельских поселений, районные службы Министерства по чрезвычайным ситуациям, работники лесного хозяйства и, конечно же, сами местные жители. Основой противопожарного устройства должны стать противопожарные заслоны (Залесов и др., 2014б). В целях минимизации затрат по созданию противопожарных заслонов на их территории должны быть предварительно запланированы рубки ухода или выборочные рубки спелых и перестойных насаждений (Новый способ..., 2014). В процессе указанных рубок из древостоя изымаются сухостойные и буреломные (ветровалные) деревья, а также деревья потенциального отпада (Данчева, Залесов, 2016).

Увеличивается доля деревьев мягколиственных пород, вырубается хвойный подрост и подлесок, а также обрезаются ветви у хвойных деревьев на высоту до 2,5 м. Снижение напочвенных горючих материалов и исключение развития низовых лесных пожаров в верховые существенно облегчит борьбу с огнем в случае возникновения лесного пожара (Залесов, 1998). Указанные работы должны быть выполнены в полосах шириной не менее 300 м вокруг каждого населенного пункта. Кроме того, для остановки возможного низового пожара через каждые 50 м должна быть проложена минерализованная полоса шириной не менее 1,4 м для остановки низового пожара. При наличии торфянистых почв минерализованная полоса заменяется противопожарной канавой глубиной до минерального горизонта или уровня грунтовых вод (Крекунов, Залесов, 2017). В непосредственной близости от населенного пункта необходимо содержать пожарный водоем, в случае его отсутствия по периметру населенного пункта должны быть оборудованы пожарные гидранты, которые работают по принципу водоразборных колонок, с установкой быстросъемных соединений для пожарных рукавов разного диаметра.



### Цель, методика и объекты исследования

Целью данной работы являлась оценка масштабов и последствий перехода лесных пожаров в населенные пункты на примере села Успенка Тюменской области.

Методом исследований являлся анализ показателей фактической горимости лесов Тюменской области, кроме того, проведен анализ перехода лесных пожаров в населенные пункты. Работа проводилась на основе актов, отчетов, книг учета лесных пожаров и статистической отчетности, по материалам открытой базы данных Росреестра с кадастровыми номерами и границами участков, а также по сводному плану тушения лесных пожаров 2023 г. на территории Тюменской области. Объектом исследований являлось село Успенка Тюменской области.

### Результаты и их обсуждение

В Тюменской области имеют место случаи перехода лесных пожаров в населенные пункты. Последствиями таких переходов стали не только уничтожение огнем жилых домов, но и смерть человека.

Анализ пространственного расположения одного из пострадавших населенных пунктов показал, что по прямой село Успенка находится на расстоянии 17 км от города Тюмени. В непосредственной близости от села происходило неравномерное зарастание пашни и пастбищ древесно-

кустарниковой растительностью, что и привело лесной пожар в населенный пункт. Численность населения с. Успенка, по данным переписи 2021 г., составляла 3 699 чел.

Анализируя рис. 1, следует отметить, что на космоснимке с использованием Яндекс-карт (2023) от 30 апреля 2023 г. видно расположение густого древостоя в непосредственной близости от жилых домов и бытовых построек. Такая ситуация рано или поздно привела бы к печальным последствиям. 04 мая 2023 г. в 18 часов 00 минут в Успенском лесничестве на площади 5 га в 500 м от населенного пункта был обнаружен лесной пожар. Менее чем за сутки пожар охватил площадь около 249 га и добрался до населенного пункта, при этом пострадали жилые дома и надворные постройки, примыкающие к лесному фонду.

Космоснимок села Успенка сделан с использованием Яндекс-карт в апреле 2023 г., на котором красным цветом отображена территория, наиболее пострадавшая от лесного пожара (см. рис. 1).

19 мая 2023 г. с помощью беспилотного летательного аппарата сделан снимок, на котором хорошо видны последствия лесного пожара, а также сгоревшие постройки, находившиеся в населенном пункте.

Последствия лесного пожара, перешедшего в населенный пункт, запечатленные на снимке от 19 мая 2023 г. с помощью беспилотного летательного аппарата, представлены на рис. 2.



Рис. 1. Космоснимок от 30 апреля 2023 г.  
Fig. 1. Satellite image from april 30, 2023





Рис. 2. Последствия пожара, зафиксированные с помощью БПЛА  
 Fig. 2. The consequences of the fire recorded with the help of UAVs

На рис. 2 представлена примерная площадь круга 5,65 км, в пределах которой необходима прокладка минерализованных полос, уборка захламленности, выкашивание травы и распашка полей с целью недопущения лесного пожара в населенный пункт.

Примерная площадь, на которой необходимо проведение противопожарного устройства в с. Успенка, представлена на рис. 3.

Во избежание перехода лесных пожаров в населенные пункты необходимо проведение противопожарного устройства (таблица).

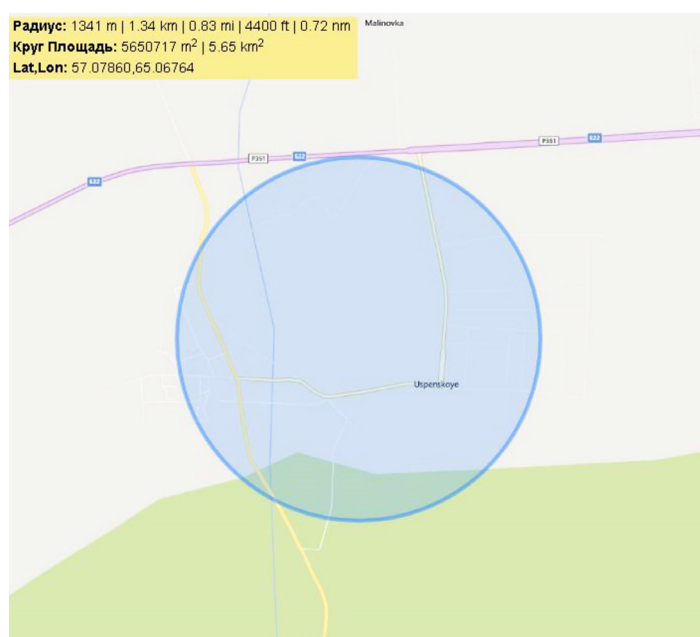


Рис. 3. Примерная площадь, необходимая для противопожарного устройства  
 Fig. 3. Approximate area required for a fire-fighting device

## Мероприятия, необходимые для выполнения противопожарного устройства с. Успенка Measures necessary for the implementation of a fire-fighting device village Uспенka

Мероприятия Events	Объем работ Scope of work	Стоимость за единицу, руб. Cost per 1 unit, rub.	Стоимость выполненных работ, руб. The cost of the work performed, rub.
Создание минерализованных полос, км Creation of mineralized strips, km	5,65	6002,4	33 913,56
Уход за минерализованными полосами, км Care of mineralized strips, km	5,65	5417,0	30 606,05
Строительство подъезда к месту забора воды, шт. Construction of an entrance to the place of water intake, pcs.	1,00	36 904,0	36 904,00
Уход за местом забора воды, шт. Care of the place of water intake, pcs.	1,00	9477,3	9477,30
Уборка захламленности, га Cleaning of clutter, ha	50,00	21754,5	1 087 725,00
Обрезка веток и сучьев, га Pruning of branches and branches, ha	50,00	2284,2	114 210,00
Устройство информационного стенда, шт. Information stand device, pcs.	3,00	10 140,1	30 420,30
Установка пожарных гидрантов, шт. Installation of fire hydrants, pcs.	3,00	37000,0	111 000,00
Обучение тактике и технике тушения лесных пожаров, шт. Training in tactics and techniques of extinguishing forest fires, pcs.	1,00	18 400,0	18 400,00
Организация системы обнаружения и учета лесных пожаров (видеомониторинг) Organization of a forest fire detection and accounting system (video monitoring)	–	75 000,0	75 000,00
Проведение противопожарной пропаганды Conducting fire prevention propaganda	–	30 000,0	30 000,00
Благоустройство зон отдыха граждан, шт. Improvement of recreation areas for citizens, pcs.	1,00	100 000,0	100 000,00
Всего Total			1 677 656,61

Анализируя таблицу, следует отметить, что для населенных пунктов, рядом с которыми отсутствуют водоемы, необходима установка пожарных гидрантов, кроме того, обязательными являются система видеомониторинга и благоустройство зон отдыха граждан. Общая стоимость мероприятий в рамках противопожарного устройства по предварительным расчетам составляет 1 677 656,61 руб.

В таблице представлены основные мероприятия, необходимые для качественного выполнения противопожарного устройства населенного пункта средней численностью населения около 3 000 чел. с целью эффективной защиты от лесных пожаров.

На основании данных публичной кадастровой карты проанализирована средняя кадастро-

вая стоимость жилого дома в с. Успенка (Росреестр, 2023). Анализируя рис. 4, следует отметить, что средняя стоимость составляет около 2 010 146,44 руб.

Средняя кадастровая стоимость жилого дома в с. Успенка представлена на рис. 4.

Таким образом, сравнивая показатели таблицы и рис. 4, следует отметить, что средняя стоимость одного жилого дома в случае перехода лесного пожара превысит расходы на противопожарное устройство на 332 489,83 руб. Такие показатели свидетельствуют о том, что разработка и выполнение мероприятий по противопожарному устройству для всего населенного пункта дешевле средней стоимости одного жилого дома в населенном пункте с. Успенка.




ЗУ		Дом	
Кад.номер:	72:17:2209003:166		
Адрес:	Российская Федерация, Тюменская область, Тюменский район, село Успенка, улица Ольховая, дом 15		
Общая площадь:	168.3 кв.м		
Наименование:	индивидуальный жилой дом		
Назначение:	Жилой дом		
  		Собственник и др.	
В список	Поделиться		
Координаты:	57.063874, 65.065724		
Кадастровая стоимость:	2 010 146.44 руб. <a href="#">заказать справку на дату</a>		
Риски при сделки:	банкротства, аресты, суды <a href="#">полная проверка</a>		
Общая этажность:	2		
Подземная этажность:	0		
Завершение строительства:	2016		
Статус:	Учтенный		
Форма собственности:	Частная собственность		

Рис. 4. Средняя кадастровая стоимость жилого дома в с. Успенка  
 Fig. 4. The average cadastral value of a residential building in the village of Uспенka

### Выводы

1. На данный момент большая часть сельскохозяйственного назначения в Тюменской области заброшена и в той или иной степени заросла древесной растительностью, что повышает риск перехода ландшафтного пожара в населенный пункт.
2. Сохранение показателей фактической горимости лесов без тенденции к снижению вызывает необходимость повышенного внимания к организации охраны лесов от пожаров.
3. При организации охраны лесов первоочередного внимания заслуживают территории лесного фонда, непосредственно примыкающие к населенным пунктам.
4. Обнаружение лесных пожаров вблизи населенных пунктов требует комплексного подхода

- с использованием видеомониторинга, стационарных служб обнаружения с вышек, маршрутного патрулирования и применения беспилотных летательных аппаратов. Особое внимание следует уделить разъяснению всем слоям населения необходимости оперативного сообщения об обнаруженных пожарах в диспетчерскую службу.
5. В основе противопожарного устройства территории вокруг населенных пунктов должны быть противопожарные заслоны, способные остановить любой вид лесного пожара.
6. Для оперативного тушения лесных пожаров в населенных пунктах должны создаваться добровольные пожарные дружины и пункты сосредоточения пожарного инвентаря.



7. Все члены добровольных пожарных дружин и руководители администрации сельских поселений должны проходить обучение организации и способам тушения лесных пожаров.

Такой комплекс мер противопожарного устройства позволит защитить населенные пункты от лесных пожаров, сохранив не только имущество местных жителей, но и здоровье граждан.

### Список источников

- Данчева А. В., Залесов С. В. Влияние рубок ухода на биологическую и пожарную устойчивость сосновых древостоев // Аграрный вестник Урала. 2016. № 3 (145). С. 56–61.
- Залесов С. В. Лесная пирология. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. акад., 1998. 296 с.
- Залесов С. В., Годовалов Г. А., Кректунов А. А. Система пожаротушения NATISK для остановки и локализации лесных пожаров // Современные проблемы науки и образования. 2014б. № 3. URL: [www.Science-education.ru/117-12757](http://www.Science-education.ru/117-12757) (дата обращения: 30.05.2023).
- Защита населенных пунктов от природных пожаров / С. В. Залесов, Г. А. Годовалов, А. А. Кректунов, Е. Ю. Платонов // Аграрный вестник Урала. 2013. № 2 (108). С. 34–36.
- Залесов С. В., Годовалов Г. А., Платонов Е. Ю. Уточненная шкала распределения участков лесного фонда по классам природной пожарной опасности // Аграрный вестник Урала. 2013. № 10 (116). С. 45–49.
- Залесов С. В., Залесова Е. С. Лесная пирология. Термины, понятия, определения : учеб. справочник. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 54 с.
- Залесов С. В., Залесова Е. С., Оплетев А. С. Рекомендации по совершенствованию охраны лесов от пожаров в ленточных борах Прииртышья. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014а. 67 с.
- Залесов С. В., Магасумова А. Г., Новоселова Н. Н. Организация противопожарного устройства насаждений, формирующихся на бывших сельскохозяйственных угодьях // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 4 (66). С. 60–63.
- Залесов С. В., Миронов М. П. Обнаружение и тушение лесных пожаров. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. 138 с.
- Кректунов А. А., Залесов С. В. Охрана населенных пунктов от природных пожаров. Екатеринбург : Урал. ин-т ГПС МЧС России, 2017. 162 с.
- Кректунов А. А., Залесов С. В., Хабибуллин А. Ф. Перспективность использования быстродействующей пены для защиты населенных пунктов от природных пожаров // Успехи современного естествознания. 2018. С. 40–44.
- Новый способ создания заградительных и опорных противопожарных полос / С. В. Залесов, Г. А. Годовалов, А. А. Кректунов, А. С. Оплетев // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (31). С. 90–95.
- Обоснование конструкции противопожарного заслона для искусственных сосняков Прииртышья (на примере Казахстана) / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, Е. П. Платонов, Е. Ю. Платонов // Лесхоз. информ. : электрон. сетевой журн. 2020. № 2. С. 79–88.
- Ольховка И. Э., Залесов С. В. Лесопожарное районирование лесов Курганской области и рекомендации по их противопожарному обустройству // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. Росреестр. URL: <https://rosreestr-doc.ru> (дата обращения: 31.05.2023).
- Яндекс-карты. URL: <https://yandex.ru/maps/225/russia/sputnik> (дата обращения: 30.05.2023).

### References

- A new way of creating protective and supporting fire-fighting strips / S. V. Zalesov, G. A. Godovalov, A. A. Krekturnov, A. S. Opletaev // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2014. № 3 (31). P. 90–95. (In Russ.)

- Dancheva A. V., Zalesov S. V.* The impact of logging on the biological and fire resistance of pine stands // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. № 3 (145). P. 56–61. (In Russ.)
- Justification of the design of a fire barrier for artificial pine forests of the Irtysh region (on the example of Kazakhstan) / *S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, E. P. Platonov, E. Yu. Platonov* // Forestry information : Electron. Network Journal. 2020. № 2. P. 79–88. (In Russ.)
- Krektunov A. A., Zalesov S. V.* Protection of settlements from natural fires. Yekaterinburg : Ural in-t GPS MCHS of Russia, 2017. 162 p.
- Krektunov A. A., Zalesov S. V., Khabibullin A. F.* The prospects of using high-speed foam to protect settlements from wildfires // Successes of Modern Natural science. 2018. P. 40–44. (In Russ.)
- Olkhovka I. E., Zalesov S. V.* Forest fire zoning of forests of the Kurgan region and recommendations for their fire-fighting arrangement // Modern problems of science and education. 2013. № 5. (In Russ.)
- Protection of settlements from natural fires / *S. V. Zalesov, G. A. Godovalov, A. A. Krektunov, E. Yu. Platonov* // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 2 (108). P. 34–36. (In Russ.)
- Rosreestr. URL: <https://rosreestr-doc.ru> (accessed 31.05.2023). (In Russ.)
- Yandex Maps. URL: <https://yandex.ru/maps> (accessed 30.05.2023). (In Russ.)
- Zalesov S. V., Godovalov G. A., Krektunov A. A.* NATISK fire extinguishing system for stopping and localizing forest fires // Modern problems of science and education. 2014b. № 3. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Godovalov G. A., Platonov E. Yu.* Refined scale of distribution of forest fund plots by classes of natural fire hazard // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 10 (116). P. 45–49. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Magasumova A. G., Novoselova N. N.* Organization of fire-fighting device of plantings formed on former agricultural lands // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2010. № 4 (66). P. 60–63. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Mironov M. P.* Detection and extinguishing of forest fires. Yekaterinburg : Ural gos. lesotechn. un-t, 2004. 138 p.
- Zalesov S. V., Zalesova E. S., Opletaev A. S.* Recommendations for improving the protection of forests from fires in the belt forests of the Irtysh region. Yekaterinburg : Ural gos. lesotechn. un-t, 2014a. 67 p.
- Zalesov S. V.* Forest pyrology. Yekaterinburg : Ural gos. Lesotechn. akad., 1998. 296 p.
- Zalesov S. V., Zalesova E. S.* Forest pyrology. Terms, concepts, definitions : educational reference. Yekaterinburg : Ural gos. Lesotechn. un-t, 2014. 54 p.

#### ***Информация об авторах***

*Л. Е. Кузнецов – аспирант;*

*А. А. Кректунов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;*

*И. М. Секерин – кандидат сельскохозяйственных наук.*

#### ***Information about the authors***

*L. E. Kuznetsov – graduate student;*

*A. A. Krektunov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;*

*I. M. Sekerin – Candidate of Agricultural Sciences.*

*Статья поступила в редакцию 11.12.2023; принята к публикации 02.02.2024.*

*The article was submitted 11.12.2023; accepted for publication 02.02.2024.*

---

---



Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 80–92.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 80–92.

Научная статья

УДК 630.43

DOI: 10.51318/FRET.2024.23.87.009

## АНАЛИЗ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ ВАРГАШИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА)

Леонид Александрович Белов<sup>1</sup>, Юлия Александровна Астахова<sup>2</sup>,  
Анна Васильевна Болсун<sup>3</sup>

<sup>1–3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> belovla@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6397-3681>

<sup>2</sup> marayskoye@bk.ru

<sup>3</sup> bolsun\_1976@mail.ru

**Аннотация.** Основываясь на данных актов о лесных пожарах, выполнили анализ горимости лесов Варгашинского лесничества Курганского управления лесами за 12-летний период. Получено распределение количества пожаров по датам первого и последнего пожара, месяцам и годам. Проанализирована площадь пожара в момент его обнаружения и площадь, пройденная огнем.

Под пожароопасным сезоном понимается период, в течение которого возможно возникновение и развитие лесных пожаров. Продолжительность и особенность пожароопасного периода зависят от ряда климатообразующих факторов. Наиболее важными с лесопожарной точки зрения климатообразующими факторами являются количество осадков и их распределение по месяцам, температура и влажность воздуха, направление и сила ветра.

Установлено, что продолжительность пожароопасного периода в лесах варьирует от 1 до 200 дней и напрямую зависит от погодных условий. Пик пожаров приходится на май, вероятность загораний определяется зрелостью горючих материалов, т. е. их высокой концентрацией и низкой влажностью. За анализируемый период времени был зафиксирован 471 лесной пожар. При этом пройденная огнем площадь составила 10 074,4 га. Фактическая горимость лесов в последние годы характеризуется как чрезвычайно высокая. Начало пожароопасного сезона приходится на вторую декаду апреля, окончание – на вторую декаду октября. Наибольшая горимость лесов наблюдается в мае, июне и сентябре.

Напряженность в охране лесов зависит от продолжительности пожароопасного сезона, на что влияет целый ряд климатических факторов, и устанавливается он путем анализа начала и окончания фактической горимости. Для эффективной борьбы с лесными пожарами необходима разработка системы противопожарных мероприятий на территории Варгашинского лесничества.

**Ключевые слова:** лесные пожары, горимость лесов, класс пожарной опасности, пожароопасный период, фактическая горимость, показатели горимости

**Для цитирования:** Белов Л. А., Астахова Ю. А., Болсун А. В. Анализ горимости лесов Курганской области (на примере Варгашинского лесничества) // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3(90). С. 80–92.

Scientific article

## ANALYSIS OF FOREST FIRE RATE IN THE KURGAN REGION (USING THE EXAMPLE OF VARGASHINSKY FORESTRY)

Leonid A. Belov<sup>1</sup>, Yulia A. Astakhova<sup>2</sup>, Anna V. Bolsun<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> belovla@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6397-3681>

<sup>2</sup> marayskoye@bk.ru

<sup>3</sup> bolsun\_1976@mail.ru

**Abstract.** Based on the data of acts on forest fires, the analysis of the burning of forests of the Vargashinsky forestry of the Kurgan Forest Management for a 12-year period was carried out. The distribution of the number of fires by dates of the first and last fire, months and years is obtained. The area of the fire at the time of its detection and the area traversed by the fire are analyzed.

The fire season refers to the period during which the occurrence and development of forest fires is possible. The duration and peculiarity of the fire-hazardous period depend on a number of climatic factors. The most important from the forest fire point of view, climate-forming factors are the amount of precipitation and their distribution by month, temperature and humidity, wind direction and strength.

It is established that the duration of the fire-hazardous period in forests varies from 1 to 200 days and its duration directly depends on weather conditions. The peak of fires occurs in May, the probability of fires is determined by the maturity of combustible materials, i.e. their high concentration and low humidity. During the analyzed period of time, 471 forest fires were recorded. At the same time, the area covered by the fire was 10074,4 hectares. The actual burning of forests in recent years has been characterized as extremely high. The beginning of the fire season falls on the second decade of April, the end – on the second decade of October. The highest burning of forests is observed in May, June and September.

The tension in the protection of forests depends on the duration of the fire season, the duration of which is influenced by a number of climatic factors and is determined by analyzing the beginning and end of the actual burning. To effectively combat forest fires, it is necessary to develop a system of fire-fighting measures on the territory of the Vargashinsky forestry.

**Keywords:** forest fires, forest burnability, fire hazard class, fire-hazardous period, actual burnability, indicators of burnability

**For citation:** Belov L. A., Astakhova Yu. A., Bolsun A. V. Analysis of forest fire rate in the Kurgan region (using the example of Vargashinsky forestry) // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 80–92.

### Введение

Леса выполняют важнейшие биоэкологические функции: предотвращают эрозию почвы, сохраняют и повышают плодородие земли, обогащают атмосферу кислородом и влияют на формирование климата. Леса России являются составной частью национального богатства и важным ресурсом для обеспечения экологической и экономической безопасности страны (Залесов, 2021).

Ежегодно в лесах России регистрируется 13–40 тыс. лесных пожаров, среднегодовое число 24,62 тыс. Площадь, пройденная огнем, варьирует от 0,5 до 2,5 млн га.

Лесные пожары разрушают многие компоненты окружающей нас среды. В огне повреждается не только растущий лес, но и уничтожаются заготовленная древесина, техника, постройки, многие виды животных и промысловых птиц,

сокращается сырьевая база лесозаготовительных предприятий. В отдельных случаях сгорают посёлки, гибнут люди (Воробьев и др., 2004; Кректунов, Залесов, 2017; Специфика..., 2022; Охрана..., 2022; Платонов, Панин, 2021).

Вышеуказанные обстоятельства обуславливают несомненную актуальность совершенствования мероприятий, касающихся охраны лесов от пожаров и предотвращения, точнее минимизации, наносимого ими ущерба (Противопожарное обустройство..., 2022; Архипов, Залесов, 2022; Повышение..., 2022; Панин, Залесов, 2017; Куплевацкий и др., 2021; Залесов и др., 2013; Марченко, Залесов, 2013).

### Цель, объекты и методика исследований

Варгашино лесничество является одним из крупнейших лесничеств Курганской области, которое расположено в восточной малолесной ее части. Расположение лесных участков носит в основном колочный характер. Однако на территории лесничества достаточно много небольших населенных пунктов с развитой дорожной сетью, кроме того, через территорию лесничества проходит феде-

ральная трасса в направлении Томской области. Ежегодно леса лесничества посещаются местным населением с целью сбора дикоросов, а осенью – с целью осуществления охоты на копытных и пернатую дичь. Также на территории лесничества ведут свою деятельность несколько сельскохозяйственных предприятий, занимающихся выращиванием сельскохозяйственных культур.

Ежегодно на территории лесничества возникают лесные пожары, приносящие значительный ущерб как лесному, так и сельскому хозяйству (Ольховка, Залесов, 2013). Последнее обусловило необходимость анализа горимости лесов лесничества, выявления причин возгорания и определения показателей горимости лесов.

Исходным материалом для анализа горимости лесов явились акты лесных пожаров, составленные за период с 2011 по 2022 гг. на территории Варгашино лесничества.

Фактическую горимость лесов оценивали по числу случаев загорания на 1 млн га и по пройденной огнем площади в гектарах на 1 тыс. га площади лесничества. Для этого использовали методики Г.А. Мокеева (1965) и «Росгипролес» (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

Шкала оценки фактической горимости  
Scale of assessment of actual burnability

Среднегодовая фактическая горимость лесов Average annual actual burning of forests		Степень относительной горимости лесов The degree of relative burnability of forests	Класс фактической горимости лесов The class of actual forest burnability
по числу случаев пожаров на 1 млн га площади (частота пожаров) by the number of cases of fires per 1 million hectares of area (frequency of fires)	по пройденной огнем площади в га на 1 тыс. га (горимость) according to the area covered by fire in hectares per 1 thousand hectares (burnability)		
201 и более в год 201 or more per year	Более 3 га в год More than 3 hectares per year	Чрезвычайная Emergency	1a
От 101 до 200 From 101 to 200	От 1,51 до 3,0 From 1,51 To 3,0	Высокая High	1
От 51 до 100 From 51 to 100	От 1,01 до 1,5 From 1,01 To 1,5	Выше средней Above average	2
От 21 до 50 From 21 to 50	От 0,51 до 1,0 From 0,51 To 1,0	Средняя Average	3
От 5 до 20 From 5 to 20	От 0,1 до 0,5 From 0,1 To 0,5	Ниже средней Below average	4
Менее 5 Less than 5	Менее 0,1 Less than 0,1	Низкая Low	5

В соответствии с ними под горимостью лесов понимается число и площадь лесных пожаров на конкретной территории лесного фонда. Под относительной горимостью подразумеваются число пожаров в среднем за пожароопасный сезон на 1 млн га и доля площади, пройденной лесными пожарами, от всей площади исследуемой территории (Залесов, Залесова, 2014).

В соответствии с «Правилами пожарной безопасности в лесах» (Постановление Правительства..., 2020) пожарным сезоном считается «период с момента схода снежного покрова в лесу до наступления устойчивой снежной погоды или образования снегового покрова».

### Результаты и их обсуждение

Варгашиноское лесничество расположено в малолесной части Курганской области. Лесистость составляет в среднем 18 %. Расположение лесных участков носит в основном колочный характер.

Вся территория Варгашиноского лесничества (186514 га) относится к зоне наземного мониторинга.

Данные о распределении площади лесничества по классам природной пожарной опасности приведены в табл. 2.

Территория Варгашиноского лесничества характеризуется средним классом пожарной опасности 3,2, что показывает невысокую вероятность возникновения лесных пожаров в течение всего пожароопасного сезона, средняя продолжительность которого для условий лесничества составляет 141 день.

Самый низкий класс пожарной опасности (пятый) на территории лесничества отсутствует.

К первому классу пожарной опасности относится 9900 га площади лесного фонда, или 5,3 %.

Период фактической горимости по годам сильно варьирует и составляет минимум в 2013 г. 1 день, а максимум в 2021 г. – 200 дней (табл. 3).

За 12-летний период возник 471 пожар. Максимальное количество пожаров отмечено в 2021 г. – 112 шт., а наименьшее в 2013 г. – 1 шт. Пройденная огнем площадь за анализируемый период составила 10074,4 га. Наибольшая пройденная огнем площадь приходится на 2022 г. и составляет 4367,0 га, средняя площадь одного пожара – 839,5 га. Основной вид пожаров в лесничестве – низовой беглый. Низовой устойчивый пожар зафиксирован в 2011 и 2012 гг. Верховой пожар за 12-летний период был отмечен в 2012 г. Причины высокой фактической горимости – экстремальные погодные условия и административно-организационные и финансовые проблемы.

Первые пожары на территории лесничества зарегистрированы в середине апреля (табл. 4). Это объясняется быстрым сходом снежного покрова, теплой погодой и открытием весеннего сезона охоты и рыбалки, вследствие этого при неосторожном обращении с огнем чаще возникают возгорания травянистой растительности. Наибольшее количество пожаров приходится на май – 144 пожара, что составляет 30,6 % от общего количества пожаров. Пройденная огнем площадь в этот месяц – 4225,3 га, или 41,9 %. Доля пожаров в апреле составляет 26,3 %, и это второй месяц в году, в течение которого отмечено наибольшее количество пожаров. Именно в апреле-мае требуются максимальные усилия по профилактике, предотвращению и оперативной локализации лесных пожаров.

Таблица 2  
Table 2

Распределение площади земель лесного фонда по классам пожарной опасности, га/%  
Distribution of the forest fund land area by fire hazard classes, ha/%

Площадь по классам пожарной опасности Area by fire hazard classes				Площадь лесничества, га Forestry area, ha	Средний класс природной пожарной опасности The middle class of natural fire dang
1	2	3	4		
9900 5,3	11400 6,1	86114 46,2	79100 42,4	186514 100	3,2

Таблица 3  
Table 3

Фактическая горимость лесов за период с 2011 по 2022 гг.  
The actual burning capacity of forests for the period from 2011 to 2022

Год Year	Дата первого пожара Date of the first fire	Дата последнего пожара Date of the last fire	Период фактической горимости, дней The period of actual burnability, days	Возникло пожаров, шт. There were fires, pcs.	Общая площадь, га Total area, ha	Распределение пожаров по видам, шт. Distribution of fires by type, pcs.			Средняя площадь пожара, га Average area of one fire, ha
						Низовой беглый Grassroots fluent	Низовой устойчивый Grassroots sustainable	Верховой Riding	
2011	26.04	22.10	180	32	557,0	30	1	1	17,41
2012	15.04	10.09	179	71	202,5	57	14	–	2,85
2013	24.04	24.04	1	1	4,0	1	–	–	4,00
2014	15.04	29.09	137	70	342,9	70	–	–	4,90
2015	24.04	08.09	138	13	183,3	13	–	–	14,10
2016	01.05	22.08	114	14	15,5	14	–	–	1,11
2017	21.04	19.10	182	18	35,1	18	–	–	1,95
2018	23.04	21.09	152	34	264,6	34	–	–	7,78
2019	06.05	22.06	49	14	69,5	14	–	–	4,96
2020	20.04	21.10	185	30	347,6	30	–	–	11,59
2021	26.04	11.11	200	112	3685,4	112	–	–	32,90
2022	25.04	10.10	169	62	4367,0	62	–	–	70,40
Итого Total	–	–	1686	471	10074,4	455	15	1	21,38
В среднем On average			141	39	839,5	–	–	–	–

В июне-июле пожарная опасность высокая вследствие высоких дневных температур и большой скорости ветра, что способствует быстрому просыханию горючих материалов после выпадения атмосферных осадков.

С начала сентября, после отмирания травянистой растительности и созревания брусники, клюквы и черники (увеличения притока населения в лес), до устойчивой дождливой погоды пожарная опасность также высока. Природная пожарная опасность может увеличиваться или уменьшаться при определенных сочетаниях метеорологических факторов.

По распределению количества лесных пожаров по годам и причинам их возникновения

можно отметить, что из общего количества пожаров 78 случаев, или 16,5 %, возникли по невыявленным причинам. В 143 случаях (30,4 %) причиной возникновения лесных пожаров явилось местное население (табл. 5).

Среди выявленных причин доминирует переход огня с иных категорий земель – 209 случаев (44,4 %). Нераскрытость причин лесных пожаров отмечена в 2012 и 2014 гг. На долю других причин приходится не более 5 % случаев возникновения лесных пожаров.

Для оценки оперативности и эффективности в обнаружении, а также в тушении лесных пожаров необходимо знать распределение числа пожаров по площади в момент их обнаружения (табл. 6).

Таблица 4  
Table 4

Распределения числа пожаров по месяцам пожароопасного периода  
Distribution of the number of fires by months of the fire-hazardous period

Год Year	Всего пожаров Total fires		В том числе по месяцам																							
	шт. pcs	га ha	Апрель April		Май May		Июнь June		Июль July		Август August		Сентябрь September		Октябрь October		Ноябрь November									
			шт. pcs	га ha	шт. pcs	га ha	шт. pcs	га ha	шт. pcs	га ha	шт. pcs	га ha	шт. pcs	га ha	шт. pcs	га ha	шт. pcs	га ha	шт. pcs	га ha						
2011	32	557,0	3,0	10,7	25,0	545,9	3,0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	1,0	0,4	-	-							
2012	71	202,5	29,0	54,1	8,0	8,8	8,0	25,5	12,0	66,5	7,0	16,7	7,0	30,9	-	-	-	-	-							
2013	1	4,0	1,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
2014	70	342,9	35,0	223,6	23,0	109,9	10,0	6,7	-	-	-	-	-	2,0	2,7	-	-	-	-							
2015	13	183,3	4,0	5,3	5,0	177,9	1,0	0,1	-	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-	-							
2016	14	15,5	10,0	10,8	1,0	0,3	-	-	-	-	3,0	4,4	-	-	-	-	-	-	-							
2017	18	35,1	2,0	2,5	6,0	15,9	-	-	-	-	-	-	-	2,0	6,1	8,0	16,7	-	-							
2018	34	264,6	3,0	6,3	28,0	256,3	1,0	1,0	-	-	1,0	0,5	1,0	0,5	-	-	-	-	-							
2019	14	69,5	-	-	9,0	67,0	5,0	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
2020	30	347,6	3,0	51,7	-	-	-	-	2,0	15,4	5,0	53,0	9,0	12,9	11,0	214,6	-	-	-							
2021	112	3685,4	17,0	141,4	18,0	188,0	26,0	189,0	38,0	2172,1	4,0	17,4	4,0	205,8	4,0	735,6	1,0	36,1	-							
2022	62	4367,0	17,0	1380,0	21,0	2855,3	1,0	2,5	4,0	10,6	9,0	31,2	8,0	69,2	2,0	18,2	-	-	-							
Итого Total	471	10074,4	124,0	1890,4	144,0	4225,3	55,0	230,8	56,0	2264,6	29,0	123,2	36,0	328,1	26,0	985,5	1,0	36,1	-							
%	-	-	26,3	18,6	30,6	41,9	11,7	2,3	11,9	22,5	6,2	1,2	7,6	3,3	5,5	9,8	0,2	0,4	-							



*Таблица 5*  
*Table 5*

Распределение количества лесных пожаров по причинам возникновения (шт.)  
Distribution of the number of forest fires by causes (pcs.)

Год Year	Всего пожаров Total fires	В т. ч. по причинам возникновения Including for reasons of occurrence					
		Гроза Thunderstorm	Сельхозпалы Agricultural branches	От железной дороги, ЛЭП From the railway, power lines	Неосторожное обращение с огнем Careless handling of fire	Переход огня с иных категорий земель The transition of fire from other categories of land	Причина не установлена The reason is not established
2011	32	–	1,0	–	29,0	2,0	–
2012	71	–	6,0	–	30,0	3,0	32,0
2013	1	–	–	1,0	–	–	–
2014	70	–	–	1,0	22,0	1,0	46,0
2015	13	–	–	2,0	9,0	2,0	–
2016	14	–	–	–	8,0	6,0	–
2017	18	–	–	–	6,0	12,0	–
2018	34	–	–	2,0	–	32,0	–
2019	14	–	–	–	–	14,0	–
2020	30	–	–	–	10,0	20,0	–
2021	112	23,0	–	4	29,0	56,0	–
2022	62	1,0	–	–	–	61,0	–
Итого Total	471	24,0	7,0	10,0	143,0	209,0	78,0
%	100	5,1	1,5	2,1	30,4	44,4	16,5

*Таблица 6*  
*Table 6*

Распределение числа пожаров по площади в момент их обнаружения  
Distribution of the number of fires by area at the time of their detection

Года Year	Градации пожаров по площади, га Gradations of fires by area, ha							Всего пожаров Total fires
	До 0,1 To 0,1	0,1–0,5	0,6–1	1,1–5,0	5,1–10,0	10,1–50,0	Более 50 More than 50	
2011	4	21	3	3	–	1	–	32
2012	7	45	11	8	–	–	–	71
2013	–	1	–	–	–	–	–	1
2014	14	42	10	4	–	–	–	70
2015	3	7	3	–	–	–	–	13
2016	3	11	–	–	–	–	–	14
2017	–	13	5	–	–	–	–	18
2018	–	24	1	9	–	–	–	34

*Окончание табл. 6  
The end of table 6*

Года Year	Градации пожаров по площади, га Gradations of fires by area, ha							Всего пожаров Total fires
	До 0,1 To 0,1	0,1–0,5	0,6–1	1,1–5,0	5,1–10,0	10,1–50,0	Более 50 More than 50	
2019	1,0	7,0	3,0	3,0	–	–	–	14,0
2020	1,0	14,0	5,0	9,0	–	1,0	–	30,0
2021	1,0	33,0	26,0	41,0	9,0	2,0	–	112,0
2022	4,0	15,0	8,0	29,0	3,0	3,0	–	62,0
Итого Total	38,0	233,0	75,0	106,0	12,0	7,0	–	471,0
%	8,1	49,5	15,9	22,5	2,5	1,5	–	100,0

Из 471 зарегистрированного пожара за анализируемый период 38 были обнаружены на площади до 0,10 га, что составляет 8,1 %; 233 пожара были обнаружены на площади 0,1–0,5 га – 49,5 %. Доля пожаров в момент их обнаружения на площади более 5 га составляет не более 2,5 % от общего их количества.

Обнаружение 57 % всех пожаров на площади до 0,5 га объясняется быстрым реагированием лесничества и арендаторов лесных участков, развитой сетью дорог и, как следствие, отсутствием труднодоступных лесных участков.

В табл. 7 представлено распределение числа пожаров по площади после их ликвидации.

*Таблица 7  
Table 7*

Распределение числа пожаров по площади после их ликвидации  
Distribution of the number of fires by area after their elimination

Года Year	Градации пожаров по площади, га Gradations of fires by area, ha							Всего пожаров Total fires
	До 0,1 To 0,1	0,1–0,5	0,6–1	1,1–5,0	5,1–10,0	10,1–50,0	Более 50 More than 50	
2011	–	15,0	–	8,0	5,0	3,0	1,0	32
2012	–	24,0	9,0	23,0	11,0	4,0	–	71
2013	–	–	–	1,0	–	–	–	1
2014	–	17,0	14,0	29,0	6,0	3,0	1,0	70
2015	–	5,0	1,0	5,0	1,0	–	1,0	13
2016	–	8,0	1,0	5,0	–	–	–	14
2017	–	8,0	1,0	9,0	–	–	–	18
2018	–	2,0	6,0	11,0	2,0	13,0	–	34
2019	–	4,0	2,0	4,0	1,0	3,0	–	14
2020	–	9,0	2,0	9,0	3,0	6,0	1,0	30
2021	–	15,0	2,0	34,0	17,0	19,0	25,0	112
2022	–	8,0	2,0	18,0	10,0	12,0	12,0	62
Итого Total	–	115,0	40,0	156,0	56,0	63,0	41,0	471
%	–	24,4	8,5	33,1	11,9	13,4	8,7	100

Полученные данные дополняют картину об оперативности в тушении лесных пожаров.

Анализируя табл. 7, можно отметить, что большая часть пожаров (156 пожаров из 417) была ликвидирована на площади до 5,0 га, что составляет 33,1 % от общего количества пожаров.

В других случаях пожары по площади после их ликвидации распределились следующим образом:

- до 0,1 га – 0 пожаров (0 %);
- 0,1–0,5 га – 115 пожаров (24,4 %);
- 0,6–1,0 га – 40 пожаров (8,5 %);
- 5,1–10,0 га – 56 пожаров (11,9 %);
- 10,1–50 га – 63 пожара (13,4 %);
- более 50 га – 41 пожар (8,7 %).

Эффективную борьбу с пожарами обеспечивали наземные службы охраны лесов. Практика тушения лесных пожаров показывает, что 1–2 человека, своевременно прибывшие на пожар могут сделать значительно больше, чем десятки людей, прибывших с опозданием на 1–2 часа. Большая оперативность необходима при выезде на пожар в сухую ветреную погоду. Здесь буквально минуты решают успех тушения пожара.

В табл. 8 представлено соотношение природной и фактической горимости, а также показатели относительной горимости лесов Варгашинского лесничества.

Таблица 8

Table 8

Сводные показатели относительной горимости  
Summary indicators of relative burnability

Год Year	Общее число пожаров, шт. Total number of fires, pcs.	Пройденная площадь, га Covered area, ha	Продолжительность пожароопасного периода, дн. Duration of the fire-hazardous period, days.	Средняя площадь пожара, га Average fire area, ha	Степень относительной горимости лесов The degree of relative burnability of forests			
					фактическая actual	Степень относительной горимости/класс горимости Degree of relative burnability/class of burnability	фактическая actual	Степень относительной горимости/класс горимости Degree of relative burnability/class of burnability
					по числу случаев на 1 млн га (частота пожаров) by the number of cases per 1 million hectares (frequency of fires)		по пройденной площади на 1 тыс. га (горимость) on the covered area per 1 thousand hectares (burnability)	
2011	32	557,0	180	17,41	172	Высокая/1 High/1	2,990	Высокая/1 High/1
2012	71	202,5	179	2,85	381	Чрезвычайная/1а Emergency/1a	1,090	Выше средней/2 Above average/2
2013	1	4,0	1	4,00	5	Ниже средней/4 Below average/4	0,001	Низкая/5 Low/5
2014	70	342,9	137	4,90	375	Чрезвычайная/1а Emergency/1a	1,840	Высокая/1 High/1
2015	13	183,3	138	14,10	70	Выше средней/2 Above average/2	0,980	Средняя/3 Average/3
2016	14	15,5	114	1,11	75	Выше средней/2 Above average/2	0,080	Низкая/5 Low/5
2017	18	35,1	182	1,95	97	Выше средней/2 Above average/2	0,190	Ниже средней/4 Below average/4
2018	34	264,6	152	7,78	182	Высокая/1 High/1	1,420	Выше средней/2 Above average/2
2019	14	69,5	49	4,96	75	Выше средней/2 Above average/2	0,370	Ниже средней/4 Below average/4

*Окончание табл. 8  
The end of table 8*

Год Year	Общее число пожаров, шт. Total number of fires, pcs.	Пройденная площадь, га Covered area, ha	Продолжительность пожароопасного периода, дн. Duration of the fire-hazardous period, days.	Средняя площадь пожара, га Average fire area, ha	Степень относительной горимости лесов The degree of relative burnability of forests			
					фактическая actual	Степень относительной горимости/класс горимости Degree of relative burnability/class of burnability	фактическая actual	Степень относительной горимости/класс горимости Degree of relative burnability/class of burnability
					по числу случаев на 1 млн га (частота пожаров) by the number of cases per 1 million hectares (frequency of fires)		по пройденной площади на 1 тыс. га (горимость) on the covered area per 1 thousand hectares (burnability)	
2020	30	347,6	185	11,59	161	Высокая/1 High/1	1,860	Высокая/1 High/1
2021	112	3685,4	200	32,90	600	Чрезвычайная/1а Emergency/1a	19,760	Чрезвычайная/1а Emergency/1a
2022	62	4367,0	169	70,40	332	Чрезвычайная/1а Emergency/1a	23,410	Чрезвычайная/1а Emergency/1a
Итого Total	471	10074,4	1686	–	–	–	–	–
В среднем за 12 лет On average for 12 years	39	839,5	141	21,40	209	Чрезвычайная/1а Emergency/1a	4,500	Чрезвычайная/1а Emergency/1a

Фактическая горимость (частота пожаров) по числу случаев на 1 млн га составляет от 5 в 2013 г. (минимальная) до 600 в 2021 г. (максимальная) и оценивается от ниже средней до чрезвычайной. По пройденной площади в пересчете на 1 тыс. га горимость варьирует в пределах от 0,001 в 2013 г. до 23,41 в 2022 г. и оценивается от низкой до чрезвычайной. Данный факт свидетельствует о крайне неблагоприятных климатических условиях в этот период, что подтверждается значительной пройденной огнем площадью – 10074,4 га, относительно длительным пожароопасным периодом и большим количеством загораний. За анализируемый период времени (12 лет) температурные показатели значительно превышали средние, а осадки практически отсутствовали в течение вегетационного периода. Средняя площадь пожаров также значительно варьирует от минимальной в 2016 г. (1,11 га) до максимальной в 2022 г. (70,4 га).

В среднем за анализируемый период по числу случаев пожаров на 1 млн га и по пройденной огнем площади степень относительной горимости лесов территории лесничества оценивается как чрезвычайная, класс фактической горимости лесов наивысший – 1а.

### Выводы

Горимость лесов Варгашинского лесничества существенно варьирует по годам. При этом максимальной горимостью характеризуются май и апрель месяцы.

Основной причиной весеннего максимума горимости является высохшая прошлогодняя трава.

Среди лесных пожаров доминируют беглые низовые. За период с 2011 по 2022 гг. зафиксирован один верховой пожар. Торфяных пожаров в этот период отмечено не было.

Основными причинами лесных пожаров являются переход огня с земель сельскохозяйственного назначения (44,4 %) и неосторожное обращение с огнем (30,4 %). В то же время причины 16,5 % лесных пожаров не установлены, что вызывает необходимость усиления работы в данном направлении.

В целом борьба с лесными пожарами ведется достаточно эффективно, что позволяет успешно решать задачи в средние по показателям горимости годы.

Особое внимание при организации тушения лесных пожаров следует уделять оперативности обнаружения и тушения возникающих возгораний.

### Список источников

- 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. DOI: 10.51318/FRET.2022.51.26.003
- Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И.* Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. М. : ДЭКС-ПРЕСС, 2004. 312 с.
- Залесов С. В.* Лесная пирология : учебник. 4-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. 396 с.
- Залесов С. В., Годовалов Г. А., Кректунов А. А.* Защита населенных пунктов от природных пожаров // Аграрный вестник Урала. 2013. № 2 (108). С. 34–36.
- Залесов С. В., Залесова Е. С.* Лесная пирология. Термины, понятия, определения : учеб. справочник. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2014. 54 с.
- Кректунов А. А., Залесов С. В.* Охрана населенных пунктов от природных пожаров. Екатеринбург : Урал. ИГПС МЧС России, 2017. 162 с.
- Куплевацкий С. В., Захарова И. С., Шабалина Н. Н.* Горимость лесов на территории Уральского федерального округа и правовые аспекты совершенствования охраны их от пожаров // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 2 (77). С. 16–25.
- Марченко В. П., Залесов С. В.* Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс Орманы» // Вестник Алтайского государственного агротехнического университета. 2013. № 10 (108). С. 55–59.
- Мокеев Г. А.* Влияние природных и экономических условий на горимость лесов и охрану их от пожаров // Современные вопросы охраны лесов от пожаров : сб. ст. М., 1965. С. 26–37.
- Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах : Постановление Правительства РФ от 07.10.2020 № 1614 // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
- Ольховка И. Э., Залесов С. В.* Лесопожарное районирование лесов Курганской области и рекомендации по их противопожарному обустройству // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. URL: [www.science-education.ru/111-10262](http://www.science-education.ru/111-10262) (дата обращения: 20.10.2023).
- Охрана населенных пунктов, подверженных угрозе лесных пожаров, органами государственного пожарного надзора ФПС МЧС России / *А. А. Кректунов, Я. Н. Васков, А. М. Ерицов, И. М. Секерин* // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 2 (81). С. 11–18.
- Панин И. А., Залесов С. В.* Влияние устойчивых низовых пожаров на запасы пищевых и лекарственных ресурсов // Актуальные проблемы лесного комплекса / под общ. ред. Е. А. Памфилова : сб. науч. тр. Вып. 49. Брянск : БГИТУ, 2017. С. 35–38.
- Платонов Е. П., Панин И. А.* Причины увеличения количества природных пожаров в последние десятилетия // Вестник биотехнологии: научный журнал. 2021. № 2 (25). URL: <http://bio.urgau.ru/ru/1-24-2021/7-01-2021> (дата обращения: 20.10.2023).
- Повышение пожароустойчивости насаждений на рекультивированных землях / *И. Е. Корчагин, А. Е. Морозов, И. А. Панин, Р. А. Осипенко* // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 2–1 (116). С. 147–151. DOI: 10.23670/IRJ.2022.116.2.024

Противопожарное обустройство лесов южной тайги, лесостепи Западной Сибири и Урала / Б. Е. Чижов, С. В. Залесов, Г. Г. Терехов [и др.] // Лесохозяйственная информация. 2022. № 2. С. 13–33. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.02

Специфика распространения и тушения торфяных пожаров в зимний период / И. М. Секерин, Г. А. Годовалов, А. М. Ерицов, С. В. Залесов // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2022. Т. 26. № 5. С. 64–70. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-64-70

## References

*Arkhipov E. V., Zalesov S. V.* Minimization of post-fire damage in pine forests after grass-roots forest fires // Forests of Russia and economy in them. 2022. № 1 (80). P. 26–36. DOI: 10.51318/FRET.2022.51.26.003 (In Russ.)

Fire-fighting arrangement of forests of the southern taiga, forest-steppe of Western Siberia and the Urals / B. E. Chizhov, S. V. Zalesov, G. G. Terekhov [et al.] // Forestry information. 2022. № 2. P. 13–33. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.02 (In Russ.)

Improving fire resistance of plantings on reclaimed lands / I. E. Korchagin, A. E. Morozov, I. A. Panin, R. A. Osipenko // International Scientific Research Journal. 2022. № 2–1 (116). P. 147–151. DOI: 10.23670/IRJ.2022.116.2.024 (In Russ.)

*Krektunov A. A., Zalesov S. V.* Protection of settlements from natural fires. Yekaterinburg : UrI GPS EMERCOM of Russia, 2017. 162 p.

*Kuplevatsky S. V., Zakharova I. S., Shabalina N. N.* The burnability of forests on the territory of the Ural Federal District and legal aspects of improving their protection from fires // Forests of Russia and economy in them. 2021. № 2 (77). P. 16–25. (In Russ.)

*Marchenko V. P., Zalesov S. V.* The burnability of ribbon hogs in the Arctic and ways to minimize it on the example of the State Enterprise GLPR “Yertys Ormany” // Vestnik Altay State Agrotechnical University. 2013. № 10 (108). P. 55–59. (In Russ.)

*Mokeyev G. A.* The influence of natural and economic conditions on the burning of forests and their protection from fires // Modern issues of forest protection from fires: collection of articles. Moscow, 1965. P. 26–37. (In Russ.)

*Olkhovka I. E., Zalesov S. V.* Forest fire zoning of forests of the Kurgan region and recommendations for their fire-fighting arrangement // modern problems of science and education. 2013. № 5. URL: [www.science-education.ru/111-10262](http://www.science-education.ru/111-10262) (accessed 20.10.2023). (In Russ.)

On the approval of fire safety rules in forests : Decree of the Government of the Russian Federation dated 07.10.2020 № 1614. URL: <https://www.consultant.ru> (accessed 20.10.2023) (In Russ.)

*Panin I. A., Zalesov S. V.* The impact of sustainable grass-roots fires on food and medicinal resources reserves // Actual problems of the forest complex / Under the general editorship of E. A. Pamfilov : Collection of scientific papers. Issue 49. Bryansk : BGITU, 2017. P. 35–38. (In Russ.)

*Platonov E. P., Panin I. A.* The reasons for the increase in the number of natural fires in recent decades // Bulletin of Biotechnology : a scientific journal. 2021. № 2 (25). URL: <http://bio.urgau.ru/ru/1-24-2021/7-01-2021> (accessed 20.10.2023). (In Russ.)

Protection of settlements exposed to the threat of forest fires by the state fire supervision bodies of the FPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia / A. A. Krektunov, Ya. N. Vaskov, A. M. Yeritsov, I. M. Sekerin // Forests of Russia and economy in them. 2022. № 2 (81). P. 11–18. (In Russ.)

Specifics of spreading and extinguishing peat fires in winter / I. M. Sekerin, G. A. Godovalov, A. M. Yeritsov, S. V. Zalesov // Forest Bulletin/ Forestry Bulletin. 2022. Vol. 26. № 5. P. 64–70. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-64-70 (In Russ.)



- Vorobyev Yu. L., Akimov V. A., Sokolov Yu. I.* Forest fires in the territory of Russia: State and problems. Moscow : DEX-PRESS, 2004. 312 p.
- Zalesov S. V.* Forest pyrology : textbook. 4th ed., reprint. and add. Yekaterinburg : UGLTU, 2021. 396 p.
- Zalesov S. V., Godovalov G. A., Krektunov A. A.* Protection of settlements from natural fires // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 2 (108). P. 34–36. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Zalesova E. S.* Forest pyrology. Terms, concepts, definitions : educational reference. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Un-ty, 2014. 54 p.

### ***Информация об авторах***

- Л. А. Белов – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук;*  
*Ю. А. Астахова – магистр;*  
*А. В. Болсун – магистр.*

### ***Information about the authors***

- L. A. Belov – Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences;*  
*Yu. A. Astakhova – Master's degree;*  
*A. V. Bolsun – Master's degree.*

*Статья поступила в редакцию 20.11.2023; принята к публикации 02.02.2024.*

*The article was submitted 20.11.2023; accepted for publication 02.02.2024.*

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 93–101.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 93–101.

Научная статья

УДК 630.43:630.57

DOI: 10.51318/FRET.2024.31.73.008

## ОЦЕНКА ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Лев Евгеньевич Кузнецов<sup>1</sup>, Андрей Маркелович Ерицов<sup>2</sup>, Илья Михайлович Секерин<sup>3</sup>,  
Алексей Александрович Крехтунов<sup>4</sup>, Сергей Вениаминович Залесов<sup>5</sup>

<sup>1, 3, 5</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> ФБУ «Авиалесоохрана», г. Пушкино, Россия

<sup>4</sup> Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Залесов Сергей Вениаминович,

zalesovsv@m.usfeu.ru

**Аннотация.** В настоящее время леса выступают одним из главных механизмов, поддерживающих и восстанавливающих условия жизни на Земле. При этом самые серьезные отрицательные последствия на биосферу оказывают пожары, которые не только уничтожают лес, но и выбрасывают в атмосферу значительное количество углекислого газа, усиливая тем самым парниковый эффект. Кроме того, после лесных пожаров нарушаются рекреационные, водоохранные и многие другие функции леса, уничтожаются запасы древесного сырья. Лесными пожарами не только повреждается и уничтожается древесная растительность, но и создаются благоприятные условия для расселения вредных насекомых и развития грибных заболеваний. После лесного пожара снижается устойчивость древостоев к неблагоприятным факторам и ухудшается качество древесины. В статье произведен сравнительный анализ лесных пожаров на территории Российской Федерации с 2021 по 2023 гг. Определены 16 самых наиболее горимых субъектов Российской Федерации в 2021 и 2022 гг., проанализирована площадь, пройденная огнем. Рассмотрена статистика задействованных сил и средств на тушение лесных пожаров нашей страны за 11 июня 2023 г. Дан перечень рекомендаций для сокращения случаев лесных возгораний.

**Ключевые слова:** Российская Федерация, лесные пожары, горимость лесов, профилактика, пройденная огнем площадь

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

Scientific article

## ASSESSMENT OF FOREST BURNABILITY IN THE RUSSIAN FEDERATION

Lev E. Kuznetsov<sup>1</sup>, Andrey M. Eritsov<sup>2</sup>, Илья М. Секреин<sup>3</sup>,  
Alexey A. Krektunov<sup>4</sup>, Sergey V. Zalesov<sup>5</sup>

<sup>1,3,5</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> FBU “Avialesookhrana”, Pushkino, Russia

<sup>4</sup> Ural Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia,  
Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Sergey V. Zalesov,

zalesovsv@m.usfeu.ru

**Abstract.** Currently, forests are one of the main mechanisms that support and restore living conditions on Earth. At the same time, the most serious negative consequences on the biosphere are caused by fires, which not only destroy the forest, but also emit a significant amount of carbon dioxide into the atmosphere, thereby enhancing the “greenhouse effect”. In addition, after forest fires, recreational, water protection and many other functions of the forest are violated, stocks of wood raw materials are destroyed. Forest fires not only damage and destroy woody vegetation, but also create favorable conditions for the settlement of harmful insects and the appearance of parasite fungi. After a forest fire, the resistance of stands to adverse factors decreases and the quality of wood deteriorates. The article provides a comparative analysis of forest fires on the territory of our country from 2021 to 2023. 16 of the most burning subjects of the Russian Federation in 2021 and 2022 were identified, the area covered by fire was analyzed. The statistics of the forces and means involved in extinguishing forest fires of our country for June 11, 2023 are considered. A list of recommendations is given to reduce the occurrence of forest fires.

**Keywords:** Russian Federation, forest fires, forest burn ability, prevention, the area traversed by fire

**For citation:** Assessment of forest burnability in the Russian Federation / L. W. Kuznetsov, A. M. Eritsov, I. M. Sekerin [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 93–101.

### Введение

Леса играют огромную роль в жизни человека. Площадь, покрытая лесом, на нашей планете составляет около 38 млн км<sup>2</sup>, а биомасса – около 2000 млрд т (McKenzie, Littell, 2017). Влияние леса на окружающую среду очень многогранно и его сложно переоценить (Кузьмичев, 1977; Деградация..., 2002; Sturm et al, 2012, Качество жизни..., 2013). Леса регулируют сток воды, интенсивность снеготаяния, выравнивают температурный режим, уменьшая амплитуду колебаний, очищают воду и воздух от различных примесей, стабилизируют атмосферные явления, снижая скорость ветра, поглощая или конденсируя вредные для человека вещества и выделяя кислород, подавляют разви-

тие болезнетворных микроорганизмов и уменьшают шумы (Хайретдинов, Залесов, 2011; Архипов, Залесов, 2017; Залесов и др., 2017). Последнее особенно актуально для городской среды, ведь с помощью городских лесопарков уменьшается городской шум, что положительно влияет на качество жизни горожан (Бунькова, Залесов, 2016).

Лесные пожары, загрязняющие окружающую среду, наносят большой ущерб растительному и животному миру (Абдурагимов, Однолько, 1993; Марченко, Залесов, 2013). В результате пожаров образуются редины, гари и пустыри. Особенно сильное влияние лесные пожары оказывают в районах распространения неустойчивых экосистем (Данчева, Залесов, 2016).

Сокращение кормовой базы в результате лесных пожаров вызывает массовую миграцию и снижение численности диких животных (A real Time..., 2011). Лесные пожары ухудшают санитарное состояние лесов, снижая их устойчивость против вредителей и болезней (Шубин, Залесов, 2013; Шубин и др., 2013). Пожар является самым страшным врагом молодых лесов, особенно расположенных на открытом месте среди лугов и полей (Залесов и др., 2014).

Даже слабое, но продолжительное горение может нанести существенные повреждения деревьями и привести к гибели древостоя в целом. На степень негативного воздействия лесных пожаров оказывают влияние многие факторы. В частности, сезон года, наличие напочвенных горючих материалов, погодные условия, таксационные показатели древостоя и т. д.

Последствия пожаров бывают очень тяжелые, поэтому необходимо оперативно обнаруживать очаги возгорания и приступать к тушению. Однако это трудно, так как лесной охране зачастую не хватает финансирования, а расходы на противопожарную пропаганду вовсе отсутствуют. Многолетняя практика показывает, что простое увеличение финансовых и материальных вложений в охрану лесов от пожаров не приводит к адекватному снижению горимости. Необходимы подготовленные специалисты, умеющие как руководить тушением, так и осуществлять последнее.

### **Цель, методика и объекты исследования**

Целью исследования являлось сравнение наиболее горимых субъектов страны за 2021 и 2022 гг.

В процессе исследований проанализирована статистика задействованных сил и средств на тушение лесных пожаров за 11 июня 2023 г. Методом исследований являлся сравнительный анализ площади, пройденной огнем, в субъектах РФ за 2021 и 2022 гг., выявлены 16 наиболее горимых субъектов. Работа проведена на основании актов и книг учета лесных пожаров и официальных данных, находящихся в открытом доступе. Объектом исследования являлись земли лесного фонда Российской Федерации.

### **Результаты и их обсуждение**

В 2021 г. площадь, пройденная огнем, составила более 9,9 млн га, а в 2022 г. – менее 3,3 млн га. Следует отметить, что в 2021 г. единственным субъектом Российской Федерации, в котором по итогам пожароопасного сезона зафиксирована пройденная огнем площадь более 1 млн га, являлась Республика Саха (Якутия), а в 2022 г. ни в одном субъекте не пройдено огнем более 1 млн га.

Площадь лесных пожаров в России за 2021 и 2022 гг. представлена на рис. 1 (ФБУ «Авиалесоохрана»..., 2023).

Следует отметить, что в 2021 г. в Республике Саха (Якутия) огнем лесных пожаров пройдено более 7,9 млн га, а в 2022 г. – чуть более 560 тыс. га. В 2022 г. самым горимым являлся Хабаровский край, на его долю выпало более 29 % всей лесной площади, пройденной огнем за 2022 г. По итогам 2022 г. площадь лесных пожаров сократилась более чем в 3 раза по сравнению с таковой в 2021 г.

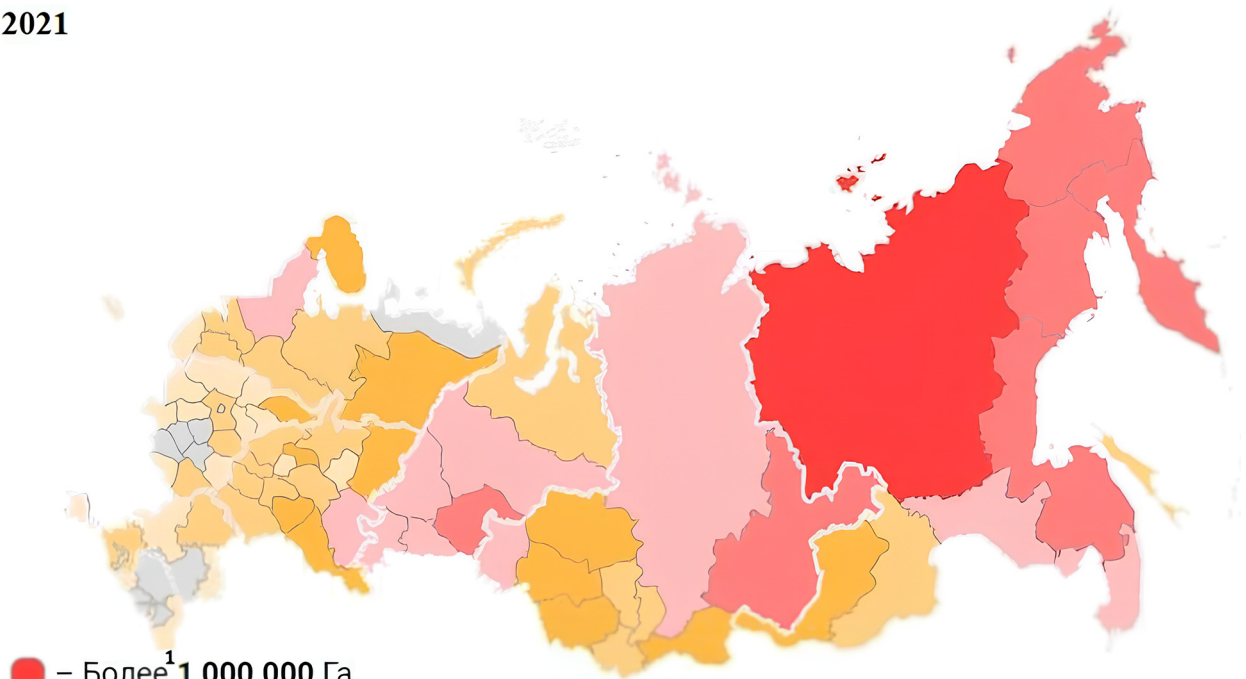
Сравнительный анализ лесных пожаров на территории Российской Федерации за 2021 и 2022 гг. представлен в таблице (Федеральное агентство..., 2023).

Материалы таблицы свидетельствуют, что ряд субъектов характеризуется высокими показателями горимости практически ежегодно, что вызывает необходимость повышенного внимания к охране лесов в этих субъектах.

В то же время горимость лесов в различные годы меняется. Так, Свердловская область в 2021 г. занимала 9-е место среди субъектов РФ по пройденной огнем площади. В 2022 г. указанная область вообще не входила в 16 наиболее пострадавших от лесных пожаров субъектов. Однако в начале 2023 г. именно Свердловская область характеризовалась самой высокой горимостью.

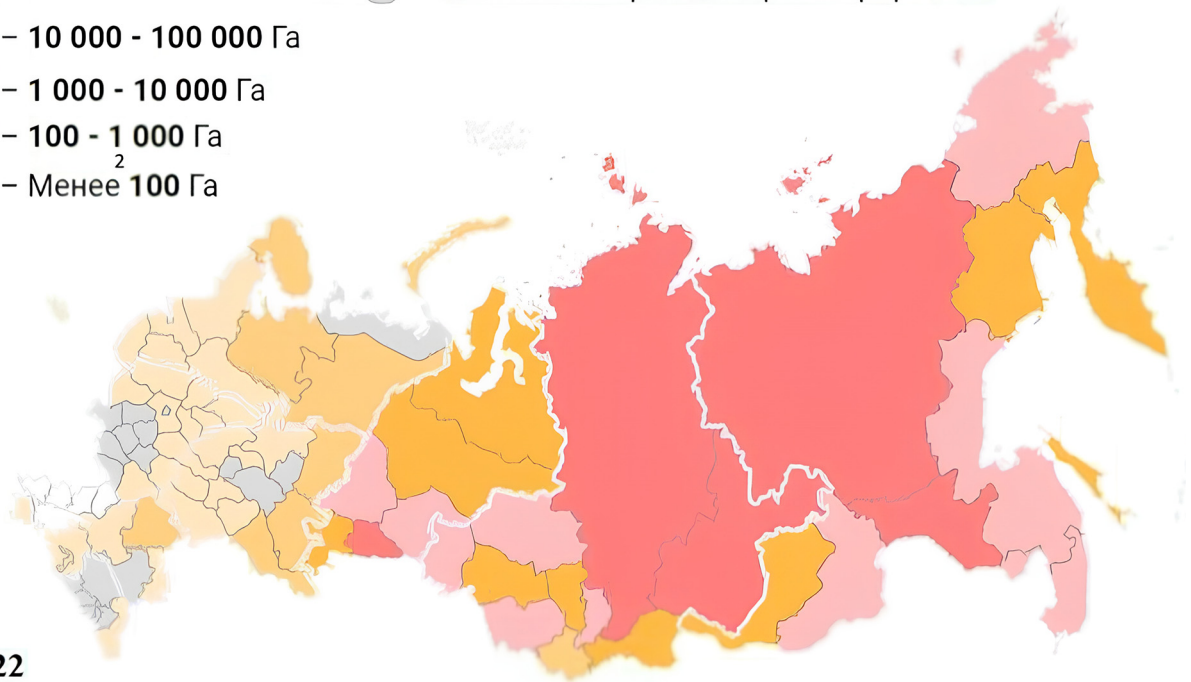
Анализируя рис. 2, стоит отметить, что 11 июня 2023 г. лесные службы и привлеченные лица потушили 82 лесных пожара в 28 регионах России. Действовало 92 лесных пожара в 22 регионах. Борьбу с огнем в лесах вели 3 354 человека, 462 единицы техники и 40 воздушных судов. На авиационном мониторинге было задействовано 101 воздушное судно.

2021



- – Более <sup>1</sup>1 000 000 Га
- – 100 000 - 1 000 000 Га
- – 10 000 - 100 000 Га
- – 1 000 - 10 000 Га
- – 100 - 1 000 Га
- – Менее <sup>2</sup>100 Га
- – Лесных пожаров не зарегистрировано<sup>3</sup>

2022



1-More; 2-less; 3-No forest fires have been registered

Рис. 1. Площадь лесных пожаров в России за 2021 и 2022 гг.  
Fig. 1. The area of forest fires in Russia for 2021 and 2022

Сравнительный анализ лесных пожаров на территории Российской Федерации  
за 2021 и 2022 гг.

Comparative analysis of forest fires on the territory of the Russian Federation  
for 2021 and 2022

2021 год 2021 year			2022 год 2022 year		
Регион Region	Площадь Square		Регион Region	Площадь Square	
	га ha	%		га ha	%
Республика Саха (Якутия) Sakha Republic(Yakutia)	7937464,4	80,8	Хабаровский край Khabarovsk Territory	906758	29,2
Иркутская область Irkutsk region	460777,5	4,7	Республика Саха (Якутия) Sakha Republic(Yakutia)	560036	18,1
Чукотский автономный округ Chukotka Autonomous Okrug	248995,0	2,5	Ханты-Мансийский автономный округ Khanty-Mansi Autonomous Okrug	426219	13,7
Магаданская область Magadan region	213082,0	2,2	Амурская область Amur region	228668	7,4
Хабаровский край Khabarovsk Krai	198633,1	2,0	Иркутская область Irkutsk region	193435	6,2
Тюменская область Tyumen region	192396,4	2,0	Красноярский край Krasnoyarsk Krai	184851	6,0
Камчатский край Kamchatka Krai	172867,6	1,8	Магаданская область Magadan region	135801	4,4
Еврейская автономная область Jewish Autonomous Region	98185,8	1,0	Курганская область Kurgan region	123690	4,0
Свердловская область Sverdlovsk region	58087,9	0,6	Чукотский автономный округ Chukotka Autonomous Okrug	67842	2,2
Красноярский край Krasnoyarsk Krai	43665,8	0,4	Республика Коми Komi Republic	61750	2,0
Курганская область Kurgan region	4 628,3	0,4	Приморский край Primorsky Krai	61334	2,0
Челябинская область Chelyabinsk region	41409,9	0,4	Еврейская автономная область Jewish Autonomous Region	42150	1,4
Амурская область Amur region	40253,0	0,4	Забайкальский край Trans – Baikal Krai	39941	1,3
Приморский край Primorsky Krai	35326,3	0,4	Томская область Tomsk region	30315	1,0
Омская область Omsk region	22998,7	0,2	Республика Тыва Republic of Tuva	21561	0,7
Республика Карелия Republic of Karelia	19335,0	0,2	Ямало-Ненецкий автономный округ Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	18817	0,6
Итого Total	9826106,7	100,0	Итого Total	3103168	100,0





Рис. 2. Ликвидация лесных пожаров в России за 11 июня 2023 г. (ФБУ «Авиалесоохрана»..., 2023)  
Fig. 2. Elimination of forest fires in Russia for June 11, 2023

Помощь в контроле обстановки в Свердловской, Томской областях, Чукотском, Ханты-Мансийском АО, Якутии, Красноярском крае оказывали 693 работника Федеральной Авиалесоохраны, Авиалесоохраны Архангельской, Новосибирской, Мурманской областей, Пермского, Красноярского, Приморского краев, республик Карелия, Коми, Тыва, Бурятии. Особый противопожарный режим действовал в 55 субъектах России, режим ЧС – в 6 субъектах России. Оперативность тушения с начала года составляла 83,4 % лесных пожаров, ликвидированных менее чем за сутки с момента обнаружения.

В новой экономической ситуации при недостатке финансирования и большом разнообразии природно-экономических условий нужно перейти на государственном уровне от концепции пожаротушения к концепции недопущения возгораний. Она базируется на принципах предупреждения лесных пожаров посредством профилактических бесед, патрулирований и агитации, а в случае возгорания – незамедлительного тушения пожаров независимо от уровней охраны лесов.

Сегодня нашей Родине нужны качественные перемены в области лесного хозяйства, для того чтобы сказать, что мы делаем все для сохранности наших лесов от пожаров. Ведь сохраняя леса – сохраняем Россию.

### Выводы

В целях сокращения случаев лесных возгораний необходимо регулярное проведение профилактических мероприятий.

В перечень мер, входящих в профилактику пожарной безопасности в лесу, входят следующие.

1. Разъяснительная работа среди населения. Большинство лесных пожаров с наиболее тяжкими последствиями случается вблизи населенных пунктов. Основная причина их возникновения – человеческий фактор.

2. Выполнение мер, определенных действующим законодательством. Широкий перечень профилактических действий включает различные мероприятия, начиная с очистки границащих с лесом территорий населенных пунктов от мусора и заканчивая ограничением посещения леса в опасный период.

3. Меры санитарного характера. Районы для зачистки выбираются после осмотра и предварительной оценки состояния леса. Санитарные рубки и очистка лесного массива от мусора и влажности сокращают вероятность лесного пожара.

4. Создание в лесных массивах или местности на границе с ними противопожарных пунктов и площадок. На месте размещения пункта создается запас воды и средств борьбы с лесными пожарами.

5. Формирование достаточного количества благоустроенных зон отдыха для граждан. Оптимальным вариантом посещения леса туристами является их остановка на отдых в специально подготовленных местах.

6. Устройство минерализованных полос и канав. Границы населенных пунктов и леса в целях безопасности разделяют просеками и противопожарными полосами.

### Список источников

- Абдурагимов И. М., Однолько А. А. Опасности лесных пожаров // Наука и жизнь. 1993. № 2. С. 42–45.
- 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.
- Бунькова Н. П., Залесов С. В. Рекреационная устойчивость и емкость сосновых насаждений в лесопарках Екатеринбурга. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 124 с.
- Данчева А. В., Залесов С. В. Влияние рубок ухода на биологическую и пожарную устойчивость сосновых древостоев // Аграрный вестник Урала. 2016. № 3 (145). С. 56–61.
- Деградация и демутация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи / С. В. Залесов, Н. А. Кряжевских, Н. Я. Крупинин [и др.]. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 436 с.
- Залесов С. В., Бачурина А. В., Бачурина С. В. Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» и реакция их компонентов на проведение рубок обновления. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. URL: <http://elar.usfeu.ru> (дата обращения: 06.05.2023).
- Качество жизни: проблемы и перспективы XXI века / А. В. Мехренцев, М. И. Хрущева, С. В. Залесов [и др.]. Екатеринбург : Стратегия позитива™, 2013. 532 с.
- Кузьмичев В. В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск : Наука, 1977. 160 с.
- Марченко В. П., Залесов С. В. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГЛПР «Ертыс Орманы» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 10 (108). С. 55–59.
- ФБУ «Авиалесоохрана» : официальный сайт. URL: <https://aviales.ru> (дата обращения: 12.06.2023).
- Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз) : официальный сайт. URL: <https://rosleshoz.gov.ru> (дата обращения: 13.06.2023).
- Хайретдинов А. Ф., Залесов С. В. Введение в лесоводство. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 202 с.
- Шубин Д. А., Залесов С. В. Послепожарный отпад деревьев в сосновых насаждениях Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края // Аграрный вестник Урала. 2013. № 5 (111). С. 39–41.
- Шубин Д. А., Малиновских А. А., Залесов С. В. Влияние пожаров на компоненты лесного биогеоценоза в Верхне-Обском боровом массиве // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 6 (44). С. 205–208.
- A Real-Time Risk Assessment Tool Supporting Wildland Fire Decisionmaking / D. E. Calkin, M. P. Thompson, M. A. Finney, K. D. Hyde // Journal of Forestry. 2011. Vol. 109. Iss. 5. P. 274–280.
- McKenzie D., Littell J. S. Climate Change and the Eco-Hydrology of Fire: Will Area Burned Increase in a Warming Western USA? // Ecological Applications. 2017. Vol. 27. Iss. 1. P. 26–36.

*Sturm T., Fernandes P. M., Sumrada R.* The Canadian Fire Weather Index System and Wildfire Activity in the Karst Forest Management Area, Slovenia // *European Journal of Forest Research*. 2012. Vol. 131. Iss. 3. P. 829–834.

### References

- A Real-Time Risk Assessment Tool Supporting Wildland Fire Decisionmaking / *D. E. Calkin, M. P. Thompson, M. A. Finney, K. D. Hyde* // *Journal of Forestry*. 2011. Vol. 109. Iss. 5. P. 274–280.
- Abduragimov I. M., Odnolko A. A.* The dangers of forest fires // *Science and Life*. 1993. № 2. P. 42–45. (In Russ.)
- Arkhipov E. V., Zalesov S. V.* Dynamics of forest fires in the Republic of Kazakhstan and their ecological consequences // *Agrarian Bulletin Ural*. 2017. № 4 (158). P. 10–15. (In Russ.)
- Bunkova N. P., Zalesov S. V.* Recreational stability and capacity of pine plantations in forest parks of Yekaterinburg. Yekaterinburg : Ural gos. lesotechn. un-t, 2016. 124 p.
- Dancheva A. V., Zalesov S. V.* The impact of logging on the biological and fire resistance of pine stands // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016. № 3 (145). P. 56–61. (In Russ.)
- Degradation and demutation of forest ecosystems in conditions of oil and gas production / *S. V. Zalesov, N. A. Kryazhevskikh, N. Ya. Krupinin* [et al.]. Yekaterinburg : Ural gos. lesotechn. un-t, 2002. 436 p.
- FBU “Avialesookhrana” : the official website. URL: <https://aviales.ru> (accessed 12.06.2023).
- Federal Forestry Agency (Rosleskhoz) : official website. URL: <https://rosleshoz.gov.ru> (accessed 13.06.2023).
- Khayretdinov A. F., Zalesov S. V.* Introduction to forestry. Yekaterinburg : Ural gos. lesotechn. un-t, 2011. 202 p.
- Kuzmichev V. V.* Patterns of growth of stands. Novosibirsk : Nauka, 1977. 160 p.
- Marchenko V. P., Zalesov S. V.* The burnability of ribbon hogs of the Irtysh region and ways to minimize it by the example of the GIPR “Yertys Ormany” // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2013. № 10 (108). P. 55–59. (In Russ.)
- McKenzie D., Littell J. S.* Climate Change and the Eco-Hydrology of Fire: Will Area Burned Increase in a Warming Western USA? // *Ecological Applications*. 2017. Vol. 27. Iss. 1. P. 26–36.
- Shubin D. A., Zalesov S. V.* Post-fire fall of trees in pine plantations of the Priobsky water protection pine-birch forestry district of the Altai Territory // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2013. № 5 (111). P. 39–41. (In Russ.)
- Shubin D. A., Malinovskikh A. A., Zalesov S. V.* The influence of fires on the components of forest biogeocenosis in the Upper Ob forest massif // *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2013. № 6 (44). P. 205–208. (In Russ.)
- Sturm T., Fernandes P. M., Sumrada R.* The Canadian Fire Weather Index System and Wildfire Activity in the Karst Forest Management Area, Slovenia // *European Journal of Forest Research*. 2012. Vol. 131. Iss. 3. P. 829–834.
- Quality of life: problems and prospects of the XXI century / *A. V. Mehrentsev, M. I. Khrushchev, S. V. Zalesov* [et al.]. Yekaterinburg : Strategy positiva™, 2013. 532. p.
- Zalesov S. V., Bachurina A. V., Bachurina S. V.* The state of forest plantations affected by industrial pollutants of CJSC “Karabashmed” and the reaction of their components to the felling of renewal. Yekaterinburg : Ural gos. lesotechn. un-t, 2017. URL: <http://elar.usfeu.ru> (accessed 06.05.2023).

### Информация об авторах

*Л. Е. Кузнецов – магистр;*

*lev.kuznecov@mail.ru* <http://orcid.org/0000-0001-7547-7055>

*А. М. Ерицов – кандидат сельскохозяйственных наук, зам. начальника ФБУ «Авиалесоохрана»,*

*aeritsov@mail.ru* <http://orcid.org/0000-0002-2756-5349>

*И. М. Секерин – кандидат сельскохозяйственных наук,*  
sekerinim@m.usfeu.ru <http://orcid.org/0000-0003-3492-4322>

*А. А. Кректунов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;*  
alexkrec96@mail.ru <http://orcid.org/0000-0003-2160-3305>

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

### ***Information about the authors***

*L. E. Kuznetsov – Master's degree;*

lev.kuznecov@mail.ru <http://orcid.org/0000-0001-7547-7055>

*A. M. Eritsov – Candidate of Agricultural Sciences, Deputy. the head of the FBU “Avialesookhrana”,*  
aeritsov@mail.ru <http://orcid.org/0000-0002-2756-5349>

*I. M. Sekerin – Candidate of Agricultural Sciences,*  
sekerinim@m.usfeu.ru <http://orcid.org/0000-0003-3492-4322>

*A. A. Krekturnov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;*  
alexkrec96@mail.ru <http://orcid.org/0000-0003-2160-3305>

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

*Статья поступила в редакцию 06.07.2023; принята к публикации 02.12.2023.*

*The article was submitted 06.07.2023; accepted for publication 02.12.2023.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 102–111.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 102–111.

Научная статья

УДК 630\*181.61

DOI: 10.51318/FRET.2024.52.37.011

## **ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СЕЯНЦЕВ ЧЕРЕМУХИ ОТ СВОБОДНОГО ОПЫЛЕНИЯ ‘ГИБРИДА КРАСНОЛИСТНАЯ 1-17-6’ (*PRUNUS PADUS* L. × *PADUS VIRGINIANA* L. ‘SHUBERT’) ПО ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ**

**Алексей Петрович Кожевников<sup>1</sup>, Сергей Иосифович Неуймин<sup>2</sup>,  
Галина Михайловна Кожевникова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> kozhevnikova\_gal@mail.ru, [http:// orcid.org/0000-0002-2716-7252](http://orcid.org/0000-0002-2716-7252)

<sup>2</sup> sergneu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9241-3205>

<sup>3</sup> kozhevnikova\_gal@mail.ru

**Аннотация.** Одной из задач при интродукции и селекции древесных растений является обогащение методики выделения внутривидовых таксонов новыми приемами. Листья – один из самых важных органов для выяснения родственных связей среди видовых и внутривидовых таксонов древесных растений. При размножении краснолистных таксонов черемухи семенами образуется высокодекоративное потомство с разнообразными формой, интенсивностью окраски листьев и типом их жилкования. На основе изменчивости комплекса связанных элементов морфологических признаков изучена флуктуирующая асимметрия листьев сортов черемухи и сеянцев от свободного опыления ‘Гибрида Краснолистая 1-17-6’ (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. ‘Shubert’) в Ботаническом саду УрО РАН. Предложен новый принцип измерения пространственного жилкования на листьях сортовой черемухи и гибридных форм. Установлены морфогенетические дистанции в расщепляющемся поколении. Выступая в качестве меры стабильности развития, флуктуирующая асимметрия характеризует состояние морфогенетического гомеостаза – способности организма к формированию генетически детерминированного фенотипа при минимальном уровне онтогенетических нарушений. Флуктуирующая асимметрия может быть охарактеризована как одно из наиболее обычных и доступных для анализа проявлений случайной изменчивости развития.

Цель исследования – дифференциация сеянцев от свободного опыления черемухи ‘Гибрид Краснолистая 1-17-6’ и сортов коллекции по флуктуирующей асимметрии листьев в Ботаническом саду УрО РАН для определения вероятных родительских форм. Объектом наших исследований являлись 8 сортов коллекции и 28 перспективных форм (сеянцы от свободного опыления первого и второго поколений) черемухи. Методикой работы предусмотрен сбор листьев, сканирование и выявление особенностей жилкования листьев таксонов с помощью программы CorelDrawX7 (выполнено 533 замера фрагментов жилкования) для внутривидовой (внутригибридной) дифференциации сеянцев черемухи от свободного опыления. Выделены пять кластерных группировок внутривидовых и внутригибридных таксонов черемухи и установлены вероятные родительские формы черемухи, участвующие в образовании новых декоративных форм.



**Ключевые слова:** черемуха ‘Гибрид Краснолистая 1-17-6’; сеянцы от свободного опыления; морфологические признаки; флуктуирующая асимметрия листьев

**Финансирование:** работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН» на базе УНУ.

**Для цитирования:** Кожевников А. П., Неуймин С. И., Кожевникова Г. М. Дифференциация сеянцев черемухи от свободного опыления ‘Гибрида краснолистая 1-17-6’ (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. ‘Shubert’) по флуктуирующей асимметрии листьев // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 102–111.

Scientific article

## DIFFERENTIATION OF BIRD CHERRY SEEDLINGS FROM FREE POLLINATED ‘GIBRID KRASNOLISTNAYA 1-17-6’ (*PRUNUS PADUS* L. × *PADUS VIRGINIANA* L. ‘SHUBERT’) ACCORDING TO FLUCTUATING ASYMMETRY OF LEAVES

Alexey P. Kozhevnikov<sup>1</sup>, Sergey I. Neuimin<sup>2</sup>, Galina M. Kozhevnikova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> kozhevnikova\_gal@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2716-7252>

<sup>2</sup> sergneu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9241-3205>

<sup>3</sup> kozhevnikova\_gal@mail.ru

**Abstract.** One of the tasks in the introduction and selection of woody plants is to enrich the methodology for identifying intraspecific taxa by new techniques. Leaves are one of the most important organs to find out related relationships among species and intraspecific taxa of woody plants. When red-leaved bird cherry taxa are propagated by seeds, highly decorative offspring are formed with a varied shape, intensity of leaf color and type of venation. On the base of variability of a complex of related elements of morphological characteristics, the fluctuating asymmetry of leaves of bird cherry varieties and seedlings from free pollination of the ‘Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6’ (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. ‘Shubert’) in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences was studied. A new principle for measuring spatial venation on leaves of varietal bird cherry and hybrid forms is proposed. Morphogenetic distances in the splitting generation have been found. Acting as a measure of developmental stability, fluctuating asymmetry characterizes the state of morphogenetic homeostasis – the organism’s ability to form a genetically determined phenotype with a minimum level of ontogenetic disorders. Fluctuating asymmetry can be characterized as one of the most common and accessible manifestations of random developmental variability that can be analyzed.

The purpose of the research is to differentiate seedlings from free-pollinated bird cherry ‘Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6’ and collection varieties based on fluctuating leaf asymmetry in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences to determine the probable parental forms. The object of our research was 8 varieties of the collection and 28 promising forms (seedlings from free pollination of the first and second generations) of bird cherry. The work methodology involves collecting leaves, scanning and identifying the venation features of leaves of taxa using the CorelDrawX7 program (533 measurements of venation fragments were performed) for intraspecific (intrahybrid) differentiation of bird cherry seedlings from free pollination. Five cluster groupings of intraspecific and intrahybrid bird cherry taxa have been identified and probable parental forms of bird cherry involved in the formation of new decorative forms have been identified.

**Keywords:** bird cherry ‘Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6’, seedlings from free pollination; morphological characteristics; fluctuating leaf asymmetry

**Funding:** the work was performed within the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences» on the basis of USI.

**For citation:** Kozhevnikov A. P., Neumin S. I., Kozhevnikova G. M. Differentiation of bird cherry seedlings from free pollinated ‘Gibrid krasnolistnaya 1-17-6’ (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. ‘Shubert’) according to fluctuating asymmetry of leaves // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 102–111.

### Введение

Одной из задач при интродукции и селекции древесных растений является обогащение методики выделения внутривидовых таксонов новыми приемами. Листья – один из самых важных органов для выяснения родственных связей среди видовых и внутривидовых таксонов древесных растений.

При размножении краснолистных таксонов черемухи семенами образуется высокодекоративное потомство с разнообразными формой, интенсивностью окраски листьев и типом жилкования.

После испытания 16 сортоформобразцов культуры черемухи в Ботаническом саду УрО РАН по вкусовым качествам более выгодно от других сортов и форм черемухи отличаются гибриды ‘Самшитолистная’ и ‘Гибрид Краснолиственная 1-17-6’ селекции В. С. Симагина.

‘Гибрид Краснолиственная 1-17-6’ с начала вегетационного периода имеет зеленые листья, со второй половины лета – темно-пурпурные или коричнево-красные. Нами получены перспективные сеянцы от свободного опыления первого и второго поколения с известными материнскими формами – ‘Гибрид Краснолиственная 1-17-6’ и ее дочерняя краснолиственная форма. Особенности жилкования листьев сортов черемухи и сеянцев ‘Гибрида Краснолиственная 1-17-6’ позволили выявить вторые вероятные родительские сорта. Выступая в качестве меры стабильности развития, флуктуирующая асимметрия характеризует состояние морфогенетического гомеостаза – способности организма к формированию генетически детерминированного фенотипа при минимальном уровне онтогенетических нарушений. Флуктуирующая асимметрия может быть охарактеризована как одно из наиболее обычных и доступных для анализа проявлений случайной изменчивости развития (Онтогенез..., 2001).

### Цель, задача, методика и объекты исследования

Цель исследования – дифференциация сеянцев от свободного опыления черемухи ‘Гибрид Краснолиственная 1-17-6’ и сортов коллекции по флуктуирующей асимметрии листьев в Ботаническом саду УрО РАН для определения вероятных родительских форм.

Объектом наших исследований были 8 сортов коллекции и 28 перспективных форм (сеянцы от свободного опыления первого и второго поколений) черемухи (Кожевников, Петрова, 2010; Кожевников, 2015; Кожевников, Залесов, 2018).

Методикой работы предусмотрен сбор листьев, сканирование и выявление особенностей жилкования листьев таксонов с помощью программы CorelDrawX7 (выполнено 533 замера фрагментов жилкования) для внутривидовой (внутригибридной) дифференциации сеянцев черемухи от свободного опыления. В качестве исходных данных послужили последовательности связанных элементов, максимально точно отражающих фенотип растений (Неумин и др., 2009; Неумин, 2012; Неумин, Кацман, 2016; Мориллов и др., 2020).

На одном листе из пяти сканированных листьев формы или сорта измерено шесть явно выраженных жилок (по три слева и справа от центральной жилки). Для корректности сравнения измерений жилкования сеянцев (внутригибридных форм), внутривидовых форм и сортов использована палетка, имеющая «плавающие» параметры. У каждой из шести жилок свои параметры палетки (длина, мм, высота, мм), которые после измерения фиксировались в матрице в виде последовательностей связанных элементов (ПСЭ) *S* (таблица).

Матрица измерений фрагментов жилкования листьев черемухи (фрагмент)  
Matrix of measurements of bird cherry leaf venation fragments (fragment)

№	Сорта/формы Varieties/forms	Признаки Attributes	ПСЭ\* SRE\*	Последовательности измерений жилкования Sequences of venation measurements					
				Эл 3\** El_3	Эл 4 El_4	Эл 5 El_5	Эл 6 El_6	Эл 7 El_7	Эл 8 El_8
Формы (гибридные сеянцы первого поколения) Forms (first generation hybrid seedlings)									
1	F <sub>1</sub> _№ 4	Sh_Set	Sa\***	22,576	21,601	20,972	22,569	20,221	18,531
2	F <sub>1</sub> _№ 4	H_Set	Sb	31,728	25,457	26,241	26,613	18,376	18,740
3	F <sub>1</sub> _№ 4	Strok_1	Sc	13,251	10,012	11,263	11,230	9,676	8,675
4	F <sub>1</sub> _№ 4	Strok_2	Sd	10,097	9,646	9,310	12,107	7,652	7,072
5	F <sub>1</sub> _№ 4	Strok_3	Se	9,485	8,404	7,896	7,510	6,707	6,084
6	F <sub>1</sub> _№ 4	Strok_4	Sf	9,824	8,051	6,832	9,040	8,497	5,287
7	F <sub>1</sub> _№ 4	Str_L_1	Sg	13,110	9,870	11,210	11,250	9,590	8,670
8	F <sub>1</sub> _№ 4	Str_L_2	Sh	10,030	9,530	9,260	11,860	7,450	7,070
9	F <sub>1</sub> _№ 4	Str_L_3	Si	9,320	8,250	7,790	7,480	6,190	6,120
10	F <sub>1</sub> _№ 4	Str_L_4	Sg	8,260	6,410	6,530	7,620	5,540	4,880
11	F <sub>1</sub> _№ 4	UgStr_1	Sh	52,740	50,810	54,460	53,780	61,520	58,480
12	F <sub>1</sub> _№ 4	UgStr_2	Si	46,270	49,580	50,470	54,850	57,420	54,140
13	F <sub>1</sub> _№ 4	UgStr_3	Sj	42,090	46,550	45,480	48,430	53,430	49,890
14	F <sub>1</sub> _№ 4	UgStr_4	Sk	30,760	36,760	37,320	35,010	40,080	44,420
Формы (гибридные сеянцы второго поколения) Forms (second generation hybrid seedlings)									
211	F <sub>2</sub> _№ 1	Sh_Set	Sa	15,080	15,661	15,804	16,681	18,689	16,320
212	F <sub>2</sub> _№ 1	H_Set	Sb	14,989	16,960	21,634	20,168	21,998	20,333
213	F <sub>2</sub> _№ 1	Strok_1	Sc	6,665	8,574	8,761	8,366	9,299	10,237
214	F <sub>2</sub> _№ 1	Strok_2	Sd	7,103	8,590	8,323	9,226	9,557	8,043
215	F <sub>2</sub> _№ 1	Strok_3	Se	5,560	4,512	5,861	5,934	6,430	5,410
216	F <sub>2</sub> _№ 1	Strok_4	Sf	5,404	5,183	6,079	6,753	7,929	7,593
217	F <sub>2</sub> _№ 1	Str_L_1	Sg	6,660	8,350	8,590	8,150	9,120	10,070
218	F <sub>2</sub> _№ 1	Str_L_2	Sh	6,950	8,160	7,950	8,990	9,130	7,640
219	F <sub>2</sub> _№ 1	Str_L_3	Si	4,960	4,390	5,800	5,590	6,220	5,340
220	F <sub>2</sub> _№ 1	Str_L_4	Sg	4,740	4,800	5,430	6,070	6,040	7,020
221	F <sub>2</sub> _№ 1	UgStr_1	Sh	56,130	59,700	51,270	52,010	53,170	59,860
222	F <sub>2</sub> _№ 1	UgStr_2	Si	56,950	59,240	49,410	54,080	53,190	54,890
223	F <sub>2</sub> _№ 1	UgStr_3	Sj	52,850	50,600	42,420	47,320	46,990	46,730
224	F <sub>2</sub> _№ 1	UgStr_4	Sk	38,350	37,830	32,810	32,800	34,430	29,070

*Продолжение таблицы  
Table continuation*

№	Сорта/формы Varieties/forms	Признаки Attributes	ПСЭ*\nSRE\*	Последовательности измерений жилкования Sequences of venation measurements					
				Эл_3**\nEl_3	Эл_4\nEl_4	Эл_5\nEl_5	Эл_6\nEl_6	Эл_7\nEl_7	Эл_8\nEl_8
Формы (гибридные сеянцы первого поколения) Forms (first generation hybrid seedlings)									
393	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	Sh_Set	Sa	12,200	15,060	18,550	20,210	21,810	21,260
394	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	H_Set	Sb	11,210	14,290	16,570	16,990	17,730	15,780
395	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	Strok_1	Sc	6,761	8,285	11,301	10,077	11,751	10,336
396	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	Strok_2	Sd	4,779	5,894	6,344	8,040	8,375	10,596
397	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	Strok_3	Se	3,205	4,519	4,935	6,074	5,849	4,373
398	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	Strok_4	Sf	3,010	4,098	4,586	4,591	5,421	4,434
399	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	Str_L_1	Sg	6,710	8,280	11,210	9,980	11,680	10,250
400	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	Str_L_2	Sh	4,770	5,780	6,140	7,810	8,210	10,350
401	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	Str_L_3	Si	3,200	4,460	4,870	5,740	5,720	4,350
402	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	Str_L_4	Sg	2,800	3,850	4,090	4,200	4,820	4,110
403	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	UgStr_1	Sh	65,270	64,490	68,530	64,980	67,920	67,530
404	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	UgStr_2	Si	61,040	59,440	61,280	61,540	63,670	67,600
405	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	UgStr_3	Sj	54,430	54,140	55,020	56,960	58,390	60,660
406	F <sub>1</sub> _маточное дерево F <sub>1</sub> _parent tree	UgStr_4	Sk	45,120	42,960	46,150	48,290	47,880	51,310

Окончание таблицы  
The end of table

№	Сорта/формы Varieties/forms	Признаки Attributes	ПСЭ\* SRE\*	Последовательности измерений жилкования Sequences of venation measurements					
				Эл_3\** El_3	Эл_4 El_4	Эл_5 El_5	Эл_6 El_6	Эл_7 El_7	Эл_8 El_8
Сорта селекции В. С. Симагина Varieties selected by V. S. Simagin									
519	Черный Блеск Chorny Blesk	Sh_Set	Sa	16,296	15,111	22,032	19,432	22,378	20,622
520	Черный Блеск Chorny Blesk	Sh_Set	Sb	16,545	15,977	24,338	19,641	25,412	23,528
521	Черный Блеск Chorny Blesk	H_Set	Sc	8,990	8,433	11,828	10,784	12,786	11,488
523	Черный Блеск Chorny Blesk	Strok_2	Sd	6,641	6,754	9,209	8,493	9,773	9,380
524	Черный Блеск Chorny Blesk	Strok_3	Se	5,137	4,583	7,693	5,820	7,519	6,660
525	Черный Блеск Chorny Blesk	Strok_4	Sf	6,293	4,402	8,393	6,155	9,164	7,429
526	Черный Блеск Chorny Blesk	Str_L_1	Sg	8,970	8,390	11,810	10,750	12,730	11,450
527	Черный Блеск Chorny Blesk	Str_L_2	Sh	6,540	6,570	9,160	8,380	9,690	9,280
528	Черный Блеск Chorny Blesk	Str_L_3	Si	5,020	4,440	7,490	5,560	7,290	6,580
529	Черный Блеск Chorny Blesk	Str_L_4	Sg	5,700	4,090	7,110	5,820	7,890	6,350
530	Черный Блеск Chorny Blesk	UgStr_1	Sh	62,800	61,770	59,180	62,970	60,240	59,240
531	Черный Блеск Chorny Blesk	UgStr_2	Si	57,900	57,780	54,570	59,130	55,510	55,420
532	Черный Блеск Chorny Blesk	UgStr_3	Sj	52,380	50,780	49,630	52,360	49,290	48,690
533	Черный Блеск Chorny Blesk	UgStr_4	Sk	36,210	40,970	36,030	39,080	34,370	36,770

ПСЭ\\* – последовательности связанных элементов;  
 SRE\\* – sequences of related elements;  
 Эл\_ \\*\* – элементы измерения признаков;  
 El\_ \\*\* – elements of measuring attributes;  
 Sa\\*\*\* – последовательность измерения по признаку *a* и т. д.  
 Sa\\*\*\* – sequence of measurement based on attribute *a*, etc.

На рис. 1–3 приведен пример измерения последовательностей связанных элементов. Палетка в виде координатной сетки разбивала жилку на четыре фрагмента.

У каждого фрагмента проведены три измерения: полная длина фрагмента жилки; параллельный

размер (кратчайшее расстояние от начала до конца фрагмента жилки); угловой размер фрагмента жилки (угол отхождения фрагмента боковой жилки от центральной).

Кластеризация проведена по Л. А. Животовскому (1979, 1982) методом группового среднего.



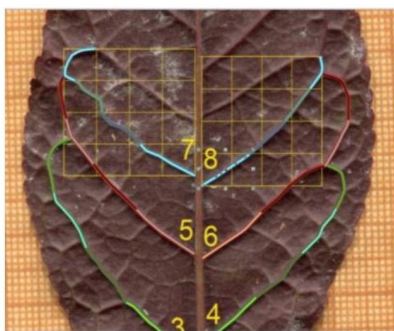


Рис 1. Измерение полной длины первого фрагмента жилки листа формы № 4 F<sub>1</sub>  
 Fig. 1. Measuring the total length of the first fragment of the leaf vein of form № 4 F<sub>1</sub>



Рис 2. Измерение углового размера фрагмента жилки  
 Fig. 2. Measuring the angular size of a vein fragment

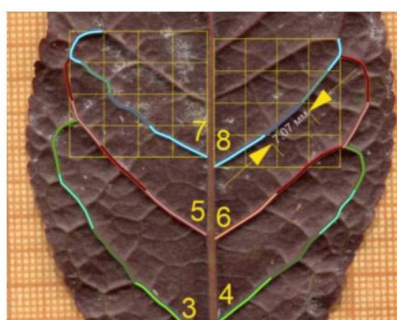


Рис 3. Измерение кратчайшего расстояния от начала до конца второго фрагмента жилки листа формы № 4 F<sub>1</sub> (параллельный размер)  
 Fig. 3. Measuring the shortest distance from the beginning to the end of the second fragment of the leaf vein of form № 4 F<sub>1</sub> (parallel size)

Для изучения изменчивости совокупности признаков применены новые подходы к анализу сочетаний признаков: «Результирующий показатель системы сжатых (сжимающих) отображений» (Рп ССО) (Неуймин, 1991; Неуймин, Кацман, 2016), «числовой Идентификатор» (Neuumin et al., 2016).

### Результаты и их обсуждение

Дифференциация семян чермухи 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' по флуктуирующей асимметрии листьев в Ботаническом саду УрО РАН позволила выделить пять кластерных группировок внутривидовых и внутригибридных таксонов чермухи и установить вероятные родительские формы чермухи, участвующие в образовании новых крупнолистных форм (рис. 4).

В первую группу вошли сорта 'Черный Блеск', 'Самшитолистная', 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' и внутригибридные формы первого и второго поколений (№ 5 F<sub>1</sub>, № 25 F<sub>2</sub>, № 32 F<sub>1</sub>).

В состав второй группы входят сорта 'Черный Блеск', 'Самшитолистная' и 'Кистевая Розовоцветная', что указывает на их родство с образовавшимися внутригибридными формами данной группы (№ 8 F<sub>1</sub>, № 11 F<sub>1</sub>, № 13 F<sub>1</sub>, № 17 F<sub>1</sub>, № 18 F<sub>1</sub>, № 27 F<sub>1</sub>, № 14a F<sub>2</sub>, № 52 F<sub>2</sub>). Их генотип участвовал в спонтанной гибридизации.

Третья группа состоит из коллекционной формы 'Кистевая 1-1-8' и форм первого поколения № 4 F<sub>1</sub>, № 6 F<sub>1</sub>, № 9 F<sub>1</sub>, № 10 F<sub>1</sub>. Следовательно, их родительскими формами служили 'Кистевая 1-1-8' и 'Гибрид Краснолистая 1-17-6'.

В четвертую группу вошли коллекционные формы 'Кистевая Розовоцветная', № 9-21-47 и сеянцы первого (№ 12 F<sub>1</sub>, № 28 F<sub>1</sub>) и второго (№ 1 (яркая) F<sub>2</sub>, № 15 F<sub>2</sub>, № 21 F<sub>2</sub>, № 23 F<sub>2</sub>, № 28 F<sub>2</sub>, № 44 F<sub>2</sub>) поколений.

Особенности признаков жилкования листьев родительских таксонов 'Кистевой Розовоцветной' и № 9-21-47 проявились и у сеянцев чермухи второго поколения. Они получены посевом семян с отборной формы материнского дерева F<sub>1</sub> – потомка 'Гибрида Краснолистой 1-17-6', находящегося в изоляции от основной коллекции.

Пятую группу составили сеянцы коллекционной формы № 11-2-64, отборной формы материнского дерева F<sub>1</sub> и его сеянцев № 60 F<sub>2</sub>, № 14 F<sub>2</sub>, № 57 (высокорослая) F<sub>2</sub>, а также № 33 F<sub>1</sub>.

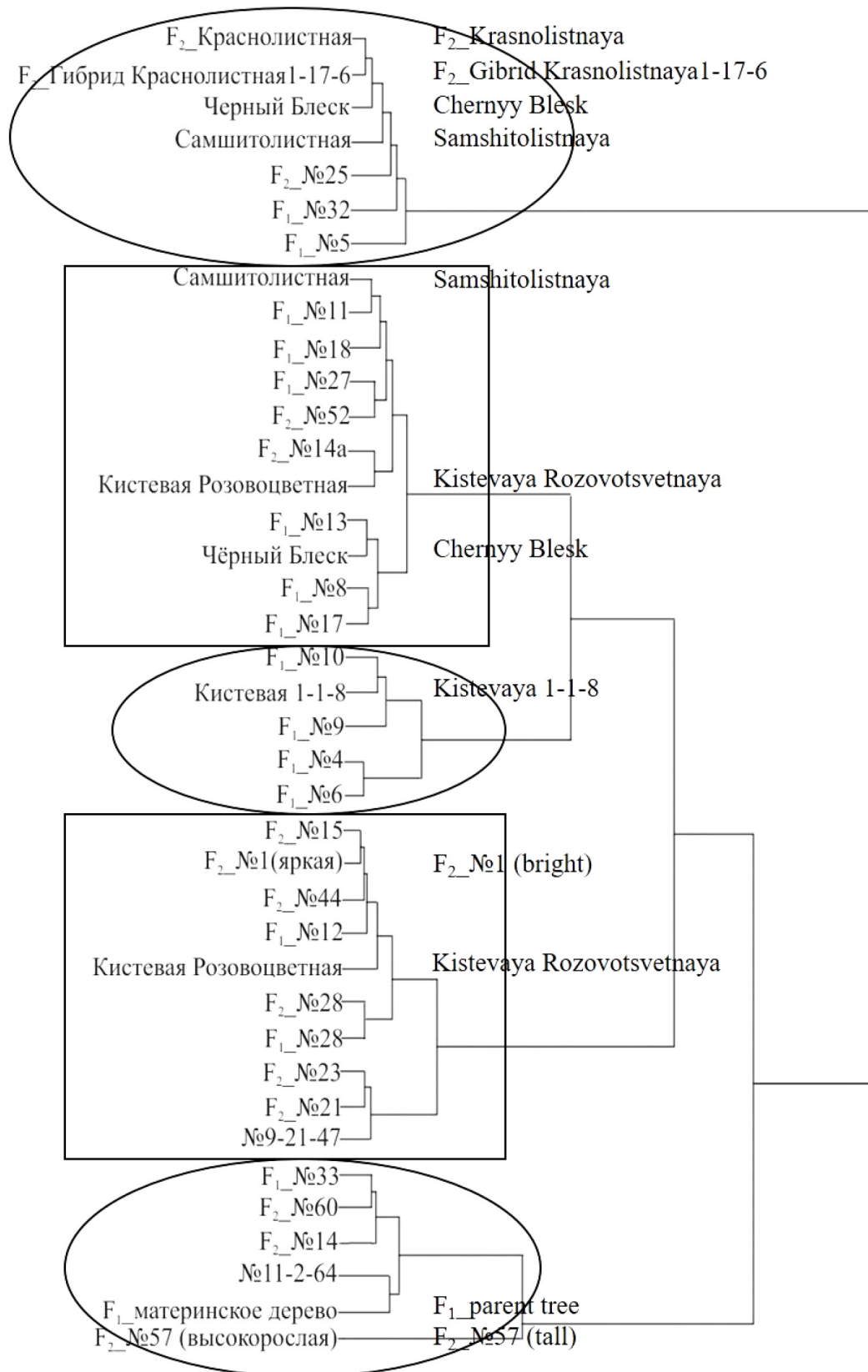


Рис. 4. Морфогенетическая структура сортов черемухи и сеянцев от свободного опыления черемухи 'Гибрид Краснолистная 1-17-6' по флуктуирующей асимметрии листьев

Fig. 4. Morphogenetic structure of bird cherry varieties and seedlings from free pollination of bird cherry 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' according to fluctuating leaf asymmetry

**Выводы**

Особенности жилкования листьев сеянцев форм от свободного опыления и таксонов коллекций позволяют установить родительские формы черемухи, участвующие в образовании новых краснолистных и зеленолистных форм.

На основе анализа флуктуирующей симметрии жилкования листьев черемухи выявлено внутривидовое и внутригибридное разнообразие. Новые подходы измерения последовательностей связанных элементов и их анализ могут быть использованы при создании коллекций любых культур и их паспортизации.

**Список источников**

- Животовский Л. А.* Показатель популяционной изменчивости по полиморфным признакам // Фенетика популяций. М. : Наука, 1982. С. 38–44.
- Животовский Л. А.* Показатель сходства популяций по полиморфным признакам // Журн. общ. биологии. 1979. Т. 40. № 4. С. 587–602.
- Кожевников А. П., Залесов С. В.* Опыт создания коллекции плодовых и декоративных культур : монография. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. 206 с.
- Кожевников А. П., Петрова Е. В.* Интродукция и сортоиспытание культуры черемухи на Среднем Урале / Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий : сб. науч. тр. Кемеровского отделения РБО / под ред. А. Н. Куприянова. Кемерово : Ирбис, 2010. Вып. 6. С. 130–134.
- Кожевников А. П.* Теория и практика интродукции древесных растений: монография Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 120 с.
- Мориллов В. В., Неуймин С. И., Кацман С. И.* Комплексы связанных элементов признаков органов *Betonica officinalis* L. как маркеры для поиска растений с повышенным содержанием дубильных веществ // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2020. № 134. С. 67–72.
- Неуймин С. И.* Инвентаризация видового состава с использованием относительных пространственно ориентированных признаков (параметров) растительной системы (на примере видовых представителей рода *Agropyron gaertn.*) // Мамаевские чтения : матер. Регион. науч. конф., посвящ. 75-летию Ботанического сада УрО РАН и памяти чл.-кор. РАН С. А. Мамаева. Екатеринбург, 2012. С. 115–120.
- Неуймин С. И., Кацман С. И.* Математическая модель анализа комплексов связанных элементов в биологических системах // Математическая биология и биоинформатика: VI Междунар. конф., г. Пущино 16–21 октября 2016 / под ред. В. Д. Лахно. Пущино, 2016. С. 72–73.
- Неуймин С. И.* Система изменчивости пшеницы эфиопской (*Triticum aethiopicum* Jakubz.) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Неуймин С. И. Л., 1991. 19 с.
- Неуймин С. И., Темирбекова С. К., Филатенко А. А.* Периодическая система конструктивных элементов генеративной сферы житняка гребенчатого // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 6. С. 38–41.
- Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях / *В. М. Захаров, Н. П. Жданова, Е. Ф. Кирик* [и др.] // Онтогенез. 2001. Т. 32. № 6. С. 404–421.
- Neuymin S. I., Temirbekova S. K., Montile A. A.* Variability of elementary frequency characteristics of radical index in the system of contracted reflected in classification of wheat grass types // History, Problems and Prospects of Development of Modern Civilization : XVII International Academic Congress. Japan, Tokyo, University Press, 2016. P. 257–270.

**References**

- Kozhevnikov A. P.* Theory and practice of introduction of woody plants: monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2015. 120 p.

- Kozhevnikov A. P., Petrova E. V.* Introduction and variety testing of bird cherry culture in the Middle Urals // Flora and vegetation of anthropogenically disturbed areas : digest of scientific works of the Kemerovo branch of the RBS / Ed. A. N. Kupriyanova. Kemerovo : Irbis, 2010. Vol. 6. P. 130–134. (In Russ.)
- Kozhevnikov A. P., Zalesov S. V.* Experience in creating a collection of fruit and ornamental crops : monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2018. 206 p.
- Morilov V. V., Neuimin S. I., Katsman S. I.* Complexes of related elements of characteristics of organs of *Betonica officinalis* L. as markers for searching for plants with a high content of tannins // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2020. № 134. P. 67–72. (In Russ.)
- Neuimin S. I.* Inventory of species composition using relative spatially oriented characteristics (parameters) of a plant system (using the example of species representatives of the genus *Agropyron gaertn.*) // Mamaev's Readings : Materials of the regional scientific conference dedicated to the 75th anniversary of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences and the memory of Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences S. A. Mamaev. 2012. P. 115–120. (In Russ.)
- Neuimin S. I.* The system of variability of Ethiopian wheat (*Triticum aethiopicum* Jakubz.) : Abstract of the dissertation for the degree of candidate of biological sciences / *Neuimin S. I.* Leningrad, 1991. 19 p.
- Neuimin S. I., Katsman S. I.* Mathematical model for the analysis of complexes of related elements in biological systems // Mathematical biology and bioinformatics : VI international conference, Pushchino, October 16–21, 2016: Reports / Ed. V. D. Lakhno. Pushchino, 2016. P. 72–73. (In Russ.)
- Neuimin S. I., Temirbekova S. K., Filatenko A. A.* Periodic system of structural elements of the generative sphere of crested wheatgrass // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2009. № 6. P. 38–41. (In Russ.)
- Neuimin S. I., Temirbekova S. K., Montile A. A.* Variability of elementary frequency characteristics of radical index in the system of contracted reflected in classification of wheat grass types // History, Problems and Prospects of Development of Modern Civilization : XVII International Academic Congress. Japan, Tokyo : University Press, 2016. P. 257–270.
- Ontogenesis and population : assessment of the stability of development in natural populations / *V. M. Zakharov, N. P. Zhdanova, E. F. Kirik* [et al.] // Ontogenesis. 2001. Vol. 32. № 6. P. 404–421. (In Russ.)
- Zhivotovsky L. A.* Indicator of population variability based on polymorphic characteristics // Population phenetics. Moscow : Nauka, 1982. P. 38–44. (In Russ.)
- Zhivotovsky L. A.* Indicator of similarity of populations based on polymorphic characteristics // Journal. gen. biology. 1979. Vol. 40. № 4. P. 587–602. (In Russ.)

#### **Информация об авторах**

- А. П. Кожевников* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;  
*С. И. Неймин* – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Интродукция травянистых растений»;  
*Г. М. Кожевникова* – ведущий инженер лаборатории «Экология древесных растений».

#### **Information about the authors**

- A. P. Kozhevnikov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;  
*S. I. Neuimin* – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of «Introduction of Herbaceous Plants»;  
*G. M. Kozhevnikova* – Leading engineer of the Laboratory of «Ecology of Woody Plants».

Статья поступила в редакцию 19.11.2023; принята к публикации 02.02.2024.

The article was submitted 19.11.2023; accepted for publication 02.02.2024.

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3(90) С. 112–121.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3(90) P. 112–121.

Научная статья

УДК 630.627.3:630.4(470.54)

DOI: 10.51318/FRET.2024.11.43.012

## ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЕВ В УСЛОВИЯХ ШАРТАШСКОГО ЛЕСНОГО ПАРКА

Шорена Элгуджевна Микеладзе<sup>1</sup>, Наталья Павловна Бунькова<sup>2</sup>,  
Анна Андреевна Яковлева<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> shorena210@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2976-4074>

<sup>2</sup> bunkovanp@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7228-4693>

<sup>3</sup> yakovlevaaa3@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4859-4652>

**Аннотация.** В статье приведены результаты динамики санитарного состояния сосновых древостоев в зависимости от влияния рекреационных нагрузок в условиях Шарташского лесного парка г. Екатеринбурга. Данные были получены на семи постоянных пробных площадях (ППП), заложенных Н. П. Буньковой в 2006 г. в сосняках ягодникового, разнотравного и черничного типов леса. Динамика санитарного состояния древостоев приведена за 2006 и 2023 гг. Учет посещения рекреантов в лесном парке проводился в летний, осенний, зимний и весенний периоды с 2006 по 2007 и с 2022 по 2023 гг. соответственно. Полученные данные свидетельствуют о том, что санитарное состояние древостоев за 17-летний период ухудшилось под воздействием рекреационной нагрузки.

**Ключевые слова:** санитарное состояние древостоев, рекреационная нагрузка, сосняки, динамика, древостой

**Для цитирования:** Микеладзе Ш. Э., Бунькова Н. П., Яковлева А. А. Влияние рекреационных нагрузок на санитарное состояние древостоев в условиях Шарташского лесного парка // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 112–121.



Scientific article

## THE INFLUENCE OF RECREATIONAL LOADS ON THE SANITARY CONDITION OF THE STANDS IN THE CONDITIONS OF THE SHARTASH FOREST PARK

Shorena E. Mikeladze<sup>1</sup>, Natalia P. Bunkova<sup>2</sup>, Anna A. Yakovleva<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> shorena210@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2976-4074>

<sup>2</sup> bunkovanp@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7228-4693>

<sup>3</sup> yakovlevaaa3@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4859-4652>

**Abstract.** The article presents the results of the dynamics of the sanitary condition of pine stands depending on the influence of recreational loads in the conditions of the Shartash Forest Park the city of Yekaterinburg. The data were obtained on seven permanent inventory plot (PIP) laid down by N. P. Bunkova in 2006 in the pine forests of berry, mixed grass and blueberry forest types. The dynamics of the sanitary condition of stands is given for 2006 and 2023. The registration of recreational visitors in the forest park was carried out in the summer, autumn, winter and spring periods from 2006 to 2007 and from 2022 to 2023, respectively. The data obtained indicate that the sanitary condition of the stands has deteriorated over a 17-year period under the influence of recreational stress.

**Keywords:** sanitary condition of stands, recreational load, pine forests, dynamics, stand

**For citation:** Mikeladze Sh. E., Bunkova N. P., Yakovleva A. A. The influence of recreational loads on the sanitary condition of the stands in the conditions of the Shartash forest park // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 112–121.

### Введение

В настоящее время, несмотря на многообразие исследований влияния рекреационного воздействия на санитарное состояние древостоев в лесных парках, остро стоит вопрос об их устойчивости (Влияние..., 2020; Морозов и др., 2019). Одним из главных факторов рекреационных лесов является предоставление полезных свойств для улучшения комфортного отдыха рекреантов (Качество жизни..., 2013; Жилищно-коммунальное хозяйство..., 2017). Однако древостои, находящиеся под влиянием рекреационного воздействия, ослабевают, теряют устойчивость и привлекательность (Динамика..., 2022). Кроме того, нельзя не учитывать влияние на насаждения лесных парков промышленных поллютантов, которые накапливаются в почвах и способствуют поражению деревьев корневыми и стволовыми гнилями (Залесов и др., 2008; Залесов, Колтунов, 2009а, б; Колтунов и др., 2007, 2011).

Шарташский лесной парк является одним из наиболее посещаемых парков Екатеринбурга.

Объяснить это можно тем, что территория парка удобно расположена относительно центра города и благоустроена для активного и пассивного отдыха горожан. На территории лесного парка имеется самое большое озеро в городе – Шарташ – и археологический памятник «Каменные палатки», которые являются историческими объектами и излюбленным местом посещения отдыхающих. Можно отметить, что лесной парк является рекреационной зоной и его активное посещение рекреантами приводит к повышенному антропогенному воздействию, следовательно, к ухудшению санитарного состояния древостоев на его территории (Бунькова, Залесов, 2016).

На территории лесного парка насаждения являются преимущественно спелыми и перестойными с наличием на стволах деревьев плодовых тел грибов, вследствие чего образуются усыхающие и сухостойные деревья, опасные для посетителей (Данчева и др., 2023а). Несвоевременная вырубка слабых и отстающих в росте деревьев, старого

и сухого подлеска приводит к захламлению и к высокой вероятности образования очагов заболеваемости (Бунькова, Микеладзе, 2022).

Насаждения, находящиеся под влиянием рекреационной нагрузки, подвержены такому отрицательному фактору, как вытаптывание растительного покрова, что приводит к уплотнению почвы, механическим повреждениям древесной и кустарниковой растительности (Михайлова и др., 2021). Снижение устойчивости древостоев под влиянием рекреационной нагрузки вызывает образование больных, отстающих в росте и сухостойных деревьев, следовательно, имеется повышенный риск возникновения и распространения пожаров (Залесов, Миронов, 2004; Архипов, Залесов, 2017). Воздействие рекреационной нагрузки ухудшает санитарное состояние древостоев, что способствует переходу последних от категории ослабленных к категории сильно ослабленных (Данчева и др., 2023б).

Насаждения лесного парка характеризуются относительно бедным составом хвойных пород, что приводит к сложности формирования ландшафтными рубками рекреационных насаждений и создания эстетически привлекательных пейзажей (Ландшафтные рубки..., 2007; Залесов и др., 2016; Перспективные хвойные интродуценты..., 2019).

#### **Цель, объекты и методика исследований**

Цель исследования – определение влияния рекреационных нагрузок на санитарное состояние сосновых древостоев в условиях Шарташского лесного парка г. Екатеринбург.

Исследования проводились в условиях сосняков разнотравного, ягодникового и черничного типов леса. В основу исследований положен метод постоянных пробных площадей (Основы фитомитинга, 2020). Для учета рекреационной нагрузки использовался метод выборочный моментный, согласно Временной методике ... (1987), который позволяет вести наблюдения на определенном участке. На каждой ППП в одинаковых природных условиях определялись численность отдыхающих и время их пребывания в зависимости от погодных условий, рабочих и нерабочих дней с комфортной и дискомфортной температурой в разные сезо-

ны года, а также показатель среднегодовой единовременной рекреационной нагрузки (чел./га), который можно разделить на четыре группы по степени рекреационного воздействия: 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.

Помимо определения основных таксационных показателей, на всех семи восстановленных ППП произведена оценка санитарного состояния древостоев по пятибалльной шкале категорий санитарного состояния согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 09 декабря 2020 г. № 2047 (Об утверждении..., 2020). Однако с учетом целевого значения лесов оценка санитарного состояния древостоев выполнена не по запасу, а по густоте. При этом для каждой ППП получены данные о среднегодовой единовременной рекреационной нагрузке (чел./га) и средневзвешенной категории санитарного состояния. Средневзвешенная категория санитарного состояния древостоев определялась по шкале санитарного состояния лесных насаждений: 1–1,5 – лесные насаждения без признаков ослабления, 1,51–2,5 – ослабленные лесные насаждения, 2,51–3,5 – сильно ослабленные лесные насаждения, 3,51–4,5 – усыхающие лесные насаждения, более 4,5 – погибшие лесные насаждения (Об утверждении..., 2020).

#### **Результаты и их обсуждение**

За последние годы в Шарташском лесном парке проведен большой объем по благоустройству территории: устройство дорог общего назначения, вело- и мотодорожек, пешеходных тротуаров, строительство спортивных и детских площадок, организация различных зон отдыха (в том числе и на воде), размещение беседок, скамеек и других малых архитектурных форм. Все это привело к еще большему потоку рекреантов в лесной парк. В результате чего рекреационная нагрузка на компоненты его насаждений увеличилась.

Для анализа динамики санитарного состояния в зависимости от среднегодовой рекреационной нагрузки с 2006 по 2023 гг. нами повторно выполнены исследования на ППП по установлению основных таксационных показателей древостоев.

В табл. 1 и 2 представлены данные по динамике рекреационной нагрузки и санитарного состояния в условиях Шарташского лесного парка в сосняках ягодникового, разнотравного и черничного типов леса.

Полученные данные по распределению деревьев по категориям санитарного состояния (табл. 1) свидетельствуют о том, что состояние сосновых древостоев за 17-летний период ухудшилось. Так, во всех типах леса на шести ППП количество деревьев 1-й категории санитарного состояния (без признаков ослабления) в 2006 г. варьировало от 29,30 до 62,40 %, за исключением ППП 2 – 10,50 %.

В 2023 г. при повторном исследовании показателей санитарного состояния на ППП 1, ППП 2,

ППП 3, ППП 4 деревья 1-й категории санитарного состояния отсутствовали. Только на ППП 5, ППП 6 и ППП 7 количество здоровых деревьев варьировало от 0,72 до 1,95 %. Снижение количества деревьев 1-й категории санитарного состояния в 2023 г. по сравнению с таковым в 2006 г. свидетельствует об ухудшении санитарного состояния древостоев на постоянных пробных площадях. Также за 17-летний период увеличилось количество деревьев 2-й категории санитарного состояния (ослабленные) на всех ППП. В 2006 г. количество таких деревьев не превышало 58,90 % (ППП 2), но в 2023 г. их количество увеличилось до 84,93 % (ППП 6). Последнее свидетельствует о преобладании ослабленных деревьев и ухудшении санитарного состояния на пробных площадях.

Таблица 1  
Table 1

Динамика санитарного состояния в условиях Шарташского лесного парка в сосняках ягодникового, разнотравного и черничного типов леса  
The dynamics of the sanitary condition in the conditions of the Shartash Forest Park in the pine forests of berry, mixed grass and blueberry forest types

№ ППП № PIP	Распределение числа деревьев сосны по категориям санитарного состояния, шт./га/% Distribution of the number of pine trees by categories of sanitary condition, pcs./ha											
	2006						2023					
	I	II	III	IV	V	Всего Total	I	II	III	IV	V	Всего Total
Сосняк разнотравный Mixed-grass pine												
1	$\frac{210}{51,90}$	$\frac{135}{33,30}$	$\frac{45}{11,10}$	$\frac{5}{1,23}$	$\frac{10}{2,47}$	$\frac{405}{100}$	0	$\frac{206}{73,83}$	$\frac{40}{14,34}$	$\frac{30}{10,75}$	$\frac{3}{1,08}$	$\frac{279}{100}$
4	$\frac{245}{45,10}$	$\frac{226}{41,62}$	$\frac{32}{5,89}$	$\frac{29}{5,30}$	$\frac{11}{2,00}$	$\frac{543}{100}$	0	$\frac{353}{67,75}$	$\frac{137}{26,30}$	$\frac{18}{3,45}$	$\frac{13}{2,50}$	$\frac{521}{100}$
6	$\frac{274}{48,30}$	$\frac{214}{37,70}$	$\frac{40}{7,10}$	$\frac{22}{3,90}$	$\frac{17}{2,90}$	$\frac{567}{100}$	$\frac{3}{0,72}$	$\frac{355}{84,93}$	$\frac{41}{9,81}$	0	$\frac{19}{4,54}$	$\frac{418}{100}$
Сосняк ягодниковый Berry pine												
2	$\frac{57}{10,50}$	$\frac{320}{58,90}$	$\frac{133}{24,50}$	$\frac{30}{5,50}$	$\frac{3}{0,55}$	$\frac{543}{100}$	0	$\frac{135}{58,70}$	$\frac{57}{24,78}$	$\frac{33}{14,35}$	$\frac{5}{2,17}$	$\frac{230}{100}$
5	$\frac{169}{29,30}$	$\frac{314}{54,50}$	$\frac{76}{13,20}$	$\frac{17}{3,00}$	0	$\frac{576}{100}$	$\frac{11}{1,95}$	$\frac{342}{60,76}$	$\frac{188}{33,39}$	$\frac{11}{1,95}$	$\frac{11}{1,95}$	$\frac{563}{100}$
7	$\frac{328}{57,30}$	$\frac{180}{31,50}$	$\frac{49}{8,60}$	$\frac{6}{1,05}$	$\frac{9}{1,60}$	$\frac{572}{100}$	$\frac{3}{0,92}$	$\frac{234}{71,77}$	$\frac{57}{17,48}$	$\frac{6}{1,85}$	$\frac{26}{7,98}$	$\frac{326}{100}$
Сосняк черничниковый Blueberry pine												
3	$\frac{391}{62,40}$	$\frac{166}{26,50}$	$\frac{50}{8,00}$	$\frac{7}{1,10}$	$\frac{13}{2,10}$	$\frac{627}{100}$	0	$\frac{381}{78,72}$	$\frac{75}{15,49}$	$\frac{28}{5,79}$	0	$\frac{484}{100}$

Таблица 2  
Table 2

Динамика средневзвешенной категории санитарного состояния  
в условиях Шарташского лесного парка в сосняках ягодникового, разнотравного  
и черничного типов леса в зависимости от степени рекреационного воздействия  
Dynamics of the weighted average category of sanitary condition  
in the conditions of the Shartashsky Forest Park in the pine forests of berry,  
mixed grass and blueberry forest types, depending on the degree of recreational impact

№ ППП № PIP	Среднегодовая единовременная нагрузка будни – выходные, чел./га Average annual one-time load weekdays –weekends, people/ha				Средневзвешенная категория санитарного состояния Weighted average category of sanitary condition			
	2006 г. 2006		2023 г. 2023		2006 г. 2006		2023 г. 2023	
<b>Сосняк разнотравный</b> Mixed-grass pine								
1	0,12–0,14	Сильная Strong	0,74–1,36	Сильная Strong	1,69	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations	2,39	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations
4	0,18–0,18	Сильная Strong	0,99–2,33	Сильная Strong	1,78	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations	2,41	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations
6	0,14–0,19	Сильная Strong	0,42–0,52	Сильная Strong	1,75	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations	2,23	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations
<b>Сосняк ягодниковый</b> Berry pine								
2	0,08–0,18	Сильная Strong	1,02–2,44	Сильная Strong	2,27	Сильно ослабленные лесные насаждения Severely weakened forest plantations	2,60	Сильно ослабленные лесные насаждения Severely weakened forest plantations
5	0,18–0,14	Сильная Strong	0,62–0,79	Сильная Strong	1,77	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations	2,41	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations
7	0,07–0,07	Сильная Strong	0,55–1,30	Сильная Strong	1,58	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations	2,44	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations
<b>Сосняк черничниковый</b> Blueberry pine								
3	0,07–0,10	Средняя Average	1,12–1,74	Сильная Strong	1,58	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations	2,44	Ослабленные лесные насаждения Weakened forest plantations

Количество деревьев 3-й категории санитарного состояния на всех ППП с 2006 по 2023 г. варьировало от 5,89 до 24,50 %, а в 2023 г. – от 9,81 до 33,39 %. Увеличение количества деревьев 3-й категории санитарного состояния (сильно ослабленные) на ППП во всех трех типах леса свидетельствует о снижении качества их санитарного состояния и устойчивости к рекреационной нагрузке. При распределении деревьев по категориям санитарного состояния по густоте в 2006 г. количество деревьев 4-й категории санитарного состояния варьировало на всех ППП от 0,55 до 2,90 %, кроме ППП 5, где деревья этой категории отсутствовали. В 2023 г. количество деревьев 4-й категории увеличилось на шести ППП от 1,85 до 14,35 %, что свидетельствует о высокой доле отпада на постоянных пробных площадях за 17-летний период на территории лесного парка Шарташ.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что за исследуемый период на семи заложённых ППП произошло ухудшение санитарного состояния древостоев. Последнее подтверждается тем, что доля деревьев 1-й категории санитарного состояния отсутствует на четырех из семи ППП, деревья 2-й категории санитарного состояния существенно преобладают на всех пробных площадях. Также следует отметить, что количество деревьев 3-й категории санитарного состояния увеличилось и высока доля отпада деревьев на всех ППП.

По данным табл. 2 можно отметить, что показатели средневзвешенной категории санитарного состояния и среднегодовой единовременной нагрузки увеличились с 2006 по 2023 г. Так, в 2006 г. на ППП 1, ППП 2, ППП 4 и ППП 5 при сильной степени рекреационного воздействия средневзвешенная категория санитарного состояния варьирует от 1,69 до 1,78 – ослабленные насаждения. На ППП 2 ее показатель составляет 2,27 – сильно ослабленные насаждения. Также в 2006 г., несмотря на то, что ППП 3 и ППП 7 имеют среднюю степень рекреационного воздействия, показатель средневзвешенной категории санитарного состояния древостоев варьирует от 1,54 до 1,58, что характеризует древостои как ослабленные. В 2023 г. при увеличении степени рекреационного воздей-

ствия (сильная) на ППП 2 балл средневзвешенной категории санитарного состояния составляет 2,60, что характеризует древостои как сильно ослабленные. На остальных ППП наблюдается сильная степень рекреационного воздействия, что свидетельствует об увеличении показателя средневзвешенной категории санитарного состояния на всех ППП на 0,73 балла за исследуемый период. Это характеризует древостои как ослабленные и сильно ослабленные.

По полученным данным можно сделать вывод: древостои на ППП являются преимущественно ослабленными и сильно ослабленными по показателю средневзвешенной категории санитарного состояния. Это можно объяснить тем, что среднегодовая единовременная нагрузка увеличилась на 2,26 чел./га, что привело к сильной степени рекреационного воздействия на всех ППП. Также прослеживается четкая взаимосвязь между увеличением рекреационного воздействия и ухудшением санитарного состояния древостоев на ППП.

### Выводы

1. Объектом исследования являются сосняки ягодникового, разнотравного и черничникового типов леса в условиях Шарташского лесного парка Екатеринбурга.

2. На заложённых семи постоянных пробных площадях за 2006 и 2023 гг. в Шарташском лесном парке среднегодовая единовременная нагрузка в будни увеличилась на 1,15 чел./га, а в выходные и праздничные дни – на 2,30 чел./га, что свидетельствует об увеличении рекреационной нагрузки.

2. Распределение количества деревьев сосны по категориям санитарного состояния с 2006 по 2023 гг. свидетельствует об уменьшении количества деревьев 1-й категории санитарного состояния на 62,40 %.

3. Увеличение количества деревьев 2-й категории санитарного состояния на 47,23 % (ППП 6), 3-й категории санитарного состояния на 20,41 % (ППП 4), 4-й категории санитарного состояния на 9,52 % (ППП 1) и количества деревьев 5-й категории санитарного состояния на 6,38 % (ППП 7) свидетельствует об ухудшении санитарного состояния древостоев.



4. Все заложенные постоянные пробные площади имели сильную степень рекреационного воздействия в 2006 г., кроме ППП 3 и ППП 7, которые имеют среднюю степень рекреационного воздействия. В 2023 г. среднегодовая единовременная нагрузка выросла на 2,26 чел./га, что привело к сильной степени рекреационного воздействия на всех семи ППП в условиях сосняков разнотравного, ягодникового и черничного типов леса.

5. В 2006 г. из семи ППП, заложенных в сосняках разнотравного, ягодникового и черничникового типов леса, шесть (кроме ППП 2) имели средневзвешенную категорию санитарного состояния от 1,54 до 1,78 (ослабленные лесные насаждения). В 2023 г. показатель увеличился и варьирует от 2,23 до 2,44 (ослабленные лесные насаждения), а на ППП 2 показатель составляет 2,60 (сильно ослабленные насаждения).

### Список источников

- Архипов Е. В., Залесов С. В. Динамика лесных пожаров в Республике Казахстан и их экологические последствия // *Аграрный вестник Урала*. 2017. № 4 (158). С. 10–15.
- Бунькова Н. П., Залесов С. В. Рекреационная устойчивость и емкость сосновых насаждений в лесопарках г. Екатеринбурга : монография. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 124 с.
- Бунькова Н. П., Микеладзе Ш. Э. Улучшение санитарного состояния древостоев в лесопарках // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2022. № 61. С. 80–82.
- Влияние состава древостоя на санитарное состояние деревьев сосны обыкновенной в ГНПП «Бурабай» / Е. П. Вибе, О. С. Телегина, С. В. Залесов, К. А. Меркель // *Инновации в сохранении и устойчивом развитии лесных экосистем : материалы Междунар. науч.-практ. конф., приуроченной к 20-летию создания ГНПП «Бурабай»*. Бурабай, 2020. С. 83–86.
- Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок / Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву и др. М., 1987. 33 с.
- 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*. 2023а. XLI. № 4. С. 293–299.
- Данчева А. В., Залесов С. В., Попов А. С. Лесной экологический мониторинг : учеб. пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023б. 146 с.
- Динамика состояния древостоев лесного парка имени Лесоводов России г. Екатеринбурга под воздействием рекреации / А. Е. Морозов, Н. И. Стародубцева, А. Р. Кирибаум, Д. Чанотей // *Леса России и хозяйство в них*. 2022. Вып. 3 (82). С. 25–31.
- Жилищно-коммунальное хозяйство и качество жизни в XXI веке : экономические модели, новые технологии и практики управления : коллект. моногр. / Я. П. Силин, Г. В. Астратова [и др.] ; под ред. Я. П. Силина, Г. В. Астратовой. М. ; Екатеринбург : Науковедение, 2017. 600 с.
- Залесов С. В., Газизов Р. А., Хайретдинов А. Ф. Состояние и перспективы ландшафтных рубок в рекреационных лесах // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016. № 2. С. 45–47.
- Залесов С. В., Колтунов Е. В. Корневые и ствольные гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в Нижне-Исетском лесопарке г. Екатеринбурга // *Аграрный вестник Урала*. 2009а. № 1 (55). С. 73–75.
- Залесов С. В., Колтунов Е. В. Содержание тяжелых металлов в почвах лесопарков г. Екатеринбурга // *Аграрный вестник Урала*. 2009б. № 6 (60). С. 71–72.
- Залесов С. В., Колтунов Е. В., Лаишевцев Р. Н. Основные факторы пораженности сосны корневыми и ствольными гнилями в городских лесопарках // *Защита и карантин растений*. 2008. № 2. С. 56–58.

- Залесов С. В., Миронов М. П. Обнаружение и тушение лесных пожаров : учеб. пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. 138 с.
- Качество жизни: проблемы и перспективы XXI века : научная монография / Г. А. Астратова, А. В. Мехренцев, М. И. Хрущева [и др.]. Екатеринбург : Стратегия позитива™, 2013. 532 с.
- Колтунов Е. В., Залесов С. В., Демчук А. Ю. Корневые и стволовые гнили и состояние древостоев Шарташского лесопарка г. Екатеринбурга в условиях различной рекреационной нагрузки // Аграрный вестник Урала. 2011. № 8 (87). С. 43–46.
- Колтунов Е. В., Залесов С. В., Лашиевцев Р. Н. Корневая и стволовая гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в городских лесопарках г. Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них : сб. науч. тр. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. Вып. 1 (29). С. 247–261.
- Ландшафтные рубки / Н. А. Луганский, Л. И. Аткина, Е. С. Гневнов [и др.] // Лесное хозяйство. 2007. № 6. С. 20–22.
- Михайлова Т. А., Шергина О. В., Калугина О. В. Мониторинг влияния антропогенных факторов на лесные биогеоценозы Южного побережья оз. Байкал // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13. № 3. С. 244–260. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-3-244-260
- Морозов А. Е., Стародубцева Н. И., Залесов С. В. Состояние лесных насаждений Джабык-Карагайского бора в условиях длительного рекреационного использования // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2019. № 4 (57). С. 72–80.
- Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047 // Гарант : [сайт]. URL: <https://base.garant.ru/75037636/> (дата обращения: 25.04.2024).
- Основы фитомониторинга : учеб. пособие. 3-е изд., доп. и перераб. / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, Е. С. Залесова [и др.]. Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. 90 с.
- Перспективные хвойные интродуценты для озеленения и расширения биологического разнообразия на Среднем Урале / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, Н. П. Бунькова [и др.] // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики : матер. XII Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2019. С. 169–172.

## References

- 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 / State. com. USSR according to lesn. khoz-vu et al. Moscow, 1987. 33 p.
- 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. № 4 (158). P. 10–15. (In Russ.)
- Bunkova N. P., Mikeladze S. E. Improvement of the sanitary condition of stands in forest parks // Actual problems of the forest complex. 2022. № 61. P. 80–82. (In Russ.)
- Bunkova N. P., Zalesov S. V. Recreational stability and capacity of pine plantations in forest parks of Yekaterinburg : monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2016. 124 p.
- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Korovina V. S. Assessment of the state of pine stands in urban forests of the city of Tyumen (on the example of the Zatyumensky ecopark) // Coniferous boreal zones. 2023a. XLI. № 4. P. 293–299. (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Popov A. S. Forest environmental monitoring : a textbook. Yekaterinburg : UGLTU, 2023b. 146 p.
- Dynamics of the state of stands of the forest park named after Foresters of Russia in Yekaterinburg under the influence of recreation / A. E. Morozov, N. I. Starodubtseva, A. R. Kirshbaum, D. Chanotey // Forests of Russia and economy in them. 2022. Issue 3 (82). P. 25–31. (In Russ.)

- Fundamentals of phytomonitoring : textbook, 3rd edition, supplemented and revised / *N. P. Bunkova, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova* [et al.]. Yekaterinburg : UGLU, 2020. 90 p.
- Housing and communal services and quality of life in the XXI century: economic models, new technologies and management practices: A collective monograph / *Ya. P. Silin, G. V. Astratova* [et al.] ; edited by Ya. P. Silin, G. V. Astratova. Moscow ; Yekaterinburg : Science Studies, 2017. 600 p.
- Koltunov E. V., Zalesov S. V., Demchuk A. Yu.* Root and stem rot and the state of stands of the Shartash forest Park of Yekaterinburg in conditions of various recreational loads // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011. № 8 (87). P. 43–46. (In Russ.)
- Koltunov E. V., Zalesov S. V., Laishevtsev R. N.* Root and stem rot of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in urban forest parks of Yekaterinburg // *Forests of Russia and the economy in them: Collection of scientific tr.* Yekaterinburg : Ural State Forest Univ., 2007. Issue 1 (29). P. 247–261. (In Russ.)
- Landscape logging / *N. A. Lugansky, L. I. Atkina, E. S. Gnevnov* [et al.] // *Forestry*. 2007. № 6. P. 20–22. (In Russ.)
- Mikhailova T. A., Shergina O. V., Kalugina O. V.* Monitoring the influence of anthropogenic factors on forest biogeocenoses of the Southern coast of the lake Baikal // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Vol. 13. № 3. P. 244–260. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-3-244-260 (In Russ.)
- Morozov A. E., Starodubtseva N. I., Zalesov S. V.* The state of forest plantations of the Jabyk-Karagai forest in conditions of long-term recreational use // *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov*. 2019. № 4 (57). P. 72–80. (In Russ.)
- On approval of the Rules of sanitary safety in forests : Decree of the Government of the Russian Federation dated December 9, 2020 № 2047 // *Garant* : [website]. URL: <https://base.garant.ru/75037636/> (accessed 25.03.2024).
- Promising coniferous introducents for landscaping and expanding biological diversity in the Middle Urals / *S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, N. P. Bunkova* [et al.] // *Forest science in the implementation of the concept of the Ural engineering school: socio-economic and environmental problems of the forest sector of the economy : materials of the XII International Scientific and Technical Conference*. Yekaterinburg, 2019. P. 169–172. (In Russ.)
- Quality of life: Problems and prospects of the XXI century : A scientific monograph / *G. A. Astratova, A. V. Mehrentsev, M. I. Khrushchev* [et al.]. Yekaterinburg : Strategy of positivity, 2013. 532 p.
- The influence of the composition of the stand on the sanitary condition of the trees of Scots pine in the GNPP «Burabai» / *E. P. Vibe, O. S. Telegina, S. V. Zalesov, K. A. Merkel* // *Innovations in the conservation and sustainable development of forest ecosystems : Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 20th anniversary of the creation of the GNPP «Burabai»*. Burabai, 2020. P. 83–86. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Gazizov R. A., Khayretdinov A. F.* The state and prospects of landscape logging in recreational forests // *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2016. № 2. P. 45–47. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Koltunov E. V.* Root and stem rot of Scots pine (*Pinus sylvestris* L) and hanging birch (*Betula pendula* Roth.) in the Nizhne-Isetsy forest Park of Yekaterinburg // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2009a. № 1 (55). P. 73–75. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Koltunov E. V.* The content of heavy metals in the soils of forest parks in Yekaterinburg // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2009b. № 6 (60). P. 71–72. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Mironov M. P.* Detection and extinguishing of forest fires : A textbook. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2004. 138 p.
- Zalesov S. V., Koltunov E. V., Laishevtsev R. N.* The main factors of pine root and stem rot infestation in urban forest parks // *Protection and quarantine of plants*. 2008. № 2. P. 56–58. (In Russ.)

## ***Информация об авторах***

*Ш. Э. Микеладзе – аспирант;*

*Н. П. Бунькова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;*

*А. А. Яковлева – магистр.*

## ***Information about the authors***

*Sh. E. Mikeladze – postgraduate student;*

*N. P. Bunkova – Candidate of Agricultural Sciences;*

*A. A. Yakovleva –master.*

*Статья поступила в редакцию 01.05.2024; принята к публикации 22.05.2024.*

*The article was submitted 01.05.2024; accepted for publication 22.05.2024.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 122–131.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 122–131.

Научная статья

УДК 630\*182.46

DOI: 10.51318/FRET.2024.13.67.013

## ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПАРКОВ ЕКАТЕРИНБУРГА В ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ *ACER NEGUNDO* L.

Елена Александровна Тишкина<sup>1</sup>, Наталья Валентиновна Марина<sup>2</sup>,  
Анна Владимировна Лантинова<sup>3</sup>, Алена Сергеевна Житкова<sup>4</sup>,  
Ксения Руслановна Калиева<sup>5</sup>, Екатерина Алексеевна Русинова<sup>6</sup>

<sup>1-6</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Александровна Тишкина,

Elena.MLOB1@yandex.ru

**Аннотация.** Статья посвящена проверке предположения об аллелопатической активности *Acer negundo* L. Он растет в 13 лесных парках Екатеринбурга из 15 на площади 228 га, формируя вторичный ареал. Целью исследования является выявление на основе эксперимента влияния *A. negundo* на раннее развитие *Lepidium sativum* L. Исследование проведено в 2022 г. в восьми фрагментах ценопопуляции клена в Карасье-Озерском, трех в Мало-Истокском и одиннадцати в Центральном лесных парках Екатеринбурга. В результате исследования была определена степень обеспеченности элементами минерального питания на всех участках. В эксперименте по оценке фитотоксичности почв с участием *Acer negundo* показано, что клен влияет на раннее развитие тест-растения *Lepidium sativum* L. Прослеживается определенная тенденция в изменении величин индекса токсичности оцениваемого фактора в разных местообитаниях клена, что, вероятно, может быть связано с аллелопатией. Таким образом, получено свидетельство, что воздействия аллелопатического характера могут быть реальным механизмом, обеспечивающим экологический успех *A. negundo* во вторичном ареале. Поэтому для более определенных заключений об аллелопатии как механизме экологического успеха *A. negundo* при инвазии в лесные парки Екатеринбурга необходимы дальнейшие исследования в широком географическом охвате и с использованием разных схем экспериментов, в том числе с применением и других тест-растений (например, ржи, редиса и т. д.).

**Ключевые слова:** *Acer negundo* L., лесной парк, почва, биотестирование

**Для цитирования:** Фитотоксичность почв лесных парков Екатеринбурга в оценке потенциальной аллелопатической активности *Acer negundo* L. / Е. А. Тишкина, Н. В. Марина, А. В. Лантинова [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 122–131.



Scientific article

## PHYTOTOXICITY OF SOILS OF YEKATERINBURG FOREST PARKS IN ASSESSING THE POTENTIAL ALLELOPATHIC ACTIVITY OF *ACER NEGUNDO* L.

Elena A. Tishkina<sup>1</sup>, Natalia V. Marina<sup>2</sup>, Anna V. Lantinova<sup>3</sup>,  
Alyona S. Zhitkova<sup>4</sup>, Ksenia R. Kalieva<sup>5</sup>, Ekaterina A. Rusinova<sup>6</sup>

<sup>1-6</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Elena A. Tishkina,  
Elena.MLOB1@yandex.ru

**Abstract.** The article is devoted to verifying the assumption about the allelopathic activity of *Acer negundo* L. It grows in 13 forest parks of Yekaterinburg out of 15 on an area of 228 hectares, forming a secondary habitat. The aim of the study is to identify experimentally the influence of *A. negundo* on the earlier development of *Lepidium sativum* L. The study was conducted in 2022 in eight fragments of the maple cenopopulation in Karasye-Ozersky, three in Malo-Istoksky and eleven in the Central Forest Parks of Yekaterinburg. As a result of the study, the degree of availability of mineral nutrition elements in all areas was determined. In an experiment to assess the phytotoxicity of soils with the participation of *Acer negundo*, it was shown that maple affects the early development of the test plant *Lepidium sativum* L. There is a definite trend in changing the values of the toxicity index of the assessed factor in different maple habitats, which may probably be associated with allelopathy. Thus, evidence has been obtained that allelopathic effects may be a real mechanism ensuring the ecological success of *A. negundo* in the secondary range. Therefore, for more definite conclusions about allelopathy as a mechanism of ecological success of *A. negundo* during invasion into the forest parks of Yekaterinburg, further research is needed in a wide geographical scope and using different experimental schemes, including the use of other test plants (for example, rye, radish, etc.).

**Keywords:** *Acer negundo* L., forest park, soil, biotesting

**For citation:** Phytotoxicity of soils of Yekaterinburg forest parks in assessing the potential allelopathic activity of *Acer negundo* L. / E. A. Tishkina, N. V. Marina, A. V. Lantinova [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 122–131.

### Введение

Одним из вероятных механизмов экологического успеха чужеродных инвазивных растений во вторичных ареалах, посредством которого они влияют на местные растения и сообщества, является аллелопатия (Klironomos, 2002; Callaway, 2004; Weidenhamer, Callaway, 2010; Phytogenetic conservatism..., 2014; Brouwer et al., 2015). Накоплено много подтверждений прямых аллелопатических эффектов со стороны инвазивных растений на местные растения (Effect..., 2021). Противоре-

чивы сведения об аллелопатии *Acer negundo* L., который относят к группе видов-трансформеров (Виноградова и др., 2010). В отношении аллелопатической активности *A. negundo* опубликовано несколько подтверждений (Csiszár, 2009; Allelopathic..., 2013; Еременко, 2014; Александров, Калашников, 2019). Однако есть также и случаи, когда наблюдаемые эффекты были неясными или отсутствовали (Аллелопатические свойства..., 2018; Веселкин и др., 2019; Цандекова, Уфимцев, 2019).

### Цель, методика и объекты исследования

Цель работы – на основе эксперимента выявить влияние *A. negundo* на раннее развитие *Lepidium sativum* L.

Исследование проведено в 2022 г. в 8 фрагментах ценопопуляции (ФЦП) клена ясенелистного в Карасье-Озерском, 3 в Мало-Источском и 11 в Центральном лесных парках Екатеринбурга (рис. 1).

В каждом лесном парке с экспериментальных участков, где произрастают генеративные и пре-генеративные особи клена, а также с участков, на которых они отсутствуют (рис. 2, табл. 1), методом конверта было отобрано по 5 точечных проб почвы. Точечные пробы объединяли и усредняли (ГОСТ 17.4.4.02–2017).

В образцах почв определяли актуальную кислотность (Минеев, 1989), содержание водорастворимого калия и азота нитратов. Все определения проводили в двух параллельных измерениях. Содержание водорастворимого калия (в пересчете на  $K_2O$ ) определяли ионометрическим методом с калий-селективным электродом (ГОСТ 27753.6–88), количество азота нитратов

( $N/NO_3$ ) – ионометрическим методом с нитрат-селективным электродом (ГОСТ 26951–86).

Потенциальную аллелопатическую активность *A. negundo* оценивали по уровню фитотоксичности почв исследуемых участков, который определяли методом контактного биотестирования в упрощенных планшетах (ГОСТ Р ИСО 18763–2019; Лантинова Марина, 2022).

В качестве тест-культуры использовали кресс-салат (*Lepidium sativum* L.), преимуществом которого являются одинаковый размер и масса семян с небольшим запасом питательных веществ.

Расчет фитотоксичности исследуемых почв проводили по индексу токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) (Кабилов и др., 1997) по формуле

$$ИТФ = \frac{T\Phi_o}{T\Phi_k},$$

где  $T\Phi_o$  – значение оцениваемого показателя (тест-фактора) в опыте;

$T\Phi_k$  – значение оцениваемого показателя (тест-фактора) в контроле.

В качестве оцениваемых факторов использовали длину корня и длину ростка *Lepidium sativum*, измеряемые на седьмые сутки биотестирования.

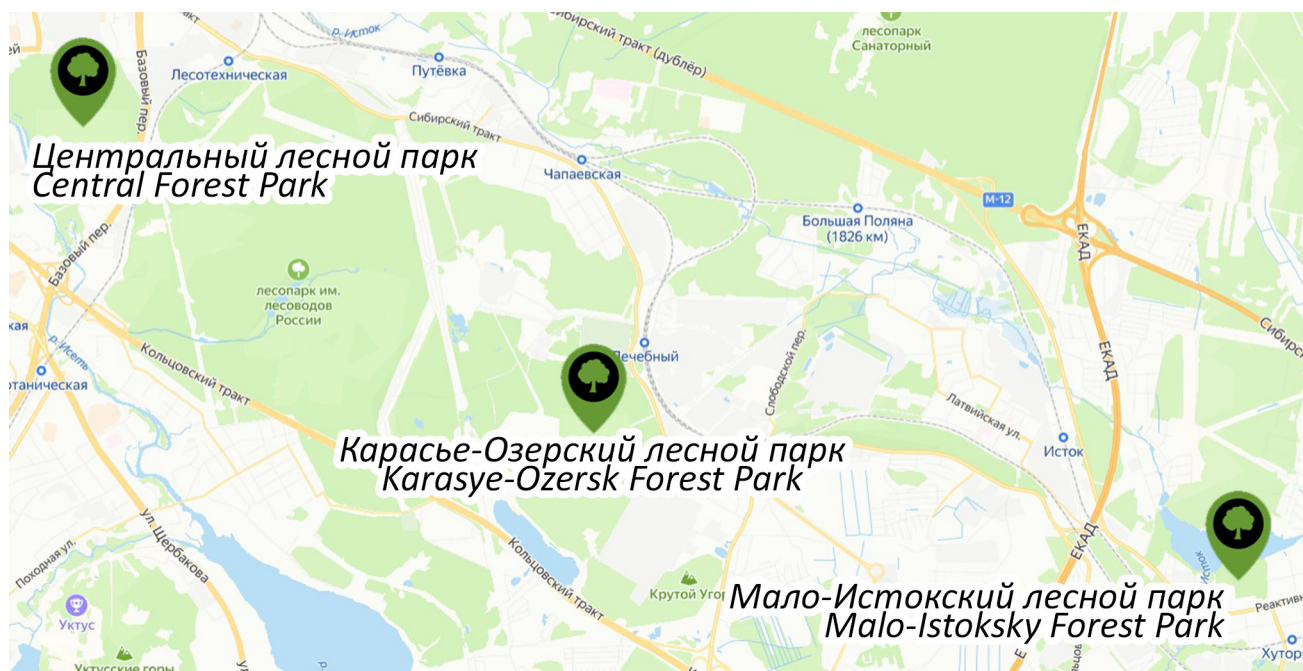


Рис. 1. Расположение изучаемых лесных парков в городской черте Екатеринбурга

Fig. 1. The location of the studied forest parks in the city limits of Yekaterinburg

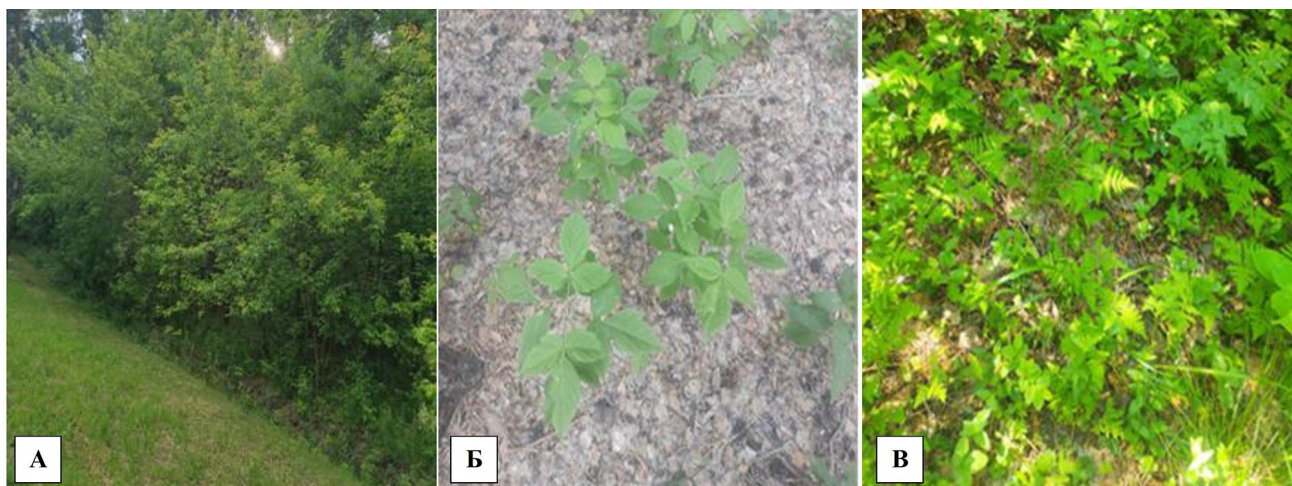


Рис. 2. Участки с генеративными (А), прегенеративными (Б) особями клена и без них (В) в исследуемых лесных парках Екатеринбурга

Fig. 2. Plots with generative (A), pregenerative (B) maple individuals and without them (B) in the studied forest parks of Yekaterinburg

Исследуемые лесные парки Екатеринбурга с участками отбора образцов почв  
The studied forest parks of Yekaterinburg with soil sampling sites

№ образца № the sample	Экспериментальный участок Experimental area
Карасье-озерский лесной парк Karasye-ozersk forest park	
1	Участок с генеративными особями клена From a site with generative maple individuals
2	Участок с прегенеративными особями клена A site with pregenerative maple individuals
3	Участок без клена Plot without maple
Мало-истокский лесной парк Malo-istoksky Forest Park	
4	Участок с генеративными особями клена From a site with generative maple individuals
5	Участок с прегенеративными особями клена A site with pregenerative maple individuals
6	Участок без клена Plot without maple
Центральный лесной парк Central Forest Park	
7	Участок с генеративными особями клена From a site with generative maple individuals
8	Участок с прегенеративными особями клена A site with pregenerative maple individuals
9	Участок без клена Plot without maple

Таблица 1  
Table 1

Контролем служила смесь торф – песок в соотношении 7:3. Определение проводили в пяти параллельных измерениях (5 планшетов по 5 семян *Lepidium sativum* в каждом).

Обобщенный показатель индекса фитотоксичности по двум тест-факторам рассчитывали как их среднее арифметическое. Оценку фитотоксичности исследуемых образцов почв проводили по шкале Кабирова – Багдасаряна (Кабиров и др., 1997; Багдасарян, 2005) (табл. 2).

**Результаты и их обсуждение**

Клен ясенелистный, по данным лесоучасточных материалов, внедрился в 13 из 15 лесных парков Екатеринбурга и формирует вторичный ареал (Орехова, Тишкина, 2022). Для анализа экологических показателей почв были отобраны 9 образцов (см. табл. 1) из трех лесных парков Екатеринбурга.

Проведенные исследования почв экспериментальных участков показали, что величина актуальной кислотности (рН водной вытяжки) варьирует в интервале показателей кислых и слабокислых почв (табл. 3).

Можно отметить определенную мозаичность в кислотности почв в пределах одного лесного парка. Наибольшие различия в величине актуальной кислотности почвы на экспериментальных участках выявлены для Карасье-Озерского парка (размах



Таблица 2  
Table 2

Оценка фитотоксичности почв по шкале Кабилова – Багдасаряна  
Assessment of soil phytotoxicity on the Kabirov – Baghdasaryan scale

Класс токсичности Toxicity class	Величина ИТФ Value of ITF	Пояснения Explanation
<i>VI (стимуляция)</i> <i>VI (stimulation)</i> – значительная – significant – выраженная – pronounced – заметная – noticeable – средняя – average – слабая – weak	> 1,60 1,50–1,60 1,50 1,11–1,40 1,10	Фактор оказывает стимулирующее действие на тест-объекты. Величина тест-функции в опыте превышает контрольное значение The factor has a stimulating effect on test objects. The value of the test function in the experiment exceeds the control value
<i>V (норма)</i> <i>V (normal)</i>	0,91–1,10	Фактор не оказывает существенного влияния на развитие тест-объектов. Величина тест-функций находится на уровне контроля The factor does not have a significant impact on the development of test objects. The value of the test functions is at the control level
<i>IV (низкая токсичность)</i> <i>IV (low toxicity)</i>	0,71–0,90	Разная степень снижения величины тест-функций в опыте по сравнению с таковой на контроле There is a different degree of decrease in the value of the test functions in the experiment compared with the control
<i>III (средняя)</i> <i>III (medium)</i>	0,50–0,70	
<i>II (высокая)</i> <i>II (high)</i>	< 0,50 (ниже индекса LD50, принятого в токсикологии) (below the LD50 index accepted in toxicology)	
<i>I (сверхвысокая, вызывающая гибель тест-объекта)</i> <i>I (ultra-high, causing death of the test object)</i>	Среда не пригодна для жизни тест-объекта The environment is not suitable for the life of the test object	Наблюдается гибель тест-объектов The death of test objects is observed

варьирования составил 1,69 единиц рН). При этом не обнаружено определенной закономерности в изменении кислотности почв на экспериментальных участках в пределах одного лесного парка.

В результате определения содержания элементов минерального питания в почвах исследованных лесных парков был выявлен очень низкий (для N/NO<sub>3</sub>) и низкий (для K<sub>2</sub>O) уровень обеспеченности почв этими элементами. Исключение составляют почвы Карасье-Озерского лесного парка

с участков с прегенеративными особями клена и без клена, для которых содержание K<sub>2</sub>O характеризуется средним уровнем.

Обработка результатов биотестирования исследуемых почв по оцениваемым тест-факторам показала, что длина корня *Lepidium sativum* варьировала от 0 до 41 мм, а ростка – от 0 до 78 мм. Рассчитанные по результатам биотестирования индексы токсичности исследуемых почв представлены в табл. 4.

Таблица 3  
Table 3

Актуальная кислотность и обеспеченность почв лесных парков Екатеринбурга элементами минерального питания  
Indicators of mineral nutrition elements and soil acidity levels in Yekaterinburg forest parks

Образец Sample	Актуальная кислотность Actual acidity	Содержание, мг/100 г почвы Content, mg/100 g of soil	
		N/NO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O
1	5,84	0,27	5,92
2	4,15	0,39	9,42
3	5,15	1,95	8,39
4	5,29	0,39	4,72
5	5,53	0,61	7,47
6	5,30	1,38	4,72
7	4,73	0,28	5,93
8	6,14	1,23	4,72
9	5,95	0,27	5,93

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что, согласно шкале Кабирова и Багдасаряна, исследуемые почвы всех лесных парков независимо от экспериментальных участков практически не оказывают влияния на рост корня тест-организма, величина тест-функции

Таблица 4  
Table 4

Индексы токсичности образцов почв  
Toxicity index of soil samples

№ образца № sample	ИТФ по корню ITF (root)	ИТФ по ростку ITF (sprout)	ИТФ общее ITF (general)
1	0,89	0,75	0,82
2	1,02	0,82	0,92
3	1,02	0,82	0,92
4	0,98	0,48	0,73
5	1,05	0,67	0,86
6	1,17	0,76	0,96
7	0,96	0,68	0,82
8	1,10	0,66	0,88
9	0,92	0,51	0,72

находится на уровне контроля (класс токсичности V – норма) (рис. 3). Исключение оставляют образец почвы 1 (низкая токсичность, класс токсичности IV) и образец 6, который вызывает стимулирующий эффект на среднем уровне (класс токсичности VI).

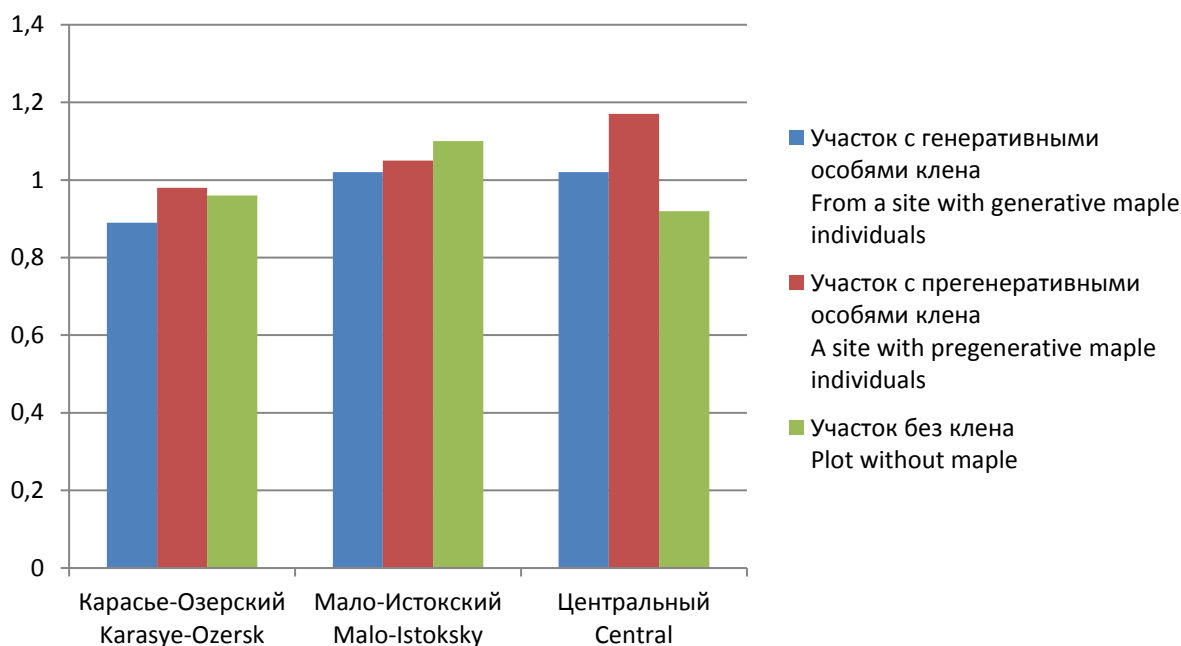


Рис. 3. Величина ИТФ почв лесных парков по длине корня *Lepidium sativum*  
Fig. 3. The value of the ITF of the soils of forest parks along the length of the root of *Lepidium sativum*



Значения ИТФ, рассчитанные по длине ростка *Lepidium sativum*, показывают угнетающее действие всех исследуемых почв. При этом наблюдается разная степень снижения величины тест-функции относительно таковой на контроле, что характеризуется IV–II классом токсичности (низкая – высокая токсичность) (рис. 4). Низкая токсичность почвы выявлена во всех местообитаниях *A. negundo* Карасье-Озерского лесного парка, средняя – в Центральном парке. Токсичность почвы экспериментальных участков Мало-Истокского лесного парка различна, при этом наблюдается тенденция ее уменьшения от высокой до низкой

в ряду участок с генеративными особями клена – участок с прегенеративными особями – участок без клена.

Подобная тенденция выявлена при оценке уровня фитотоксичности почвы по величине общего показателя ИТФ для Карасье-Озерского и Мало-Истокского лесных парков, где в выше-рассмотренном ряду местообитаний *A. negundo* токсичность почвы снижается от низкого до контрольного уровня. Почвы всех экспериментальных участков в Центральном лесном парке по величине общего ИТФ характеризуются низкой токсичностью (IV класс).

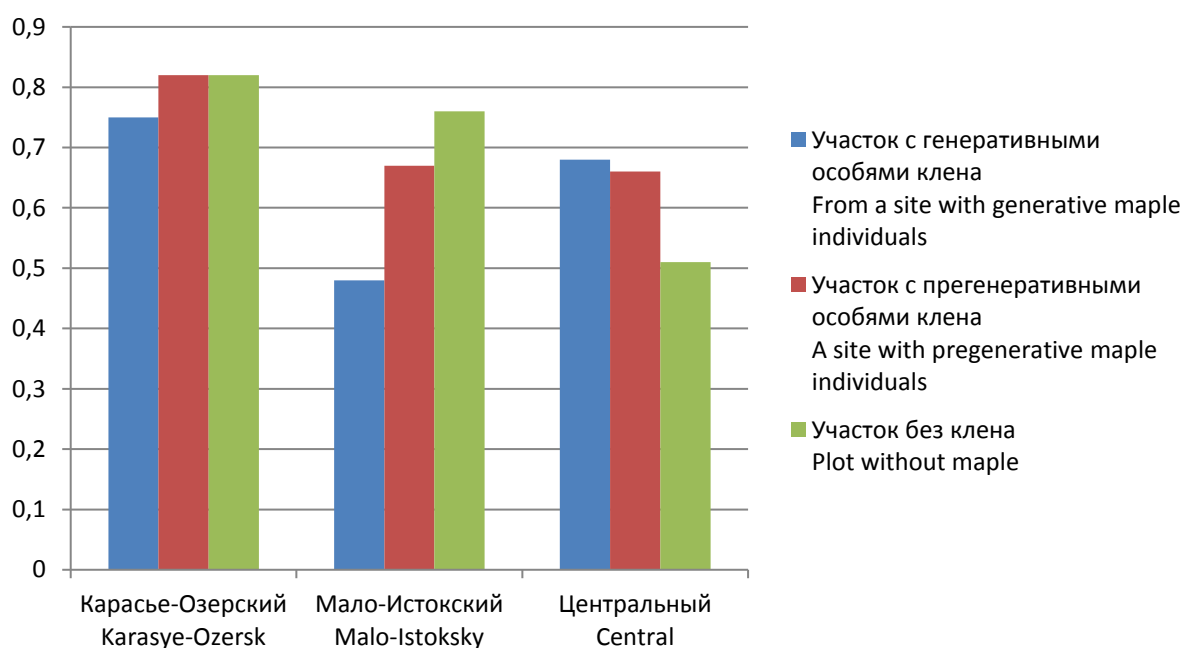


Рис. 4. Величина ИТФ почв лесных парков по длине ростка *Lepidium sativum*

Fig. 4. The value of the ITF of the soils of forest parks along the length of the *Lepidium sativum* sprout

### Выводы

В эксперименте по оценке фитотоксичности почв с участием *Acer negundo* показано, что клен влияет на раннее развитие *Lepidium sativum*. Прослеживается определенная тенденция в изменении величин ИТФ в разных местообитаниях клена, что, вероятно, может быть связано с аллелопатией. Таким образом, получено свидетельство, что воздействия аллелопатического характера могут быть реальным механизмом, обеспечивающим эколо-

гический успех *A. negundo* во вторичном ареале. Поэтому для более определенных заключений об аллелопатии как механизме экологического успеха *A. negundo* при инвазии в лесные парки Екатеринбурга необходимы дальнейшие исследования в широком географическом охвате и с использованием разных схем экспериментов, в том числе с применением других тест-растений (например, ржи, редиса и т. д.).

## Список источников

- Александров Д. С., Калашиников Д. В. Влияние экстрактов листового опада клена остролистного и клена ясенелистного на прорастание семян и начальные этапы роста газонных трав и декоративных однолетников // Вестник ландшафтной архитектуры. 2019. № 19. С. 3–6.
- Аллелопатические свойства *Acer negundo* / Н. Н. Панасенко, В. В. Володин, Ю. С. Володченко, М. С. Холленко // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. 2018. № 1 (10). С. 34–36.
- Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов : автореферат дис. ... канд. биол. наук / Багдасарян Александр Сергеевич. Ставрополь, 2005. 25 с.
- Веселкин Д. В., Рафикова О. С., Екишбаров Е. Д. Почва из зарослей инвазивного *Acer negundo* неблагоприятна для образования микоризы у аборигенных трав // Журн. общ. биол. 2019. Т. 80. № 3. С. 214–225.
- ГОСТ Р ИСО 18763–2019 Качество почвы. Определение токсического воздействия загрязняющих веществ на всхожесть и рост на ранних стадиях высших растений (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 августа 2019 г. № 497-ст). URL: <https://files.stroyinf.ru/> (дата обращения: 10.02.2024).
- ГОСТ 17.4.4.02–2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М. : Стандартинформ. 2019. 10 с.
- ГОСТ 26951–86. Почвы. Определение нитратов потенциометрическим методом. М. : Изд-во стандартов, 1986. 10 с.
- ГОСТ 27753.6–88. Грунты тепличные. Методы определения водорастворимого калия. М. : Изд-во стандартов, 1988. 8 с.
- Еременко Ю. А. Аллелопатическая активность инвазионных древесных видов // Российский журн. биол. инвазий. 2014. Т. 7. № 2. С. 33–39.
- Кабиров Р. Р., Сагитова А. Р., Суханова Н. В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. 1997. № 6. С. 408–411.
- Лантинова А. В., Марина Н. В. Методические подходы к определению фитотоксичности почв // Современное состояние и перспектива развития сети особо охраняемых природных территорий в промышленно развитых регионах : матер. II Всерос. конф., посвящ. 25-летию природного парка «Нумто». Екатеринбург : Ассорти, 2022. С. 73–77.
- Минеев В. Г. Практикум по агрохимии. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1989. 304 с.
- Орехова О. Н., Тишкина Е. А. Индивидуальное развитие *Acer negundo* L. и оценка его состояния при инвазии в лесопарк им. Лесоводов России // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2022. № 4 (69). С. 133–139.
- Цандекова О. Л., Уфимцев В. И. Формирование подстилки пойменных лесных биогеоценозов с участием *Acer negundo* L. // Изв. высш. учеб. завед. Лесн. журн. 2019. № 3 (369). С. 73–81.
- Allelopathic potential of some invasive plant species occurring in Hungary / Á. Csiszár, M. Korda, D. Schmidt [et al.] // Allelopathy J. 2013. Vol. 31. № 2. P. 309–318.
- Brouwer N. L., Hale A. N., Kalisz S. Mutualism-disrupting allelopathic invader drives carbon stress and vital rate decline in a forest perennial herb // AoB Plants. 2015. Vol. 7. P. 14.
- Callaway R. M., Ridenour W. M. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability // Front. Ecol. Environ. 2004. Vol. 2. № 8. P. 436–443.
- Csiszár Á. Allelopathic effects of invasive woody plant species in Hungary // Acta Silv. et Lignaria Hungarica. 2009. Vol. 5. P. 9–17.

- Effect of allelopathy on plant performance: a meta-analysis / *Z. Zhang, Y. Liu, L. Yuan* [et al.] // *Ecol. Lett.* 2021. Vol. 24. № 2. P. 348–362.
- Klironomos J. N.* Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities // *Nature*. 2002. Vol. 417. № 6884. P. 67–70.
- Phylogenetic conservatism in plant-soil feedback and its implications for plant abundance / *B. L. Anacker, J. N. Klironomos, H. Maherali* [et al.] // *Ecol. Lett.* 2014. Vol. 17. № 12. P. 1613–1621.
- Weidenhamer J. D., Callaway R. M.* Direct and indirect effects of invasive plants on soil chemistry and ecosystem function // *J. Chem. Ecol.* 2010. Vol. 36. № 1. P. 59–69.

## References

- Alexandrov D. S., Kalashnikov D. V.* The effect of extracts of leaf litter of holly maple and ash maple on seed germination and the initial stages of growth of lawn grasses and ornamental annuals // *Bulletin of Landscape Architecture*. 2019. № 19. P. 3–6. (In Russ.)
- Allelopathic potential of some invasive plant species occurring in Hungary / *Á. Csiszár, M. Korda, D. Schmidt* [et al.] // *Allelopathy J.* 2013. Vol. 31. № 2. P. 309–318.
- Allelopathic properties of *Acer negundo* / *N. N. Panasenko, V. V. Volodin, Yu. S. Volodchenko, M. S. Holenko* // *Yearbook of the Research Institute of Fundamental and Applied Research*. 2018. № 1 (10). P. 34–36. (In Russ.)
- Bagdasaryan A. S.* Biotesting of soils of technogenic zones of urban territories using plant organisms: abstract of the dissertation of the candidate of Biol. sciences. Stavropol, 2005. 25 p.
- Brouwer N. L., Hale A. N., Kalisz S.* Mutualism-disrupting allelopathic invader drives carbon stress and vital rate decline in a forest perennial herb // *AoB Plants*. 2015. Vol. 7. P. 14.
- Callaway R. M., Ridenour W. M.* Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability // *Front. Ecol. Environ.* 2004. Vol. 2. № 8. P. 436–443.
- Csiszár Á.* Allelopathic effects of invasive woody plant species in Hungary // *ActaSilv. et LignariaHungarica*. 2009. Vol. 5. P. 9–17.
- Effect of allelopathy on plant performance: a meta-analysis / *Z. Zhang, Y. Liu, L. Yuan* [et al.] // *Ecol. Lett.* 2021. Vol. 24. № 2. P. 348–362.
- GOST R ISO 18763-2019 Soil quality. Determination of the toxic effects of pollutants on germination and growth in the early stages of higher plants (approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated August 13, 2019. № 497-st). URL: <https://files.stroyinf.ru> (accessed 02.10.2024).
- GOST 17.4.4.02–2017. Nature conservation. Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis. Moscow : Standartinform. 2019. 10 p. (In Russ.)
- GOST 26951–86. Soils. Determination of nitrates by the potentiometric method. Moscow : Publishing House of Standards, 1986. 10 p. (In Russ.)
- GOST 27753.6–88. Greenhouse soils. Methods for the determination of water-soluble potassium. Moscow : Publishing House of standards, 1988. 8 p. (In Russ.)
- Kabirov R. R., Sagitova A. R., Sukhanova N. V.* Development and use of a multicomponent test system for assessing the toxicity of urban soil cover // *Ecology*. 1997. № 6. P. 408–411. (In Russ.)
- Klironomos J. N.* Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities // *Nature*. 2002. Vol. 417. № 6884. P. 67–70.
- Lantinova A. V., Marina N. V.* Methodological approaches to the determination of phytotoxicity of soils // *Current state and prospects of development of a network of specially protected natural territories in industrially developed regions: Materials of the II All-Russian conference dedicated to the 25th anniversary of the Numto Natural Park*. Yekaterinburg : Assorted, 2022. P. 73–77. (In Russ.)

- Mineev V. G.* Workshop on agrochemistry. Moscow : Publishing House of the Moscow University, 1989. 304 p.
- Orekhova O. N., Tishkina E. A.* Individual development *Acer negundo* L. and an assessment of his condition during the invasion of the forest park named after him. *Foresters of Russia // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov.* 2022. № 4 (69). P. 133–139. (In Russ.)
- Phylogenetic conservatism in plant-soil feedback and its implications for plant abundance / *B. L. Anacker, J. N. Klironomos, H. Maherali* [et al.] // *Ecol. Lett.* 2014. Vol. 17. № 12. P. 1613–1621.
- Tsandekova O. L., Ufimtsev V. I.* Formation of the litter of floodplain forest biogeocenoses with the participation of *Acer negundo* L. // *Izv. of higher educational institutions. Forest magazine.* 2019. № 3 (369). P. 73–81. (In Russ.)
- Veselkin D. V., Rafikova O. S., Ekshibarov E. D.* Soil from the thickets of the invasive *Acer negundo* is unfavorable for the formation of mycorrhiza in native grasses // *Journal. Biol.* 2019. Vol. 80. № 3. P. 214–225. (In Russ.)
- Weidenhamer J. D., Callaway R. M.* Direct and indirect effects of invasive plants on soil chemistry and ecosystem function // *J. Chem. Ecol.* 2010. Vol. 36. № 1. P. 59–69.
- Yeremenko Yu. A.* Allelopathic activity of invasive tree species // *Russian Journal of Biology invasions.* 2014. Vol. 7. № 2. P. 33–39. (In Russ.)

#### **Информация об авторах**

- Е. А. Тишкина* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
Elena.MLOB1@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6315-2878>
- Н. В. Марина* – кандидат химических наук, доцент,  
marinanv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0009-0003-5234-6652>
- А. В. Лантинова* – старший преподаватель,  
lantinovaan@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4670-1879>
- А. С. Житкова* – студент, [zhitkovaas@m.usfeu.ru](mailto:zhitkovaas@m.usfeu.ru)
- К. Р. Калиева* – студент, [ksyu\\_kalieva@mail.ru](mailto:ksyu_kalieva@mail.ru)
- Е. А. Русинова* – инженер, [thisiskotarohayama@gmail.com](mailto:thisiskotarohayama@gmail.com)

#### **Information about the authors**

- E. A. Tishkina* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Elena.MLOB1@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6315-2878>
- N. V. Marina* – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,  
marinanv@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0009-0003-5234-6652>
- A. V. Lantinova* – senior lecturer,  
lantinovaan@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4670-1879>
- A. S. Zhitkova* – student, [zhitkovaas@m.usfeu.ru](mailto:zhitkovaas@m.usfeu.ru)
- K. R. Kalieva* – student, [ksyu\\_kalieva@mail.ru](mailto:ksyu_kalieva@mail.ru)
- E. A. Rusinova* – engineer, [thisiskotarohayama@gmail.com](mailto:thisiskotarohayama@gmail.com)

*Статья поступила в редакцию 22.02.2024; принята к публикации 01.04.2024.*

*The article was submitted 22.02.2024; accepted for publication 01.04.2024.*

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 132–139.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 132–139.

Научная статья

УДК 635.922

DOI: 10.51318/FRET.2024.93.64.014

## ЦВЕТЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ КРАСИВОЦВЕТУЩИХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КОТТЕДЖНОГО ПОСЕЛКА

Наталья Александровна Обоскалова<sup>1</sup>, Галина Виленовна Агафонова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> lunx.90731@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3457-128X>

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

**Аннотация.** Цветочное оформление играет большую роль в озеленении населенных пунктов. Оно добавляет яркости и красок застройкам, улучшает психоэмоциональное состояние людей. При создании объектов ландшафтной архитектуры декоративные травянистые многолетники особенно ценятся за их вклад в формирование биоценозов.

На цветение декоративных травянистых растений влияют климатические условия. Настоящая статья является попыткой проанализировать рост, развитие и условия, в которых красивоцветущие многолетники могут достигнуть максимальной декоративности.

В сети Интернет имеется множество непроверенной информации о цветении многолетников, публикаций и научных трудов на эту тему в условиях Среднего Урала мало.

Необходимость мониторинга многолетних красивоцветущих растений в коттеджном поселке определяется недостаточной степенью разработки проблемы применения различных сортов и видов многолетних растений в озеленении Екатеринбурга и близлежащих населенных пунктов.

Цель исследования заключается в изучении особенностей роста, развития и цветения ряда многолетних декоративно цветущих культур в условиях коттеджных поселков.

В статье рассмотрены особенности развития и цветения различных видов и сортов многолетников на двух цветниках участка коттеджного поселка, находящегося в 30 км от Екатеринбурга. Обильность цветения определялась по трехбалльной шкале Т. Б. Сродных. По результатам исследований были выявлены растения с наибольшим периодом и обильностью цветения.

Требуются дальнейшие наблюдения для более точных результатов, так как погодные условия варьируются из года в год, что непосредственно влияет на период и обильность цветения многолетних красивоцветущих культур. В 2022 г. лимитирующим фактором стали обильные осадки в конце сентября в виде мокрого снега и просто снега в последующем. Данный фактор оказал негативное влияние на ход вегетационного периода растений и внес свой вклад в процесс перезимовки.

**Ключевые слова:** многолетние красивоцветущие травянистые растения, обильность цветения

**Для цитирования:** Обоскалова Н. А., Агафонова Г. В. Цветение многолетних красивоцветущих травянистых растений на территории коттеджного поселка // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 132–139.



Scientific article

## FLOWERING OF PERENNIAL BEAUTIFUL HERBACEOUS PLANTS ON THE TERRITORY OF THE COTTAGE VILLAGE

Natalia A. Oboskalova<sup>1</sup>, Galina V. Agafonova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> lynx.90731@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3457-128X>

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

**Abstract.** Floral design plays an important role in the landscaping of human settlements. It adds brightness and colour to buildings and improves the psycho-emotional state of people. During creation of the objects of landscape architecture, decorative herbaceous perennials are especially valued for their contribution to the formation of biocenoses.

The flowering of ornamental herbaceous plants is influenced by climatic conditions. This article is an attempt to analyze the growth, development and conditions under which beautifully flowering perennials can achieve maximum ornamental value.

There is plenty of anecdotal information on perennial flowering on the internet, and there are few publications and scientific works on the subject in the conditions of the Middle Urals.

The need for monitoring of perennial flowering plants in the cottage community is determined by the lack of development of the problem of using different varieties and species of perennials in landscaping of Yekaterinburg and nearby settlements.

The purpose of the study is to investigate features of growth, development and flowering of a number of perennial ornamental flowering crops in the conditions of cottage settlements.

In the article the features of development and flowering of different species and varieties of perennials in two flower gardens in a cottage community located 30 km away from Yekaterinburg are discussed. The abundance of flowering was determined by a three-point scale by T. B. Srodnykh. The results identified plants with the greatest period and abundance of flowering.

Further observations are required for more accurate results, as weather conditions vary from year to year, which directly affects the period and abundance of flowering of perennial flowering crops. In 2022, the limiting factor was heavy precipitation in late September in the form of wet snow and snow afterwards. This factor had a negative impact on the course of the growing season of plants and contributed to the overwintering process.

**Keywords:** perennial beautiful flowering herbaceous plants, flowering abundance

**For citation:** Oboskalova N. A., Agafonova G. V. Flowering of perennial beautiful herbaceous plants on the territory of the cottage village // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 132–139.

### Введение

Многочисленные виды декоративных многолетников на планете восхищают многообразием своих форм, окрасок и умением адаптироваться к самым неблагоприятным условиям жизни. Цветочное оформление добавляет яркости и красок однотонным и однообразным картинам горо-

дов. На психоэмоциональное состояние горожан оно особенно благоприятно влияет в спальных районах и на участках, на которых производится ИЖС (индивидуальное жилищное строительство). К тому же декоративные травянистые растения вносят значительную долю разнообразия в озеленение различных ландшафтных объектов,

в том числе коттеджных поселков. Многолетники служат убежищем и кормовой базой различным беспозвоночным – пчелам, бабочкам, журчалкам и другим опылителям (Хичмоу, 2020).

Своеобразие климата Среднего Урала является далеко не самым комфортным для произрастания как многолетних, так и однолетних декоративных травянистых растений, особенно на урбанизированных территориях. Также влиянию климата подвержен режим цветения различных декоративных многолетников, которые, по сути, являются интродуцентами, не всегда приспособившимися к суровым условиям Среднего Урала. Настоящая статья является попыткой проанализировать рост, развитие и условия, в которых красивоцветущие многолетники могут достигнуть максимальной декоративности. Этим исследованиям посвящено большое количество работ.

Л. А. Клементьева (2019) в своей статье описала сезонное развитие 7 сортов *Chrysanthemum* L. и обозначила их сроки цветения.

О. Л. Сорокопудова, Т. Е. Баендуева, Г. Л. Прищепина (2003) представили сроки цветения азиатских гибридов лилий в Сибири.

В. Н. Кавцевич, А. В. Деревинский (2019) обозначили сроки зацветания и продолжительность периода цветения у различных сортов тюльпанов.

Специалисты садового центра «Ромашкино Парк» создали календарь цветения многолетних и однолетних цветов, в котором указывается не только месяц цветения, но и высота растений, расстояние при посадке (Календарь цветения..., 2023).

В сети Интернет имеется много непроверенной информации о цветении многолетних красивоцветущих культур. Публикаций и научных трудов на эту тему в условиях Среднего Урала, в частности Екатеринбурга и его окраин, имеется мало.

Необходимость мониторинга многолетних красивоцветущих растений в коттеджном поселке (КП) определяется недостаточной степенью разработки проблемы теоретического и практического применения различных сортов и видов многолетних растений в озеленении Екатеринбурга и близлежащих населенных пунктов.

### Цель, задача, методика и объекты исследования

Цель исследования заключается в изучении особенностей роста, развития и цветения ряда многолетних декоративно цветущих культур в условиях коттеджных поселков.

С запада, севера и востока КП окружает сосновый бор. В 3 км к югу проходит региональная трасса.

Площадь цветника № 1, на котором произрастают исследуемые растения, – 73,3 м<sup>2</sup>, цветника № 2 – 78,9 м<sup>2</sup>. Посадки производились во 2-й половине лета 2020 г., часть растений досаживалась в 2021 г. Цветник № 1 имеет прямоугольную форму, вытянутую с севера на юг. Цветник № 2 имеет неправильную форму (рис. 1).

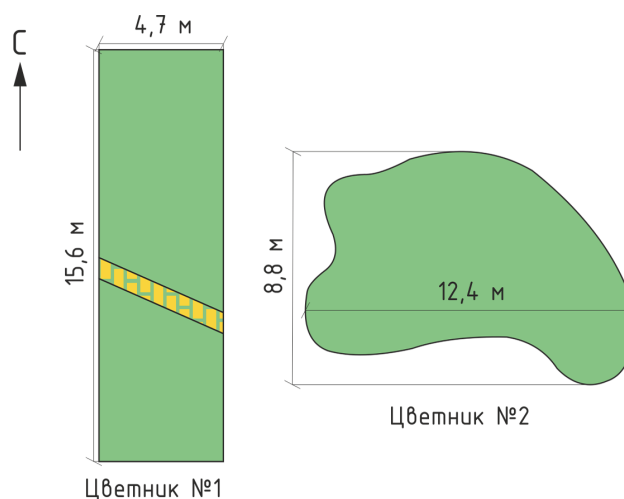


Рис. 1. Конфигурация цветников  
Fig. 1. Configuration of flower beds

С юга цветники от солнечных лучей прикрывает двухэтажный коттедж. Таким образом, большая часть цветника № 1 была затенена с 12 до 14 часов, цветник № 2 затенялся частично. Измерения проводились каждые 7–13 дней с июля по октябрь. Обильность цветения определялась по трехбалльной шкале Т. Б. Сродных, опробованной в 2006 г. (Сродных, Розанова, 2012).

Шкала обильности цветения выглядит следующим образом:

3 балла – цветение обильное (70 % и > растений цветут);

2 балла – цветение среднее (цветет 30–70 % всех растений);

1 балл – цветение слабое (цветет < 30 %).

В день измерений цветение каждого исследуемого вида/ сорта оценивалось по указанной шкале.

Исследуемые растения представлены 1 отделом Magnoliophyta/Angiospermae – Покрытосеменные, 10 семействами, 12 родами, 14 видами, 9 сортами: *Astilbe* × *arendsii* ‘Amethyst’ Arends (астильба Арендса), *Astilbe* × *arendsii* ‘Brautschleier’ Arends (астильба Арендса), *Astilbe chinensis* ‘Milk and Honey’ (Maxim.) Franch. & Sav. (астильба китайская), Сем. Saxifragaceae Juss.; *Aster* × *fricartii* ‘Monch’ Fricart (астра Фрикарта), *Eutrochium maculatum* (L.) E. E. Lamont (посконник пятнистый), *Rudbeckia fulgida* ‘Goldsturm’ L. (рудбекия блестящая), Сем. Asteraceae Bercht. & J.Presl; *Veronicastrum virginicum* (L.) Farw. (вероникаструм виргинский), Сем. Plantaginaceae Juss.; *Geranium macrorrhizum* ‘Bevan’s Variety’ L. (герань крупнокорневищная), *Geranium* × *cantabrigiense* Yeo

(герань кембриджская), Сем. Geraniaceae Juss.; *Actaea racemosa* L. (клопогон кистевидный), Сем. Ranunculaceae Juss.; *Sanguisorba officinalis* ‘Crimson Queen’ L. (кровохлебка лекарственная), Сем. Rosaceae Juss.; *Sedum spectabile* ‘Brilliant’ H. Ohba (очиток видный), Сем. Crassulaceae J.St.-Hil, *Polygonum polymorpha* L. (горец изменчивый), Сем. Polygonaceae Juss.; *Epimedium* × *versicolor* ‘Sulphureum’ Franch. (горянка разноцветная), Сем. Berberidaceae Juss.; *Phlox paniculata* L. (флокс метельчатый), Сем. Polemoniaceae Juss.

### Результаты и их обсуждение

В таблицу занесены результаты исследований, проведенных в течение одного сезона. Она показывает сроки и обильность цветения изучаемых растений в микроклиматических условиях участка коттеджного поселка, на котором делались измерения.

#### Обильность цветения

#### Flowering abundance

№	Наименование растения Plant name	Обильность цветения, балл Flowering abundance, point								
		15.07.	28.07.	05.08.	12.08.	26.08.	01.09.	12.09.	23.09.	03.10.
1	<i>Actaea racemosa</i> L.	1	2	3	2	1	1	1	1	1
2	<i>Aster</i> × <i>fricartii</i> ‘Monch’ Fricart	1	1	1	2	3	3	3	3	2
3	<i>Astilbe chinensis</i> ‘Milk and Honey’ (Maxim.) Franch. & Sav.	1	2	3	2	1	1	1	1	1
4	<i>Astilbe</i> × <i>arendsii</i> ‘Amethyst’ Arends	1	3	2	2	1	1	1	1	1
5	<i>Astilbe</i> × <i>arendsii</i> ‘Brautschleier’ Arends	1	3	2	2	1	1	1	1	1
6	<i>Epimedium</i> × <i>versicolor</i> ‘Sulphureum’ Franch.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	<i>Eutrochium maculatum</i> (L.) E. E. Lamont	1	1	1	1	1	2	3	2	1
8	<i>Geranium</i> × <i>cantabrigiense</i> Yeo	2	1	1	1	1	1	1	1	1
9	<i>Geranium macrorrhizum</i> ‘Bevan’s Variety’ L.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	<i>Phlox paniculata</i> L.	1	1	1	1	1	2	2	3	2
11	<i>Polygonum polymorpha</i> L.	3	3	2	2	2	1	1	1	1
12	<i>Rudbeckia fulgida</i> ‘Goldsturm’ L.	1	1	1	2	3	3	3	3	2
13	<i>Sanguisorba officinalis</i> ‘Crimson Queen’ L.	1	1	2	3	3	3	3	2	1
14	<i>Sedum spectabile</i> ‘Brilliant’ H. Ohba	1	1	1	2	3	3	3	2	2
15	<i>Veronicastrum virginicum</i> (L.) Farw.	3	2	1	1	1	1	1	1	1



Самый продолжительный период цветения наблюдался у *Sanguisorba officinalis* 'Crimson Queen' L. – 2,5 мес. (с конца июля по начало октября), *Rudbeckia fulgida* 'Goldsturm' L. – 2,5 мес. (с конца июля по начало октября), *Aster* × *fricartii* 'Monch' Fricart – 2 мес. (с начала августа по начало октября) (рис. 2), *Polygonum polymorpha* L. – 2 мес. (с июля до середины сентября) и у *Sedum*

*spectabile* 'Brilliant' H. Ohba – 2 мес. (с начала августа по начало октября). Следует отметить, что если бы не выпавший снег в конце сентября, то некоторые растения могли продолжить свое цветение. 3 октября, после схода снега, многолетники были срезаны с имеющимися соцветиями из-за потери декоративного вида и вертикального положения (рис. 3).



Рис. 2. Цветение *Aster* × *fricartii* 'Monch' Fricart  
Fig. 2. The *Aster* × *fricartii* 'Monch' Fricart flowering



Рис. 3. Состояние цветников в начале октября  
Fig. 3. The flowerbed condition in early October



У *Geranium macrorrhizum* 'Bevan's Variety' L. и *Epimedium* × *versicolor* 'Sulphureum' Franch. в наблюдаемый период цветения не зафиксировано. *Actaea racemosa* L. (рис. 4), *Eutrochium maculatum* (L.) E. E. Lamont, *Phlox paniculata* L. и сорта рода *Astilbe* (рис. 5) цвели 1,5 мес. На-

чало исследований пришлось на пик цветения *Veronicastrum virginicum* (L.) Farw., который цвел еще месяц, и пик цветения *Polygonum polymorpha* L., соцветия которого сохранялись до середины сентября.



Рис. 4. Цветение *Actaea racemosa* L. и *Astilbe chinensis* 'Milk and Honey' (Maxim.) Franch. & Sav

Fig. 4. The *Actaea racemosa* L. and the *Astilbe chinensis* 'Milk and Honey' (Maxim.) Franch. & Sav. flowering



Рис. 5. Цветение *Astilbe* × *arendsii* 'Brautschleier' (Arends)

Fig. 5. The *Astilbe* × *arendsii* 'Brautschleier' (Arends) flowering



### Выводы

Полученные результаты показывают, что в коттеджных поселках на участках с притенением от полуденного солнца из исследуемых 14 видов наиболее продолжительный период цветения имеют: *Sanguisorba officinalis* 'Crimson Queen' L., *Rudbeckia fulgida* 'Goldsturm' L., *Aster* × *fricartii* 'Monch' Fricart, *Polygonum polymorpha* L., *Sedum spectabile* 'Brilliant' H. Ohba – 2,0–2,5 мес.

Различные виды и сорта изученных растений обладают разной интенсивностью цветения в отдельные календарные периоды, имея большее или меньшее количество соцветий.

Результаты исследований с использованием шкалы Т. Б. Сродных могут использоваться при создании миксбордеров в условиях Екате-

ринбурга и расположенных рядом населенных пунктов.

Требуются дальнейшие наблюдения для более точных результатов, так как погодные условия варьируются из года в год, что непосредственно влияет на период и обильность цветения многолетних красивоцветущих культур. Большое влияние могут оказать затяжные дожди или долгий жаркий и засушливый период.

В 2022 г. лимитирующим фактором стали обильные осадки в конце сентября в виде мокрого снега и просто снега в последующем. Надземная часть растений была подморожена, что не дало закончить им свой вегетационный период и накопление питательных веществ в корнях. Это может негативно сказаться на перезимовке растений.

### Список источников

- Кавцевич В. Н., Деревинский А. В. Сроки зацветания и продолжительность периода цветения у сортов разных групп тюльпанов // Современные проблемы естествознания в науке и образовательном процессе : сб. ст. Респуб. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Минск, 2019. С. 52–53.
- Календарь цветения многолетних и однолетних цветов // Садовый центр «Ромашкино Парк». 2023. URL: <https://romashkino.ru/articles/kalendar-tsveteniya-mnogoletnikh-i-odnoletnikh-tsvetov/> (дата обращения: 15.04.2023).
- Клементьева Л. А. Сезонный ритм развития сортов *Chrysanthemum* L. с ранним сроком цветения на юге Западной Сибири // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. № 69. С. 52–57.
- Сорокопудова О. Л., Баендужева Т. Е., Прищепина Г. Л. Цветение азиатских гибридов лилий в Сибири // Бюллетень Главного ботанического сада. 2003. № 2185. С. 100–104.
- Сродных Т. Б., Розанова А. А. Теневыносливые декоративные многолетники: рост и развитие на Южном Урале // Аграрный вестник Урала. 2012. № 2 (94). С. 48–51.
- Хичмоу Дж. Сея красоту : создание цветущих посевных лугов. Харьков : Читариум, 2020. 364 с.

### References

- Calendar of flowering of perennial and annual flowers // Romashkino Park Garden Center. 2023. URL : <https://romashkino.ru/articles/kalendar-tsveteniya-mnogoletnikh-i-odnoletnikh-tsvetov/> (accessed 15.04.2023).
- Hitchmaw J. Sowing beauty : creating flowering seed meadows. Kharkiv : Chitarium, 2020. 364 с.
- Kavtsevich V. N., Derevinsky A. V. Term of flowering and duration of flowering period in varieties of different groups of tulips // Modern problems of natural sciences in science and educational process : collection of articles of the Republican scientific-practical conference with international participation. Minsk, 2019. P. 52–53. (In Russ.)
- Klementieva L. A. Seasonal rhythm of development of early flowering varieties of *Chrysanthemum* L. in the south of Western Siberia // Subtropical and Ornamental Horticulture. 2019. № 69. С. 52–57. (In Russ.)
- Sorokopudova O. L., Baendueva T. E., Prischepina G. L. Flowering of Asiatic lily hybrids in Siberia // Bulletin of the Main Botanical Garden. 2003. № 2185. С. 100–104. (In Russ.)
- Srodnykh T. B., Rozanova A. A. Shade-bearing ornamental perennials: growth and development in the Southern Urals // Agrarnyi vestnik Urala. 2012. № 2 (94). С. 48–51. (In Russ.)

## ***Информация об авторах***

*Н. А. Обоскалова – магистр;*

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

## ***Information about the authors***

*N. A. Oboskalova – Master's degree;*

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

*Статья поступила в редакцию 20.04.2024; принята к публикации 20.05.2024.*

*The article was submitted 20.04.2024; accepted for publication 20.05.2024.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 140–152.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 140–152.

Научная статья

УДК 712.25

DOI: 10.51318/FRET.2024.88.55.015

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И ИСТОРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНИРОВОЧНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ОЗЕЛЕНЕНИЯ

Анастасия Дмитриевна Аникина<sup>1</sup>, Татьяна Ивановна Фролова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> nastenka.anikina.2000@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7482-1620>

<sup>2</sup> tah946@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3199-3159>

**Аннотация.** В данной статье рассматривается результат исследования по детальному изучению особенностей планировки и озеленения малых городов юго-западной части Свердловской области. Цель работы – оценка влияния исторических и природных условий на формирование планировки и зеленой инфраструктуры. Обследование объектов озеленения проводилось методом подеревной инвентаризации с определением таксономических показателей. С помощью визуального и исторического анализа была оценена планировка поселков городского типа (пгт). Природные особенности были проанализированы с помощью ландшафтного метода. Результаты анализа показали взаимосвязь системы озеленения и планировки пгт с учетом динамики численности населения, основными физико-географическими характеристиками. Первичные функции и последующие исторические этапы развития создали своеобразие архитектурно-планировочных структур пгт юго-западной части Свердловской области. Выявлено, что на улицах преобладает малоэтажная частная застройка с небольшим числом многоэтажных домов и регулярным расположением, которое связано со спецификой гидрологии и рельефа. По представленным данным можно сделать вывод, что особенностями является жилая малоэтажная застройка, которая соответствует площадям объектов исследования. Определены преобладающие виды древесной растительности на исследуемых объектах. В населенных пунктах зеленые насаждения характеризуются хорошим и удовлетворительным состоянием, но отмечается ограниченный видовой состав. Наблюдается тенденция в увеличении разнообразия ассортимента насаждений с использованием кустарников. На основе полученных данных сформированы рекомендации. Системы озеленения пгт требуют развития – правильного подбора ассортимента с учетом структуры планировки и зонирования. Необходимы работы по реконструкции существующих и созданию новых защитных полос, своевременный агротехнический уход за насаждениями.

**Ключевые слова:** природные условия, история создания, планировочные особенности, озеленение, малые города

**Для цитирования:** Аникина А. Д., Фролова Т. И. Влияние природных и исторических условий на формирование планировочных особенностей и озеленения // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 140–152.

Scientific article

## THE INFLUENCE OF NATURAL AND HISTORICAL CONDITIONS ON THE FORMATION OF PLANNING FEATURES AND LANDSCAPING

Anastasia D. Anikina<sup>1</sup>, Tatyana I. Frolova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> nastenka.anikina.2000@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7482-1620>

<sup>2</sup> tah946@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3199-3159>

**Abstract.** This article discusses the result of a study on a detailed study of the features of the layout and landscaping of small towns in the southwestern part of the Sverdlovsk region. The purpose of the work is to assess the influence of historical and natural conditions on the formation of planning and green infrastructure. The survey of landscaping facilities was carried out by the method of tree-by-tree inventory with the determination of taxonomic indicators. The layout of urban-type settlements was assessed using visual and historical analysis. Natural features were analyzed using the landscape method. The results of the analysis showed the interconnection of the landscaping system and the layout of the village, taking into account the dynamics of the population, the main physical and geographical characteristics. The primary functions and the subsequent historical stage of development created the originality of the architectural and planning structures of urban-type settlements in the southwestern part of the Sverdlovsk region. It was revealed that the streets are dominated by low-rise private buildings with a small number of multi-storey buildings and a regular location, which is associated with the specifics of hydrology and topography. According to the presented data, it can be concluded that the features are residential low-rise buildings, which correspond to the areas of the research objects. The prevailing types of woody vegetation on the studied objects have been determined. In populated areas, green spaces are characterized by a good and satisfactory condition, but there is a limited species composition. There is a tendency to increase the diversity of the range of plants using shrubs. Based on the data obtained, recommendations were formulated. The landscaping systems of the village require the development of a proper selection of the assortment, taking into account the structure of the layout of urban settlements and zoning. Work is needed on the reconstruction of existing and creation of new protective strips, timely agro-technical care of plantings.

**Keywords:** natural conditions, history of creation, planning features, landscaping, small towns

**For citation:** Anikina A. D., Frolova T. I. The influence of natural and historical conditions on the formation of planning features and landscaping // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 140–152.

### Введение

В последнее время все больше наблюдается растущий интерес к сельским населенным пунктам. Различные факторы способствуют этой популярности, люди чаще стали выбирать жизнь вдали от крупных шумных городских центров. Малые города, такие как поселки городского типа, считаются многочисленной группой. Большинство из них являются промышленными. На основании

градостроительного кодекса РФ от 7 мая 1998 г. № 73-ФЗ (Статья 5. Типы поселений Российской Федерации) и существующих классификаций города разделяются по численности населения от крупнейших с населением свыше 1 млн чел. до малых с численностью до 50 тыс. чел. (в том числе подкатегории до 10 тыс., от 10 до 20 тыс. и от 20 до 50 тыс. чел.). Кроме городов, к категории «малые города», согласно своду правил СП 42.13330.2016

от Минстроя РФ, относятся все поселки городского типа (СП 42.13330.2016).

Согласно приказу Министерства строительства и развития инфраструктуры Свердловской области «Об утверждении Списка административно-территориальных единиц и населенных пунктов Свердловской области в новой редакции и признании пункта 1 приказа от 11.01.2016 г. № 8-П утратившим силу», на территории Свердловской области расположено 23 поселка городского типа (пгт).

Объектами исследования для выявления современных тенденций проектирования и озеленения с учетом природных и исторических условий стали 7 пгт юго-западной части Свердловской области, численность населения которых от 2,5 до 11,5 тыс. чел.: Староуткинск, Шаля, Бисерть, Дружинино, Атиг, Верхние Серги, Арти. Территории пгт были взяты в пределах их административных границ.

#### **Цель, объекты и методика исследования**

Целью исследования является оценка влияния природных, исторических условий на особенности архитектурно-планировочной структуры и формирование зеленой инфраструктуры малых городов (поселков городского типа).

Объектами исследования были пгт: Староуткинск, Шаля, Бисерть, Дружинино, Атиг, Верхние Серги, Арти.

Пгт Арти является административным центром Артинского городского округа и Артинского района, расположен в 169 км к юго-западу от Екатеринбурга и в 62 км к юго-востоку от Красноуфимска.

В Нижнесергинском районе Свердловской области располагаются 4 пгт: Верхние Серги – в восточной части муниципального района (Могиленских, Округина, 2011); Атиг – в 7 км от города Нижние Серги и в 93 км от Екатеринбурга; Дружинино – в 19 км к северо-востоку от Нижних Серг, в 65 км к западу от Екатеринбурга; Бисерть – в 95 км по автодороге к западу от Екатеринбурга (Печуркина, 2013).

В Шалинском районе Свердловской области находятся два пгт: Шаля и Староуткинск. Шаля –

административный центр Шалинского городского округа и Шалинского района, расположен на западном склоне Среднего Урала, между Екатеринбургом и Пермью; Староуткинск находится в 89 км к северо-западу от города Екатеринбурга (Салтыкова, 2004).

Для изучения за основу были взяты исторические и планировочные особенности, а также ассортимент зеленых насаждений. При детальном обследовании в период с 2022 по 2023 гг. для оценки состояния деревьев и кустарников использовался метод подеревной инвентаризации. Санитарное состояние деревьев и кустарников оценивалось по шкале категорий, которая была опубликована в Постановлении Правительства РФ в 2020 г. (Об утверждении..., 2020). Таксономические показатели видов определялись по характерным морфологическим признакам.

Для проведения градостроительного анализа были взяты несколько различных методов. Исторический анализ, который включает исследование истории развития пгт и хронологию событий. Проводился визуальный анализ – оценка и выявление уникальности территорий и архитектурных объектов. Этот метод позволил оценить планировку сооружений.

Для проведения географического анализа были использованы два метода: ландшафтный метод, который позволил изучить природные и архитектурные особенности территории (рельеф, ассортимент растений, гидрологические объекты); способ сопоставления позволил сравнить аналогичные территории.

#### **Результаты и их обсуждение**

Анализируя особенности планировки и системы озеленения, нельзя не затронуть их связующее – население. Жизнь населенного пункта невозможна без анализа динамики населения. На рис. 1 продемонстрировано возрастное соотношение населения.

Как видно на диаграмме, самым населенным является пгт Арти. Основная часть населения сосредоточена в центральной части поселка.

Вторым по численности и крупным по площади территории является пгт Бисерть (табл. 1).



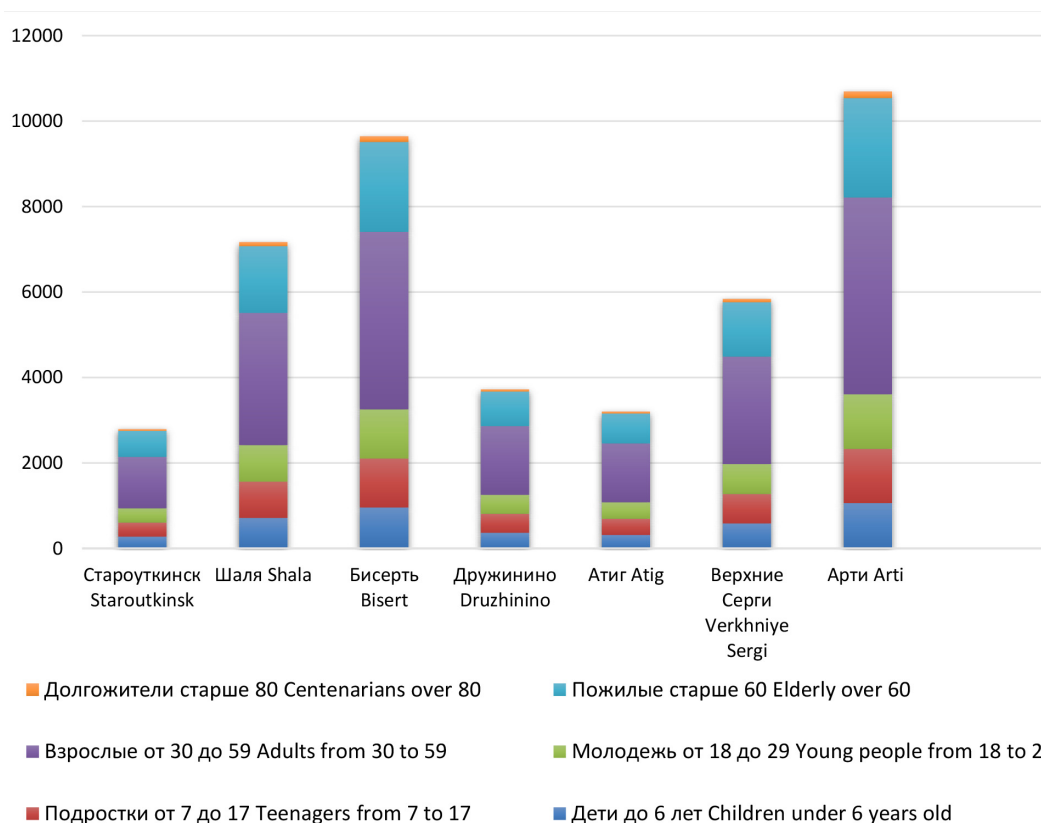


Рис. 1. Динамика населения пгт юго-западной части Свердловской области  
 Pic. 1. Population dynamics in the southwestern part of the urban-type settlement Sverdlovsk region

Таблица 1  
 Table 1

Площадь, численность и плотность населения городов, 2023 г.  
 Area, number and population density of cities, 2023

Пгт Uts	Площадь пгт, км <sup>2</sup> The area of the uts, km <sup>2</sup>	Численность населения тыс. чел. The population is thousands of people	Плотность населения чел./км <sup>2</sup> Population density per person/km <sup>2</sup>
Арты Artie	10,30	11572	1123,5
Бисерть Bisert	12,35	9245	748,6
Шаля Shala	5,94	5949	1001,5
Верхние Серги Verkhniye Sergi	6,70	5426	809,9
Атиг Atig	7,70	3201	415,7
Дружинино Druzhinino	6,49	3083	475,0
Староуткинск Staroutkinsk	9,22	2517	272,9

Самыми компактными являются пгт Верхние Серги, Атиг, Шаля, Дружинино, Староуткинск. А с точки зрения расположения основной застройки в пределах центральной части пгт и ее комфортности отличаются Верхние Серги, Арти, Шаля, Бисерть.

Все исследуемые пгт располагаются в пределах умеренно континентального климата и относятся к таежной лесорастительной зоне.

В табл. 2 представлен обобщенный анализ основных физико-географических характеристик: средние температуры холодного и теплого периода года; среднегодовое количество осадков; тип зональной растительности. Все анализируемые территории объединяет особенность географического положения. Все пгт были основаны в долинах рек.

Таблица 2  
Table 2

Физико-географические особенности пгт юго-западной части Свердловской области  
Physical and geographical features of the urban-type settlement in the southwestern part of the Sverdlovsk region

Пгт Uts	Средняя температура воздуха января, °С The average air temperature in January, °C	Средняя температура воздуха июля, °С The average air temperature in July, °C	Среднегодовое количество осадков, мм/год Average annual precipitation, mm/year	Тип зональной растительности Type of zonal vegetation	Особенность географического положения The peculiarity of the geographical location
Арти Artie	-15,5 до -16	+17 до +18	550–650	Широколиственно-хвойно-таежные леса Broad-leaved coniferous taiga forests	р. Артя (левый приток Уфы) Arty river (left tributary of Ufa)
Бисерть Bisert	-13,7	+18,3	480–520	Смешанные леса Mixed forests	р. Бисерть Bisert river
Шаля Shala	-18,0	-11,0	412	Хвойно-мелколиственные леса Coniferous and small-leaved forests	р. Шаля (приток р. Сылвы) Shala river (a tributary of Sylva river)
Верхние Серги Verkhniye Sergi	-16,4	16,5	497	Широколиственные, хвойно-таежные темнохвойные леса Broad-leaved, coniferous-taiga dark coniferous forests	Долина р. Серга (впадение р. Козья) Serga river Valley (confluence of Kozya river)
Атиг Atig	-12,5	+19,1	480	Темнохвойные таежные, широколиственные леса Dark coniferous taiga, broad-leaved forests	р. Белый Атиг White Atig river
Дружинино Druzhinino	-12,6	+19,0	380–450	Широколиственные хвойно-таежные леса Broad-leaved coniferous-taiga forests	р. Утка Duck river
Староуткинск Staroutkinsk	-12,8	+18,8	360–420	Хвойно-мелколиственные леса Coniferous and small-leaved forests	р. Чусовая (приток р. Утки) Chusovaya river (tributary of Ducks river)

Согласно таблице, территории, занимаемые пгт, по типу зональной растительности делятся на широколиственные, хвойные, темнохвойные таежные, мелколиственные, смешанные леса.

В центральной части застройки пгт растительный покров во многом преобразован, однако в парковых зонах и в уличном озеленении, а также за пределами административных границ располагаются крупные лесные массивы, сохраняющие черты зональной растительности. По типу зональной растительности больших различий между изученными пгт нет.

Форма и архитектурная планировка зеленой инфраструктуры в городах и поселках связаны с их историей создания, а не только с природными и климатическими условиями. Образ городов пре-

образуется, и определенная конфигурация сохраняется в зависимости от особенности основания и первых функций города. Исследуемые поселки можно условно разделить на две эпохи образования: Российская империя – XVIII в. (Арти, Бисерть, Верхние Серги, Атиг, Староуткинск) и XX в. – Новейшее время (Шалья, Дружинино) (табл. 3).

Переломным моментом в градостроительной истории стала эпоха Демидовых на Урале, продлившаяся с 1702 по 1917 гг. В первую очередь это период появления новых городов – промышленных центров Урала, которые и на сегодняшний день сохраняют эту специализацию (Климанова и др., 2020).

Создание новых городов привело и к росту численности, а вследствие этого и изменению

Таблица 3  
Table 3

Группировка поселков юго-западной части Свердловской области по времени основания  
Grouping of settlements in the southwestern part of the Sverdlovsk region by the time of foundation

Пгт Uts	Год основания Year of foundation	Место основания Place of foundation	Первые функции The first functions
Арти Artie	1783 XVIII в. 18th century	Берег р. Артя впадения в р. Уфу The bank of Arty river confluence with Ufa river	Завод по производству сельскохозяйственного инвентаря Factory for the production of agricultural equipment
Бисерть Bisert	1735 XVIII в. 18th century	р. Бисерть Bisert river	Бисертский железодельный завод Bisert ironworks
Шалья Shala	1903 XX в. 20th century	р. Шалья (приток р. Сылвы) Shala river (a tributary of Sylva river)	Строительство части Транссибирской железной дороги Construction of a part of the Trans-Siberian Railway
Верхние Серги Verkhniye Sergi	1717–1720 XVIII в. 18th century	Долина р. Серга (впадение р. Козья) Serga river Valley (confluence of Kozya river)	Основание железодельного завода The foundation of the ironworks
Атиг Atig	1790 XVIII в. 18th century	р. Белый Атиг White Atig river	Атигский железодельный завод Artinsky Ironworks
Дружинино Druzhinino	1929 XX в. 20th century	р. Утка Duck river	Западно-Уральская железная дорога West Ural railway
Староуткинск Staroutkinsk	1729 XVIII в. 18th century	р. Чусовая (приток р. Утки) Chusovaya river (tributary of Ducks river)	Староуткинский завод Staroutkinsky plant

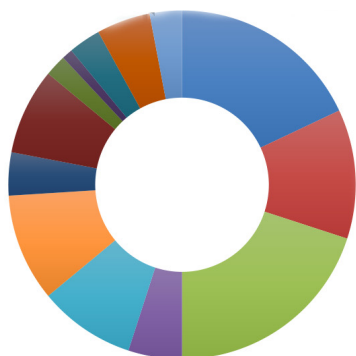
архитектурно-планировочной структуры. Архитектурно-планировочная структура населенных пунктов – это гармоничное единство всех составляющих его элементов и частей, закономерности и принципы их организации (Контеева, Фролова, 2019).

Архитектурнопланировочная структура пгт должна обеспечить красивое, удобное для проживания и обслуживания благоустройство при наименьших затратах на строительство. Красота, удобство и экономичность застройки тесно взаимосвязаны между собой и могут быть достигнуты при учете всех факторов, влияющих на планировочную структуру поселка, характер застройки и способы строительства (Виншу, 1986). В архитектурно-планировочную структуру входит также и озеленение населенных пунктов с учетом состояния окружающей среды.

В последнее время при разработке концепций архитектурно-планировочных структур и развитии территорий не учитываются существующие насаждения и их санитарное состояние.

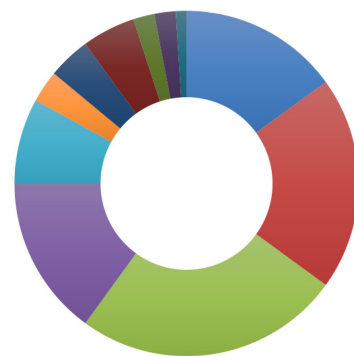
В результате визуального анализа территорий пгт Свердловской области удалось выявить ряд особенностей в планировочной структуре, а также определить, что формовой и видовой состав посадочного материала крайне ограничен и однообразен как на главных улицах, так и в парках. На круговой диаграмме (рис. 2) представлено долевое участие древесно-кустарниковых видов, которые преобладают в озеленении в пгт Атиг и Дружинино: береза повислая (*Betula pendula*, E.), береза пушистая (*Betula pubescens*, L.); из хвойных в пгт Атиг ель обыкновенная (*Picea abies*, L.), а в пгт Дружинино сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.).

**Атиг  
Atig**



- Береза повислая 18% / *Betula pendula*, E.
- Береза пушистая 12% / *Betula pubescens*, L.
- Ель обыкновенная 20% / *Picea abies*, L.
- Ель колючая 5% / *Picea pungens*, E.
- Сосна обыкновенная 9% / *Pinus sylvestris*, L.
- Осина обыкновенная 10% / *Populus tremula*, L.
- Тополь черный 4% / *Populus nigra*, L.
- Тополь бальзамический 8% / *Populus balsamifera*, L.
- Клен ясенелистный 2% / *Acer negundo*, L.
- Дуб черешчатый 1% / *Quercus robur*, L.
- Карагана древовидная 3% / *Caragana arborescens*, L.
- Ива белая 5% / *Salix alba*, L.
- Ива козья 3% / *Salix caprea*, L.

**Дружинино  
Druzhinino**



- Береза пушистая 20% / *Betula pubescens*, E.
- Сосна обыкновенная 25% / *Pinus sylvestris*, L.
- Ель обыкновенная 15% / *Picea abies*, L.
- Яблоня ягодная 8% / *Malus baccata*, L.
- Боярышник обыкновенный 3% / *Crataegus laevigata*, P.
- Сирень обыкновенная 4% / *Syringa vulgaris*, L.
- Клен ясенелистный 5% / *Acer negundo*, L.
- Рябина обыкновенная 2% / *Sorbus aucuparia*, L.
- Карагана древовидная 2% / *Caragana arborescens*, L.
- Шиповник майский 1% / *Rosa majalis*, H.

Рис. 2. Диаграмма долевого участия древесно-кустарниковых видов в пгт Атиг и Дружинино

Fig. 2. Diagram of the share of tree and shrub species in the Atig and Druzhinino urban-type settlement

В пгт Верхние Серги и Арти преобладающие породы, используемые в озеленении, – береза повислая (*Betula pendula*, E.), береза пушистая (*Betula pubescens*, L.), ель обыкновенная (*Picea abies*, L.), липа мелколистная (*Tilia cordata*, M.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*, L.). В пгт Бисерть, Шаля и Староуткинск в озелене-

нии преобладают лиственные: липа мелколистная (*Tilia cordata*, M.), береза повислая (*Betula pendula*, E.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*, L.), клен ясенелистный (*Acer negundo*, L.). Диаграмма долевого участия видов показана на диаграммах (рис. 3, 4).

## Верхние Серги Verkhniye Sergi



- Береза повислая 25% / *Betula pendula*, R.
- Береза пушистая 10% / *Betula pubescens*, E.
- Ель обыкновенная 20% / *Picea abies*, L.
- Ель колючая 2% / *Picea pungens*, E.
- Осина обыкновенная 6% / *Populus tremula*, L.
- Пузыреплодник калинолистный 4% / *Physocarpus opulifolius*, L.
- Липа мелколистная 8% / *Tilia cordata*, M.
- Тополь черный 6% / *Populus nigra*, L.
- Тополь бальзамический 10% / *Populus balsamifera*, L.
- Клен ясенелистный 9% / *Acer negundo*, L.

## Арти Arti



- Береза повислая 20% / *Betula pendula*, R.
- Береза пушистая 18% / *Betula pubescens*, E.
- Клен ясенелистный 10% / *Acer negundo*, L.
- Тополь бальзамический 15% / *Populus balsamifera*, L.
- Липа мелколистная 15% / *Tilia cordata*, M.
- Ель колючая 7% / *Picea pungens*, E.
- Ель обыкновенная 4% / *Picea abies*, L.
- Рябинник рябинолистный 8% / *Sorbaria sorbifolia*, L.
- Клен приречный 3% / *Acer glabrum*, M.

Рис. 3. Диаграмма долевого участия древесно-кустарниковых видов в пгт Верхние Серги и Арти  
Fig. 3. Diagram of the share of tree and shrub species in the Verkhniye Sergi and Arti urban-type settlement

В цветочном оформлении пгт отмечается ограниченный ассортимент однолетников: петунья (*Petunia*, J.), тагетес прямостоячий (*Tagetes erecta*, L.), тагетес тонколистный (*Tagetes tenuifolia*, L.), цинерария гибридная (*Cineraria hybrid*, L.), космея дваждыперистая (*Cosmos bipinnatus*, C.), агератум (*Ageratum*, L.).

В каждом пгт имеются территории со стихийно образовавшимися насаждениями.

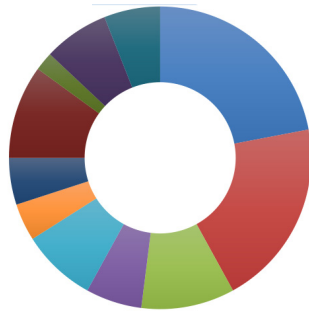
Стихийные насаждения представляют собой неухоженную массу, которая не имеет большого видового разнообразия и характеризуется плохим санитарным состоянием (Маслеев, Изотова, 2019).

Каждому изученному поселку свойственна своя планировочная структура. Но связывает данные пгт исторический период образования, основание на реке и начало строительства и развития поселка с момента создания промышленного предприятия.

Застройка в пгт преимущественно частная малоэтажная с включением многоэтажных кирпичных и крупнопанельных домов: периода 40-х годов – двухэтажные дома, 50-х – трех- и пятиэтажные дома. Планировочными осями пгт являются их основные улицы. На рис. 5–7 представлены топографические карты планировочных особенностей и типов застроек исследуемых пгт.



## Бисерть Bisert



- Липа мелколистная 22% / *Tilia cordata*, M.
- Береза повислая 20% / *Betula pendula*, R.
- Клен ясенелистный 10% / *Acer negundo*, L.
- Черемуха обыкновенная 6% / *Prunus padus*, L.
- Карагана древовидная 8% / *Caragana arborescens*, L.
- Ель колючая 4% / *Picea pungens*, E.
- Яблоня ягодная 5% / *Malus baccata*, L.
- Береза пушистая 10% / *Betula pubescens*, E.
- Ива ломкая 2% / *Salix fragilis*, L.
- Сирень обыкновенная 7% / *Syringa vulgaris*, L.
- Пузыреплодник калинолистный 6% / *Physocarpus opulifolius*, L.

## Шаля Shala



- Тополь бальзамический 20% / *Populus balsamifera*, L.
- Береза повислая 18% / *Betula pendula*, R.
- Ель обыкновенная 5% / *Picea abies*, L.
- Черемуха обыкновенная 13% / *Prunus padus*, L.
- Карагана древовидная 10% / *Caragana arborescens*, L.
- Рябинник рябинолистный 5% / *Sorbaria sorbifolia*, L.
- Липа мелколистная 8% / *Tilia cordata*, M.
- Береза пушистая 8% / *Betula pubescens*, E.
- Клен ясенелистный 9% / *Acer negundo*, L.
- Сосна обыкновенная 4% / *Pinus sylvestris*, L.

## Староуткинск Staroutkinsk



- Береза повислая 25% / *Betula pendula*, R.
- Клен ясенелистный 25% / *Acer negundo*, L.
- Липа мелколистная 15% / *Tilia cordata*, M.
- Тополь бальзамический 15% / *Populus balsamifera*, L.
- Карагана древовидная 10% / *Caragana arborescens*, L.
- Сирень обыкновенная 5% / *Syringa vulgaris*, L.
- Ель колючая 5% / *Picea pungens*, E.

Рис. 4. Диаграмма долевого участия древесно-кустарниковых видов в пгт Бисерт, пгт Шаля и пгт Староуткинск

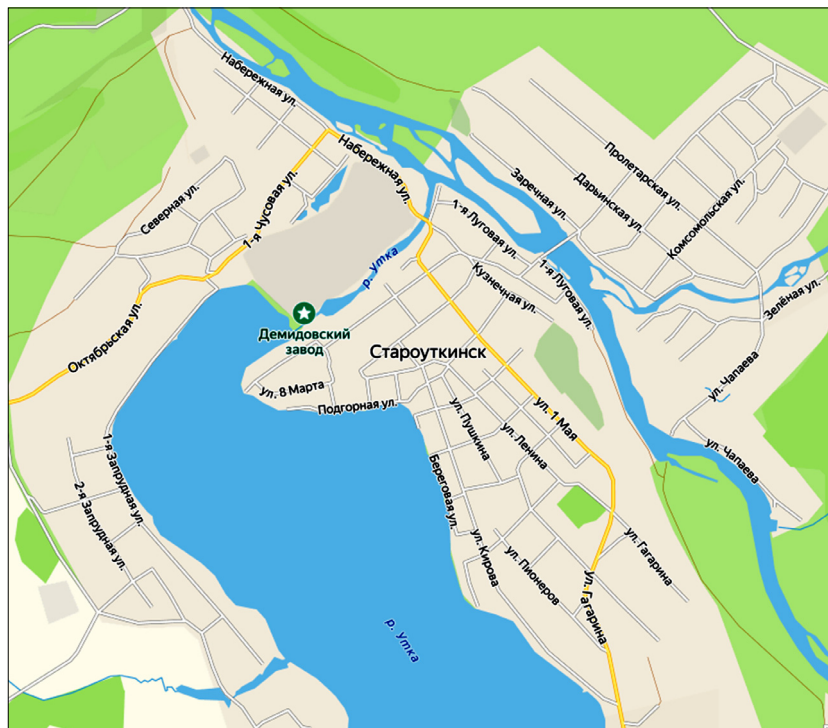
Fig. 4. Diagram of the share of tree and shrub species in the Bisert, Shala and Staroutkinsk urban-type settlement



*a*



*b*

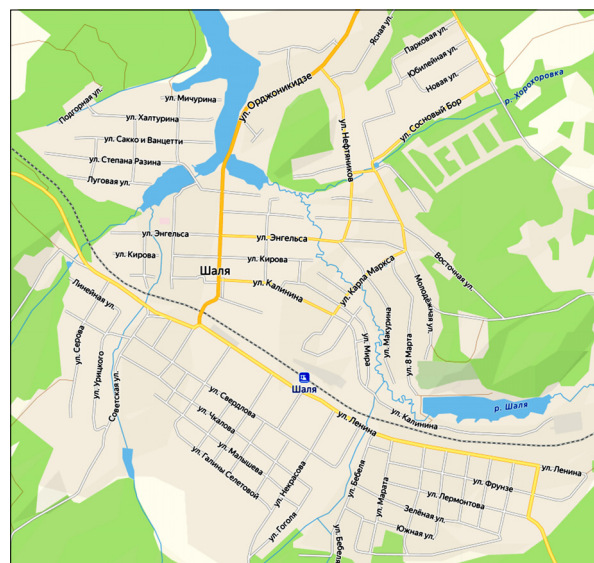


*v*

Рис. 5. Планировка пгт юго-западной части Свердловской области:  
*a* – Арти; *б* – Верхние Серги; *в* – Староуткинск  
 Fig. 5. Layout of the urban-type settlement in the southwestern part of the Sverdlovsk region:  
*a* – Arti; *б* – Verkhniye Sergi; *в* – Staroutkinsk



*a*



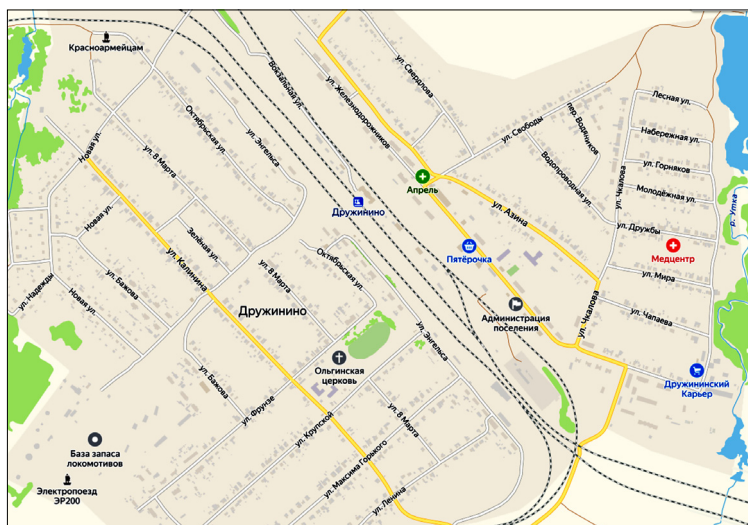
*b*

Рис. 6. Планировка пгт юго-западной части Свердловской области:

*a* – Бисертъ; *б* – Шаля

Fig. 6. Layout of the urban-type settlement in the southwestern part of the Sverdlovsk region:

*a* – Bisert; *b* – Shala



*a*



*b*

Рис. 7. Планировка пгт юго-западной части Свердловской области:

*a* – Дружинино; *б* – Атиг

Fig. 7. Layout of the urban-type settlement in the southwestern part of the Sverdlovsk region:

*a* – Druzhinino; *b* – Atig

Анализируя представленные карты, видим, что для всех территорий пгт юго-западной части Свердловской области наблюдается регулярная планировка с включением отдельных, особых типов застроек, учитывающих особенности рельефа и гидрологии.

### Выводы

В ходе проведения исследования архитектурно-планировочной организации пгт был выявлен ряд особенностей.

1. Доминирующим видом является застройка с малоэтажными жилыми домами. Данный вид застройки – наиболее правильное решение для



небольших пгт. Малоэтажная или усадебная застройка позволяет решить хозяйственные вопросы, а также имеет хорошую связь с природной средой, возможность организации отдыха. Из недостатков данной застройки – это уменьшение ее плотности, увеличение длины и объема индивидуального благоустройства.

2. По итогам анализа было выявлено, что на формирование планировки и системы озеленения повлияли природные и исторические условия. Природные условия, такие как река, рельеф и лес, которые окружают пгт, имеют не только эстетическое значение, но и играют важную роль в инфраструктуре отдыха и спорта, в промышленности и в сельском хозяйстве.

3. Наблюдается увеличение озеленяемых территорий, разнообразить посадки деревьев стараются кустарниками. Посадки вдоль дорог чаще всего состоят из преобладающих древесных видов – тополя бальзамического, березы повислой, липы мелколистной. Такая тенденция соответствует практически всем населенным пунктам Свердловской области, что отмечается в статье Аткиной Л. И. (Аткина, Вишнякова, 2015).

4. Очень мало в насаждениях вечнозеленых лиственных и хвойных пород, цветущих кустар-

ников, пестролистных, шаровидных и других форм.

По результатам исследований для данных населенных пунктов можно дать следующие рекомендации:

- каждому объекту озеленения требуется не только подбор растений, отвечающий особенностям планировки и застройки, но и соответствующий экологическим требованиям;
- требуется создание новых и реконструкция старых защитных полос вдоль автодорог;
- необходимо проведение постоянных инвентаризаций в парках;
- при разработке и организации архитектурно-планировочной структуры следует проводить зонирование территории, в связи с этим подбирать подходящий ассортимент;
- при содержании зеленых насаждений необходимо проводить своевременные агротехнические уходы;
- для создания благоприятных комфортных условий проживания следует равномерно располагать озеленение на территории города и соединять в единую систему улицы и пешеходные зоны, т. е. соблюдать все требования к созданию комфортной среды жизни (Бушуева, Сродных, 2022).

### Список источников

- Аткина Л. И., Вишнякова С. В. Особенности озеленения улиц с малоэтажной застройкой г. Нижняя Салда Свердловской области // *Леса России и хозяйство в них*. 2015. Вып. 4 (55). С. 71–77.
- Бушуева Е. В., Сродных Т. Б. Анализ и предложения по улучшению системы озеленения г. Березовского Свердловской области // *Леса России и хозяйство в них*. 2022. № 1 (80). С. 85–92.
- Виншу И. А. Архитектурно-планировочная организация сельских населенных пунктов : [учебник для вузов по спец. «Архитектура и планировка сельск. населен. мест»]. М. : Стройиздат, 1986. 278 с.
- Климанова О. А., Колбовский Е. Ю., Илларионова О. А. Зеленая инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития. М : Товарищество научных изданий КМК, 2020.
- Контеева Т. Н., Фролова Т. И. Анализ архитектурно-планировочной организации населенных пунктов Белоярского городского округа // *Научное творчество молодежи – лесному комплексу России* : матер. XV Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2019. С. 404–406.
- Маслеев Е. В., Изотова Т. В. Проблема озеленения и разработки анализа насаждений малых городов для мониторинга состояний и проблем объектов на примере поселка городского типа Мостовской // *Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины* : матер. науч.-техн. конф. СПбГЛТУ по итогам НИР 2018 г. ИЛАСиОД, Санкт-Петербург, 28 января – 04 февраля 2019 года. СПб. : СПб. гос. лесотехн. ун-тет им. С. М. Кирова, 2019. С. 119–123.
- Могиленских Ю. И., Округина М. А. О заводе с гордостью, о родном поселке с уважением : история, события, люди. Екатеринбург : Автограф, 2011. 304 с.

- Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047. URL: <https://base.garant.ru/75037636/> (дата обращения: 03.01.2024).
- Печуркина Р. А. Бисерт: железо, лес, земля и люди. Екатеринбург : Сократ, 2013. 420 с.
- Салтыкова Е. В. Сказ о земле Шалинской. Екатеринбург : ПОЗИТИВ, 2004. 200 с.
- СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализ. ред. СНиП 2.07.01–89 : утв. приказом Минстроя России от 30.12.2016 № 1034/пр. URL: <https://base.garant.ru/71692326/> (дата обращения: 03.01.2024).

### References

- Atkina L. I., Vishnyakova S. V.* Features of landscaping of streets with low-rise buildings in Nizhny Salda, Sverdlovsk region // *Forests of Russia and the economy in them*. 2015. Issue 4 (55). P. 71–77. (In Russ.)
- Bushueva E. V., Srodnykh T. B.* Analysis and suggestions for improving the landscaping system in Berezovsky, Sverdlovsk region // *Forests of Russia and the economy in them*. 2022. № 1 (80). P. 85–92. (In Russ.)
- Klimanova O. A., Kolbovsky E. Yu., Illarionova O. A.* Green infrastructure of the city : assessment of the state and design of development. Moscow : The collection of scientific publications of the CMC, 2020.
- Konteeva T. N., Frolova T. I.* Analysis of architectural and planning organization of settlements of the Beloyarsk urban district // *Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : materials of the XV All-Russian Scientific and Technical Conference*. Yekaterinburg, 2019. P. 404–406. (In Russ.)
- Masleev E. V., Izotova T. V.* The problem of landscaping and the development of an analysis of plantings in small towns for monitoring the conditions and problems of objects on the example of the urban-type settlement of Mostovskaya // *Landshafte architecture, construction and wood processing : Materials of the scientific and technical conference of SPbGLTU based on the results of research in 2018 ILASiOD, St. Petersburg, January 28 – February 04 2019*. St. Petersburg : St. Petersburg State Forest Engineering University named after S. M. Kirov, 2019. P. 119–123.
- Mogilenskikh Yu. I., Okrugina M. A.* About the factory with pride, about the native village with respect: History, events, people. Yekaterinburg : Publishing house «Avtograf», 2011. 304 p.
- On approval of the Rules of sanitary safety in forests : Decree of the Government of the Russian Federation dated December 9, 2020 № 2047. URL: <https://base.garant.ru/75037636/> (accessed 03.01.2024).
- Pechurkina R. A.* Bisert: iron, forest, land and people. Yekaterinburg : Publishing House «Sokrat», 2013. 420 p.
- Saltykova E. V.* The tale of the land of Shalinskaya. Yekaterinburg : POSITIV, 2004. 200 p.
- SP 42.13330.2016. A set of rules. Urban planning. Planning and construction of urban and rural settlements. Updated version of «SNiP 2.07.01–89» approved By Order of the Ministry of Construction of the Russian Federation dated December 30, 2016 № 1034/пр. URL: <https://base.garant.ru/71692326/> (accessed 03.01.2024).
- Vinshu I. A.* Architectural and planning organization of rural settlements : [Studies for universities on spec. «Architecture and layout of villages. populated. places»]. Moscow : Stroyizdat, 1986. 278 p.

### Информация об авторах

- А. Д. Аникина – студент;*  
*Т. И. Фролова – кандидат биологических наук, доцент.*

### Information about the authors

- A. D. Anikina – student;*  
*T. I. Frolova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor.*

*Статья поступила в редакцию 11.01.2024; принята к публикации 02.04.2024.*  
*The article was submitted 11.01.2024; accepted for publication 02.04.2024.*



Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 153–162.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 153–162.

Научная статья

УДК 502.175:712.4

DOI: 10.51318/FRET.2024.13.76.016

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА НА КОМФОРТНОЕ СУЩЕСТВОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКА В УРБОСРЕДЕ

Николай Владимирович Примаков<sup>1</sup>, Богдан Эдуардович Финиревский<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

<sup>1</sup> Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

<sup>1</sup> [nik-primakov@yandex.ru](mailto:nik-primakov@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9225-024X>

<sup>2</sup> [finirevsky.bogdan@yandex.ru](mailto:finirevsky.bogdan@yandex.ru)

**Аннотация.** В представленной работе рассматривается влияние озеленения городской среды на температуру воздуха и почвы в теплый период времени. Целью исследования является оценка комфортности температурного режима улиц г. Краснодара, формирование предложений по улучшению условий существования человека в урбанизированной среде. Приведены исследования зависимости температуры воздуха и поверхности дорожного покрытия от наличия древесной и кустарниковой растительности на улицах города. Определение жары индивидуально не только для каждой климатической зоны, но и для отдельных городов и тем более мегаполисов. Измерения температуры проводились в пятикратной повторности в середине августа 2023 г. Объектом изучения стали: ул. Ставропольская, ул. Новороссийская и ул. Северная в г. Краснодаре. В результате выявлен коэффициент комфортности температуры для каждой из улиц. Для оценки полученного коэффициента комфортности температуры воздуха нами предложена оценочная шкала. Произведена оценка для объектов г. Краснодара, получена категория «жарко» для ул. Ставропольская. Для ул. Северной и Новороссийской – «жарко» и «очень жарко». Установлено, что более высокие показатели температуры воздуха до 41 °С и дорожного покрытия до 50 °С отмечены для ул. Северной и Новороссийской. Более высокие температуры характерны для участков без древесной и древесно-кустарниковой растительности. Разница в температуре на таких вариантах с дорожным покрытием, как асфальт и тротуарная плитка, не выявлена. Для более комфортного существования человека рекомендуется увеличить площади озеленения улиц древесными, древесно-кустарниковыми растениями.

**Ключевые слова:** температура воздуха, город, озеленение, коэффициент комфортности

**Для цитирования:** Примаков Н. В., Финиревский Б. Э. Влияние элементов озеленения города на комфортное существование человека в урбосреде // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 153–162.

Scientific article

## THE INFLUENCE OF URBAN LANDSCAPING ELEMENTS ON A COMFORTABLE HUMAN EXISTENCE IN THE URBAN ENVIRONMENT

Nikolay V. Primakov<sup>1</sup>, Bogdan E. Finirevsky<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Kuban State University, Krasnodar, Russia

<sup>1</sup> Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

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

<sup>2</sup> finirevsky.bogdan@yandex.ru

**Abstract.** The presented work examines the influence of urban greening on air and soil temperatures during the warm period of time. The purpose of the study is to assess the comfort of the temperature regime of the streets of Krasnodar, to form proposals for improving human living conditions in an urbanized environment. Studies of the dependence of the air temperature and the surface of the road surface on the presence of woody and shrubby vegetation on the streets of the city are presented. The definition of heat is individual not only for each climatic zone, but also for individual cities and especially megacities. Temperature measurements were carried out fivefold, in the middle of August 2023. The object of study were: Stavropol Street, Novorossiysk Street and Severnaya Street in the city of Krasnodar. As a result, the coefficient of temperature comfort for each of the streets was revealed. To evaluate the obtained coefficient of comfort of air temperature, we have proposed an evaluation scale. An assessment was made for the objects of the city of Krasnodar, the category “hot” was obtained for Stavropol Street. For Severnaya and Novorossiysk streets – “hot” and “very hot”. It was found that higher air temperatures up to 41 °C and road surfaces up to 50 °C were noted for Severnaya and Novorossiysk streets. Higher temperatures are typical for areas without woody and woody shrubby vegetation. The difference in temperature on such variants with asphalt and paving slabs has not been revealed. For a more comfortable human existence, it is recommended to increase the area of landscaping streets with woody, woody and shrubby plants.

**Keywords:** air temperature, city, landscaping, comfort coefficient

**For citation:** Primakov N. V., Finirevsky B. E. The influence of urban landscaping elements on a comfortable human existence in the urban environment // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 153–162.

### Введение

В связи с непрерывным ростом городов в современном мире одним из наиболее актуальных вопросов является комфортное пребывание человека в городской среде. Для повышения комфорта создается необходимая инфраструктура, работают общественные институты, а также проводятся мероприятия по озеленению урбанизированных территорий (Примаков, 2021; Примаков, 2022). По мнению ряда исследователей (Аткина, Москаленко, 2023; Исследование..., 2021; Крекова и др., 2020; Петрянина, Гинза, 2018; Примаков, 2002; Примаков, 2022; Усольцев, Цепордей, 2021),

правильно подобранные древесно-кустарниковые растения на озелененных участках способствуют снижению температуры в пиковые периоды.

Краснодар является одним из южных городов России. Количество жителей – 1 млн 226 тыс. чел. Город расположен в умеренно-континентальном климате. Лето долгое и жаркое, температурный диапазон в этот период колеблется от 25 до 45 °C. По данным Ревича, Малеева (2019), определение жары индивидуально не только для каждой климатической зоны, но и для отдельных городов и тем более мегаполисов.

### Цель, методика и объекты исследования

Целью исследования являются оценка комфортности температурного режима улиц г. Краснодара, формирование предложений по улучшению условий существования человека в урбанизированной среде.

Для получения необходимых для исследования данных была определена температура воздуха, дорожного покрытия на тротуарах и дорожках. Измерения проводились в пятикратной повторности в середине августа 2023 г. Объекты исследований расположены (рисунок) на ул. Ставропольская (№ 1), ул. Новороссийская (№ 2) и ул. Северная (№ 3) г. Краснодара. Критериями различных вариантов являлись наличие или отсутствие древесных и кустарниковых растений, а также материал дорожного покрытия. Такое множество вариантов позволяет провести наглядное сравнение изменчивости температуры в зависимости от рассмотренных критериев.

На объектах исследований закладывались временные пробные площади по следующей схеме:

а) в местах, где отсутствуют зеленые насаждения и дорожное покрытие асфальтовое (А);

б) в местах, где отсутствуют зеленые насаждения и дороги вымощены тротуарной плиткой (П);

в) в местах, где присутствуют только древесные насаждения и дорожное покрытие асфальтовое (Д (А));

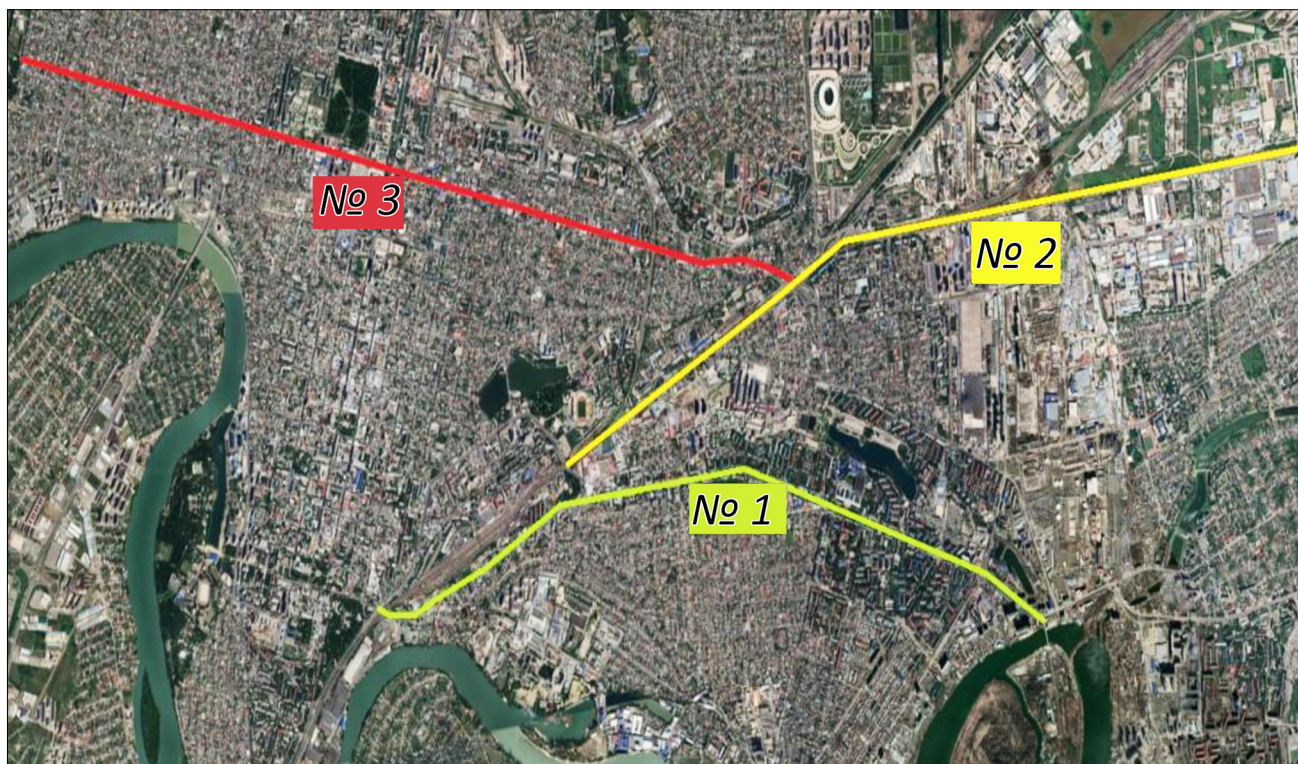
г) в местах, где присутствуют только древесные насаждения и дороги вымощены тротуарной плиткой (Д (П));

д) в местах, где присутствуют только кустарниковые насаждения и дорожное покрытие асфальтовое (К (А));

е) в местах, где присутствуют только кустарниковые насаждения и дороги вымощены тротуарной плиткой (К (П));

ж) в местах, где совместно присутствуют древесные и кустарниковые насаждения и дорожное покрытие асфальтовое (Д+К (А));

з) в местах, где совместно присутствуют древесные и кустарниковые насаждения и дороги вымощены тротуарной плиткой (Д+К (П)).



Расположение объектов исследований г. Краснодара  
Location of research facilities in Krasnodar



Ул. Ставропольская находится в Центральном и Карасунском округах г. Краснодара. Свое начало улица берет на месте пересечения улиц Митрофана Седина и Постовой, у Северо-Восточной окраины городского сада (парка Горького), а оканчивается возле входа в парк развлечений «Солнечный остров». Улица имеет протяженность 6720 м и является одной из важнейших транспортных магистралей города. Отличительной ее чертой является наличие трамвайной сети. Улица облагорожена пешеходными зонами, где на тротуарах находится асфальт или тротуарная плитка. Во многих местах на протяжении улицы имеются древесные и кустарниковые зеленые насаждения.

Ул. Новороссийская находится в Центральном и Карасунском округах г. Краснодара. Свое начало улица берет на перекрестке между стадионом «Кубань» и Вишняковским сквером, а заканчивается пересечением с ул. Симферопольской. Протяженность улицы составляет 7471 м. По левой стороне улицы на всем ее протяжении проходит железная дорога, по которой двигаются товарные и пассажирские поезда.

На ул. Новороссийской есть пешеходные зоны, выложенные тротуарной плиткой или же заасфальтированные, однако наблюдаемые зеленые

насаждения являются единичными и представлены в большинстве своем древесной растительностью.

Ул. Северная находится в Западном и Центральном округах г. Краснодара. Свое начало улица берет возле КубГАУ и пересекается с ул. Академика И. Т. Трубилина, а заканчивается точкой с координатами 45,033077 с.ш. 39,024697 в.д. и плавно переходит здесь в 1-й проезд Филатова. Протяженность улицы составляет 7000 м. Улица является важной транспортной артерией, имеет загруженность до 10 баллов в час пик. Зеленые насаждения представлены здесь в основном древесной растительностью, максимальная их концентрация регистрируется в середине улицы на пересечении с ул. Красная, возле ТЦ «Галерея Краснодар». В целом озеленение улицы недостаточное.

### Результаты и их обсуждение

Результаты измерения температурных режимов на ул. Ставропольской г. Краснодара представлены в табл. 1.

Из таблицы следует, что средняя температура воздуха в дневные часы по вариантам колебалась от 34,0 до 39,0 °С при среднем значении 36,0 °С.

Таблица 1  
Table 1

Результаты измерения температуры на ул. Ставропольской г. Краснодара  
The results of temperature measurement on Stavropol street in Krasnodar

№ ПП № PSP	Вариант опыта Experience	Температура воздуха, °С Air temperature, °C	Температура поверхности дорожного покрытия, °С Surface temperature of the road surface, °C	Коэффициент комфортности Comfort coefficient
1. Начало улицы The beginning of the stree 45,013733 с. ш. п. 1., 38,973784 в. д. е. 1.	Д+К(А)	34,0	34,5	1,62
	Д+К (П)	34,0	34,5	1,62
	Д (А)	35,0	35,5	1,67
	Д (П)	35,0	35,5	1,67
	К (А)	–	–	–
	К (П)	–	–	–
	(А)	39,0	50,0	1,86
	(П)	38,5	50,0	1,83

Окончание таблицы  
The end of table

№ ПП № PSP	Вариант опыта Experience	Температура воздуха, °С Air temperature, °C	Температура поверхности дорожного покрытия, °С Surface temperature of the road surface, °C	Коэффициент комфортности Comfort coefficient
2. Середина улицы The middle of the street 45,021441 с. ш. п. 1., 39,017589 в. д. е. 1.	Д+К (А)	34,0	34,5	1,62
	Д+К (П)	34,0	34,5	1,62
	Д (А)	35,0	35,5	1,67
	Д (П)	35,0	35,5	1,67
	К (А)	–	–	–
	К (П)	–	–	–
	(А)	38,5	50,0	1,83
	(П)	38,0	50,0	1,80
3. Конец улицы End of the street 45,012694 с. ш. п. 1., 39,053670 в. д. е. 1.	Д+К (А)	–	–	–
	Д+К (П)	34,0	34,5	1,62
	Д (А)	–	–	–
	Д (П)	35,5	36,0	1,69
	К (А)	–	–	–
	К (П)	34,0	34,5	1,62
	(А)	38,5	50,0	1,83
	(П)	38,0	50,0	1,80
Среднее значение The average value		36,0	40,3	1,71

Менее жаркие условия отмечены при замере температуры воздуха на вариантах с присутствием древесной и древесно-кустарниковой растительности. Более высокие температуры характерны для участков без древесной растительности. Температурная разница между вариантами составляет 5,0 °С. Такая же тенденция сохраняется и для температуры воздуха поверхности дорожного покрытия. Для этого показателя разброс температур по вариантам составил от 34,5 до 50,0 °С со средним значением 40,3 °С. Температурная разница между вариантами составляет 15,5 °С.

Результаты измерения температурных режимов на ул. Новороссийской г. Краснодара представлены в табл. 2.

Из таблицы следует, что средняя температура воздуха в дневные часы по вариантам колебалась от 34,0 до 41,0 °С при среднем значении 37,0 °С.

Менее жаркие условия отмечены при замере температуры воздуха на вариантах с присутствием древесной и древесно-кустарниковой растительности. Более высокие температуры характерны для участков без древесной растительности. Температурная разница между вариантами составляет 7,0 °С. Температурный диапазон поверхности дорожного покрытия по своим количественным оценкам приближается к рассматриваемому ранее варианту для ул. Ставропольской со средним значением 41,8 °С.

Результаты измерения температурных режимов на ул. Северной г. Краснодара представлены в табл. 3.

Из таблицы следует, что средняя температура воздуха в дневные часы по вариантам колебалась от 34,5 до 41,0 °С при среднем значении 37,2 °С. Менее жаркие условия отмечены при замере



температуры воздуха на вариантах с присутствием древесной и древесно-кустарниковой растительности. Более высокие температуры характерны для участков без древесной растительности. Температурная разница между вариантами составляет 6,5 °С, такая же тенденция сохраняется и для температуры воздуха поверхности дорожного покрытия

тия. Для этого показателя разброс температур по вариантам составил от 35,0 до 50,0 °С со средним значением 41,3 °С. Температурная разница между вариантами составляет 15,0 °С.

Для определения степени комфортности температуры мы предлагаем использовать показатель эффективной температуры.

Таблица 2  
Table 2

Результаты измерения температуры на ул. Новороссийской г. Краснодара  
The results of temperature measurement on Novorossiysk street in Krasnodar

№ ПП № PSP	Вариант опыта Experience	Температура воздуха, °С Air temperature, °C	Температура поверхности дорожного покрытия, °С Surface temperature of the road surface, °C	Коэффициент комфортности Comfort coefficient
1. Начало улицы The beginning of the street 45,021696 с. ш. п. л., 38,997928 в. д. е. л.	Д+К (А)	34,0	34,5	1,62
	Д+К (П)	34,0	34,5	1,62
	Д (А)	–	–	–
	Д (П)	–	–	–
	К (А)	–	–	–
	К (П)	–	–	–
	(А)	41,0	50,0	1,95
	(П)	40,0	50,0	1,90
2. Середина улицы The middle of the street 45,035845 с. ш. п. л., 39,036305 в. д. е. л.	Д+К (А)	–	–	–
	Д+К (П)	34,0	34,5	1,62
	Д (А)	34,5	35,0	1,64
	Д (П)	34,5	35,0	1,64
	К (А)	–	–	–
	К (П)	–	–	–
	(А)	41,0	50,0	1,95
	(П)	40,0	50,0	1,90
3. Конец улицы End of the street 45,041106 с. ш. п. л., 39,086313 в. д. е. л.	Д+К (А)	–	–	–
	Д+К (П)	–	–	–
	Д (А)	34,5	35,0	1,64
	Д (П)	34,5	35,0	1,64
	К (А)	–	–	–
	К (П)	–	–	–
	(А)	41,0	50,0	1,95
	(П)	40,0	50,0	1,90
Среднее значение The average value		37,0	41,8	1,76

Таблица 3  
Table 3

Результаты измерения температуры на ул. Северной г. Краснодара  
The results of temperature measurement on Severnaya Street in Krasnodar

№ ПП № PSP	Вариант опыта Experience	Температура воздуха, °С Air temperature, °C	Температура поверхности дорожного покрытия, °С Surface temperature of the road surface, °C	Коэффициент комфортности Comfort coefficient
1. Начало улицы The beginning of the street 45,047233 с. ш. п. 1, 38,931150 в. д. е. 1.	Д+К (А)	34,5	35,0	1,64
	Д+К (П)	34,5	35,0	1,64
	Д (А)	36,0	36,5	1,71
	Д (П)	36,0	36,5	1,71
	К (А)	–	–	–
	К (П)	–	–	–
	(А)	39,5	50,0	1,88
	(П)	39,0	50,0	1,86
2. Середина улицы The middle of the street 45,040293 с. ш. п. 1, 38,975018 в. д. е. 1.	Д+К (А)	34,0	34,5	1,62
	Д+К (П)	34,0	34,5	1,62
	Д (А)	36,5	37,0	1,74
	Д (П)	36,5	37,0	1,74
	К (А)	–	–	–
	К (П)	–	–	–
	(А)	41,0	50,0	1,95
	(П)	40,0	50,0	1,90
3. Конец улицы End of the street 45,033077 с. ш. п. 1, 39,024697 в. д. е. 1.	Д+К (А)	–	–	–
	Д+К (П)	–	–	–
	Д (А)	36,5	37,0	1,74
	Д (П)	36,5	37,0	1,74
	К (А)	–	–	–
	К (П)	–	–	–
	(А)	40,5	50,0	1,93
	(П)	39,5	50,0	1,88
Среднее значение The average value		37,2	41,3	1,77

Одной из наиболее широко используемых формул аналитического определения эффективной температуры является выражение Миссенарда:

$$ЭТ = t - 0,4 (t - 10) (1 - f/100), \quad (1)$$

где  $t$  – температура сухого термометра, °С;

$f$  – относительная влажность, %.

Также для повышения объективности нашего исследования необходимо использовать различные способы оценки степени комфортности температуры. Поэтому мы предлагаем использовать коэффициент комфортности  $K$ , в основе которого лежит отношение реальной фактической температуры к оптимальной для человека. Для выбора

критерия оценки комфортности температурного режима некоторые ученые рекомендуют пользоваться таблицей теплоощущения человека в зависимости от значений ЭТ (°С) в летний период. Из данных, представленных в такой таблице, следует, что наиболее комфортной для жизнедеятельности человека является температура от +18 до +24 °С. Нами в расчетах оптимальная температура принималась 21 °С.

$$k = \frac{T}{T_{opt}}, \quad (2)$$

где  $T$  – измеренная средняя температура воздуха;

$T_{opt}$  – оптимальная температура для жизнедеятельности человека.

Поскольку при определении уровня комфортности учитывают некоторые микроклиматические показатели (влажность воздуха, скорость ветра), способные вносить поправки в теплоощущение, при определении результата их целесообразно будет включать в расчеты поправочного коэффициента.

Для оценки полученного коэффициента комфортности температуры воздуха нами предлагается оценочная шкала, представленная ниже:

- более 2 – очень жарко;
- 1,5–1,9 – жарко;
- 1,0–1,4 – норма;
- 0,6–0,9 – умеренно тепло;
- 0,2–0,5 – прохладно;
- менее 0,1 – холодно.

Анализ ранжирования коэффициентов комфортности по представленной шкале для объектов исследований, расположенных на улицах г. Краснодара, свидетельствует о категории «жарко» для ул. Ставропольской, для ул. Северной и Новороссийской – «жарко» и «очень жарко». Категория «очень жарко» характерна для вариантов без древесно-кустарниковой растительности, что, в свою очередь, проявляется в более высоких температурах воздуха, дорожного покрытия и неблагоприятно отражается на комфортности существования человека.

Разница в температуре на вариантах без древесно-кустарниковой растительности с дорожным покрытием асфальт и тротуарная плитка не выявлено.

### Выводы

Таким образом, при проведении исследования в теплый период на территории г. Краснодара нами установлено, что более высокие показатели температуры воздуха до 41 °С и дорожного покрытия до 50 °С отмечены для ул. Северной и Новороссийской. Более высокие температуры характерны для участков без древесной и древесно-кустарниковой растительности.

Для более комфортного существования человека рекомендуется увеличить площади озеленения улиц древесными, древесно-кустарниковыми растениями.

### Список источников

- Аткина Л. И., Москаленко Е. В. Особенности озеленения храмового комплекса во имя Преображения Господня Екатеринбург // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 82–94. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.009
- Исследование влияния озеленения Ханоя на эффект городского острова тепла / М. Т. Ле, М. О. Гельманова, И. С. Шукуров [и др.] // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. № 1 (33). С. 35–50. DOI: 10.21869/2311-1518-2021-33-1-35-50
- Крекова Я. А., Залесов С. В., Соловьева М. В. // Ассортимент древесных растений, используемых в зеленом строительстве в северной части Казахстана // Леса России и хозяйство в них. 2020. № 3 (74). С. 27–36.
- Петрянина Л. Н., Гинза Д. И. Влияние озеленения города на жилую застройку в условиях повышенных летних температур // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2018. № 5 (18). С. 211–217.

- Примаков Н. В.* Влияние массивных и полосных лесных насаждений на водный режим и плодородие чернозема обыкновенного Ростовской области : дис. ... канд. с.-х. наук / Примаков Николай Владимирович. Новочеркасск, 2002. 225 с.
- Примаков Н. В.* Перспективность применения древесно-кустарниковых растений в озеленении города Краснодар // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2022. № 1 (385). С. 98–109.
- Примаков Н. В.* Состояние и перспективы объектов озеленения города Краснодара : моногр. Краснодар : Кубан. гос. ун-т, 2021. 171 с.
- Примаков Н. В.* Управление качеством состояния объектов озеленения городов и населенных пунктов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 176. С. 181–190. DOI: 10.21515/1990-4665-176-014
- Ревич Б. А., Малеев В. В.* Изменение климата и здоровье населения России : анализ ситуации и прогнозные оценки. М. : ЛЕНАНД, 2019. 208 с.
- Усольцев В. А., Цепордей И. С.* Пространственно-временное замещение в экологии и проблема адаптации растений в условиях изменения климата // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 4 (79). С. 4–39. DOI: 10.51318/FRET.2021.55.23.001

## References

- Atkina L. I., Moskalenko E. V.* Features of landscaping of the temple complex in the name of the Transfiguration of the Lord of Yekaterinburg // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 82–94. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.009 (In Russ.)
- Investigation of the influence of Hanoi landscaping on the urban heat island effect / *M. T. Le, M. O. Gelmanova, I. S. Shukurov* [et al.] // Biosphere compatibility: man, region, technology. 2021. № 1 (33). P. 35–50. DOI: 10.21869/2311-1518-2021-33-1-35-50 (In Russ.)
- Krekova Ya. A., Zalesov S. V., Solovyova M. V.* Assortment of woody plants used in green construction in the Northern part of Kazakhstan // Forests of Russia and economy in them. 2020. № 3 (74). P. 27–36. (In Russ.)
- Petryanina L. N., Ginza D. I.* The influence of urban greening on residential buildings in conditions of elevated summer temperatures // Education and science in the modern world. Innovation. 2018. № 5 (18). P. 211–217. (In Russ.)
- Primakov N. V.* Quality management of the state of landscaping facilities in cities and settlements // Polythematic network electronic scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2022. № 176. P. 181–190. DOI: 10.21515/1990-4665-176-014 (In Russ.)
- Primakov N. V.* The influence of massive and strip forest plantations on the water regime and fertility of ordinary chernozem of the Rostov region : dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences / Primakov Nikolay Vladimirovich. Novocherkassk, 2002. 225 p.
- Primakov N. V.* The prospects for the use of woody and shrubby plants in landscaping of the city of Krasnodar // Izvestia of higher educational institutions. Forest Magazine. 2022. № 1 (385). P. 98–109. (In Russ.)
- Primakov N. V.* The state and prospects of landscaping facilities in Krasnodar : a monograph. Krasnodar : Kuban State University, 2021. 171 p.
- Revich B. A., Maleev V. V.* Climate change and public health in Russia : Situation analysis and forecast estimates. Moscow : LENAND, 2019. 208 p.
- Usoltsev V. A., Tsepordey I. S.* Spatial and temporal substitution in ecology and the problem of plant adaptation in conditions of climate change // Forests of Russia and economy in them. 2021. № 4 (79). P. 4–39. DOI: 10.51318/FRET.2021.55.23.001 (In Russ.)

## ***Информация об авторах***

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

*Б. Э. Финиревский – студент.*

## ***Information about the authors***

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

*B. E. Finirevsky – student.*

*Статья поступила в редакцию 30.01.2024; принята к публикации 02.02.2024.*

*The article was submitted 30.01.2024; accepted for publication 02.02.2024.*

---

---



Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 163–168.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 163–168.

Научная статья

УДК 630.114.53

DOI: 10.51318/FRET.2024.50.12.017

## ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ ВДОЛЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЕКАТЕРИНБУРГ – НИЖНИЙ ТАГИЛ)

Иван Николаевич Гавва<sup>1</sup>, Наталья Валентиновна Марина<sup>2</sup>,  
Анатолий Витальевич Капралов<sup>3</sup>, Алина Флоритовна Уразова<sup>4</sup>,  
Валерий Зуфарович Нагимов<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Иван Николаевич Гавва,

[gavvaivan@bk.ru](mailto:gavvaivan@bk.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты оценки фитотоксичности почв в полосе отвода Свердловской железной дороги на участке Екатеринбург – Нижний Тагил. Этот показатель определялся методом биотестирования. В качестве тест-культуры использовалась одноклеточная зеленая водоросль *Chlorella vulgaris* Beijer. Пробы почвы отбирались вдоль железной дороги на разном удалении от нее: перед защитной лесной полосой (первый объект), за защитной лесной полосой (второй объект) и на расстоянии 500 м от дороги (третий, контрольный объект). На каждом объекте взятие образцов почвы производилось на трех участках, отстоящих друг от друга на расстояние 50 м. Установлено, что во всех исследуемых образцах наблюдается эффект стимуляции ростовых функций тест-культуры *Chlorellavulgaris* Beijer и явление агрегации ее клеток. При этом отмечается тенденция увеличения степени фитотоксичности почв в полосе отвода железной дороги по сравнению с таковой на контроле.

ЗЛП выступает преградой распространению загрязняющих веществ, защищая от них прилегающие со стороны поля территории: перед защитной лесной полосой с путевой стороны почвы характеризуются как токсичные, а за полосой – как слаботоксичные.

**Ключевые слова:** железные дороги, полоса отвода, почвы, биотестирование, фитотоксичность

**Для цитирования:** Фитотоксичность почв вдоль железных дорог Свердловской области (на примере участка Екатеринбург – Нижний Тагил) / И. Н. Гавва, Н. В. Марина, А. В. Капралов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 163–168.

Scientific article

## PHYTOTOXICITY OF SOILS ALONG RAILROADS IN THE SVERDLOVSK REGION (ON THE EXAMPLE OF THE SECTION OF YEKATERINBURG – NIZHNY TAGIL)

Ivan N. Gavva<sup>1</sup>, Natalia V. Marina<sup>2</sup>, Anatoly V. Kapralov<sup>3</sup>,  
Alina F. Urazova<sup>4</sup>, Valery Z. Nagimov<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Ivan N. Gavva,  
gavvaivan@bk.ru

**Abstract.** The article presents the results of phytotoxicity assessment of soils in the right-of-way of the Sverdlovsk railroad on the Yekaterinburg – Nizhny Tagil section. This indicator was determined by the method of biotesting. The unicellular green alga *Chlorella vulgaris* Beijer was used as a test culture. Soil samples were taken along the railroad at different distances from it: in front of the protective forest strip (first site), behind the protective forest strip (second site) and at a distance of 500 m from the road (third, control site). At each site, soil samples were collected from three plots 50 m apart. It was found that in all the studied samples the effect of stimulation of growth functions of the test-culture *Chlorella vulgaris* Beijer and the phenomenon of aggregation of its cells were observed. At the same time, there is a tendency to increase the degree of phytotoxicity of soils in the railroad right-of-way compared to the control soil.

FFA acts as a barrier to the spread of pollutants, protecting from them the adjacent territories from the field side: in front of the protective forest belt from the track side, the soils are characterized as toxic, and behind the belt – as slightly toxic.

**Keywords:** railroads, right-of-way, soils, biotesting, phytotoxicity

**For citation:** Phytotoxicity of soils along railroads in the Sverdlovsk region (on the example of the section of Yekaterinburg – Nizhny Tagil) / I. N. Gavva, N. V. Marina, A. V. Kapralov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 163–168.

### Введение

Железнодорожный транспорт является одним из постоянных источников загрязнения окружающей среды. Его экологическое преимущество заключается лишь в небольшом количестве вредных выбросов на единицу выполняемой работы. При сгорании топлива в дизельных двигателях локомотивов, истирании материалов транспортных средств, а также утечках грузов в окружающую среду (в атмосферу, гидросферу, почву) попадают токсичные вещества, которые оказывают негативное влияние на состояние растительности, животных организмов и человека. Содержащиеся в выбросах тяжелые металлы, углеводороды и некоторые другие экотоксиканты из-за их устойчивости и низкой способности к биологическому

разложению накапливаются в почве, где они могут оставаться в течение многих лет и приносить значительный ущерб экосистемам.

В этой связи актуальной задачей является определение фитотоксичности почв в полосе отвода железных дорог. Полученные при этом результаты необходимы для оценки влияния данного фактора на рост и состояние защитных лесных полос (ЗЛП) и обоснования их параметров, оптимальных по снижению негативных последствий от токсичных выбросов железнодорожного транспорта.

### Объекты и методика исследования

Объектом исследований явились почвы в полосе отвода Свердловской железной дороги на участке Екатеринбург – Нижний Тагил. Созданные ЗЛП

имеют ширину от 5 до 12 м. Расстояние от оголовка рельса железной дороги до ЗЛП варьирует в пределах 9–20 м. Для достижения поставленной цели отбирались пробы почвы вдоль железной дороги на разном удалении от нее: перед защитной лесной полосой (первый объект), за защитной лесной полосой (второй объект) и на расстоянии 500 м от дороги (третий, контрольный объект). На каждом объекте взятие образцов почвы производилось на трех участках, отстоящих друг от друга на расстояние 50 м. Формирование смешанного образца на них осуществлялось с учетом соответствующих рекомендаций (ГОСТ 17.4.4.02–2017). Смешанным образцам присваивался номер, состоящий из двух цифр: первая, римская – номер объекта; вторая, арабская – номер участка. Таким образом, смешанные образцы почвы перед защитной полосой имели номера I-1, I-2, I-3, за защитной полосой – II-1, II-2, II-3, на контрольном объекте – III-1, III-2, III-3.

Определение фитотоксичности почвы осуществлялось методом биотестирования (ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04). Для его проведения готовились водные вытяжки из почвы в соотношении 1 часть почвы и 4 части дистиллированной воды. Почвенная суспензия встряхивалась в течение 2 ч, отстаивалась и фильтровалась. Метод основан на сопоставлении суточного увеличения количества клеток тест-культуры в опытном и контрольном вариантах. В качестве тест-культуры использовалась одноклеточная зеленая водоросль *Chlorella vulgaris* Beijer. Численность клеток определялась по оптической плотности суспензии водоросли при длине волны 670 нм.

Критерием токсичности испытуемого образца является снижение на 20 % и более (подавление роста) или увеличение на 30 % и более (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 24 ч на тестируемой воде или водной почвенной вытяжке, по сравнению с ее ростом на контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде.

Процесс биотестирования проводился на фитотестере при следующих условиях: температура 34–36 °С, освещенность 80 Вт/м<sup>2</sup>, скорость вращения кассеты с тестируемыми образцами 30 об/мин.

Уровень токсичности образца (водной почвенной вытяжки) устанавливался на основе токсикологических характеристик через величину биологически безопасного разбавления с учетом данных табл. 1.

Таблица 1  
Table 1

Токсикологические характеристики качества испытуемой воды (водной вытяжки)  
Toxicological characteristics of test water quality (water extract)

Величина разбавления тестируемой воды, при которой превышен коэффициент токсичности Dilution value of the test water at which the toxicity factor is exceeded	Степень токсичности Degree of toxicity
1 (без разбавления) 1 (without dilution)	Слаботоксичная Mildly toxic
3	Среднетоксичная Moderately toxic
9	Токсичная Toxic
27	Сильнотоксичная Highly toxic
81	Гипертоксичная Hypertoxic

С этой целью из результатов биотестирования разведений пробы воды, кратных трем, выбиралось то разбавление, для которого рассчитанный коэффициент токсичности превышал значение 0,2 (подавление роста) или 0,3 (стимуляция роста).

### Результаты и их обсуждение

При тестировании водных почвенных вытяжек токсическое действия на тест-культуру, помимо изменения ростовых процессов, может также проявляться в агрегации клеток водоросли (Шавнин и др., 2013; Фитотоксичность..., 2019), что сопровождается образованием в анализируемой суспензии бесцветных или зеленых комочков.

Результаты биотестирования показали, что во всех исследуемых образцах наблюдаются эффект стимуляции ростовых функций тест-культуры

*Chlorella vulgaris* Beijer и явление агрегации ее клеток. Однако оптическая плотность хлореллы в тестируемых образцах заметно различается. Наибольшие значения этого показателя характерны для образцов первого объекта (I-1, I-2, I-3). Наблюдается тенденция снижения численности клеток хлореллы в образцах первого и второго объектов относительно численности контрольных. Это свидетельствует об увеличении фитотоксичности почв в полосе отвода железной дороги, особенно перед защитной лесной полосой с путевой стороны.

Степень токсичности почв, установленная на основе токсикологических характеристик, в разрезе тестируемых образцов показана в табл. 2.

Таблица 2  
Table 2

Степень токсичности почв  
Degree of soil toxicity

Образец	Степень токсичности Degree of toxicity
I-1	Токсичная Toxic
I-2	Токсичная Toxic
I-3	Среднетоксичная moderately toxic
II-1	Слаботоксичная Slightly toxic
II-2	Среднетоксичная Moderately toxic
II-3	Слаботоксичная Slightly toxic
III-1	Слаботоксичная Slightly toxic
III-2	Слаботоксичная Slightly toxic
III-3	Среднетоксичная Slightly toxic

Данные табл. 2 свидетельствуют о негативном влиянии железнодорожного транспорта на состояние почвы прилегающих территорий. Такие сведения приводятся и другими исследователями (Ижова, 2016). Полученные материалы свидетельствуют, что на первом и втором участках первого объекта почва характеризуется как токсичная, а на третьем – как среднетоксичная. На втором (за полосой) и третьем (на удалении 500 м от дороги) объектах фитотоксичность почвы значительно ниже. По степени токсичности здесь почвы относятся в основном к категории слаботоксичных.

### Выводы

Результаты проведенных исследований позволяют сделать заключение, что железнодорожный транспорт оказывает существенное влияние на состояние почв прилегающих территорий. От выбрасываемых при его функционировании вредных веществ в окружающую среду почвы в полосе отвода железной дороги становятся фитотоксичными.

Токсичность почв наиболее высока в зоне между дорогой и ЗЛП. ЗЛП выступает преградой распространению загрязняющих веществ, защищая от них прилегающие со стороны поля территории. Логично предположить, что защитные функции полос будут определяться их конструктивными и лесоводственно-таксационными характеристиками. Поэтому дальнейшие исследования в этом направлении должны быть направлены на выявление оптимальных характеристик ЗЛП не только по снегозадержанию, но и по снижению негативных последствий от токсичных выбросов железнодорожного транспорта.

### Список источников

ГОСТ 14.4.4.02–2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа (введен в действие Приказом Росстандарта от 17.04.2018. № 202-ст). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200158951> (дата обращения: 09.01.2024).

Ижова К. Ф. Оценка фитотоксичности почвы в защитных лесных полосах вблизи автодороги Екатеринбург – Полевской // Молодой ученый. 2016. № 15 (119). С. 260–262.

- ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04. Токсикологические методы контроля. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). М. : МПР России, 2004. 25 с.
- Фитотоксичность почв сосновых древостоев в условиях аэротехногенного загрязнения / Н. В. Марина, А. С. Попов, Ю. Р. Касимова, М. В. Кученкова // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 1 (68). С. 31–37.
- Шавнин С. А., Марина Н. В., Голиков Д. Ю. Оценка фитотоксичности техногенных отходов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (42). С. 204–206.

### References

- GOST 14.4.4.02–2017. Interstate standard. Nature protection. Soils. Methods of selection and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis (enacted by the Order of Rosstandart from 17.04.2018. № 202-st). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200158951> (accessed 09.01.2024). (In Russ.)
- Izhova K. F. Assessment of soil phytotoxicity in protective forest strips near the Yekaterinburg-Polevskoy highway // Young Scientist. 2016. № 15 (119). P. 260–262. (In Russ.)
- PDP F T 14.1:2:3:4.10-04. Toxicological methods of control. Methodology for determination of toxicity of samples of surface fresh, ground, drinking, waste water, aqueous extracts from soil, sewage sludge and waste by change of optical density of *Chlorella algae* (*Chlorella vulgaris* Beijer) culture. Moscow : Ministry of Natural Resources of Russia, 2004. 25 p.
- Phytotoxicity of soils of pine stands in conditions of aerotechnogenic pollution / N. V. Marina, A. S. Popov, Y. R. Kasimova, M. V. Kuchenkova // Forests of Russia and management in them. 2019. № 1 (68). P. 31–37. (In Russ.)
- Shavnin S. A., Marina N. V., Golikov D. Yu. Assessment of phytotoxicity of technogenic wastes // Izvestiya Orenburgskogo state agrarian university. 2013. № 4 (42). P. 204–206. (In Russ.)

### Информация об авторах

- И. Н. Гавва – аспирант,  
gavvaivan@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9743-7879>
- Н. В. Марина – кандидат химических наук, доцент,  
marinanv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2641-2981>;
- А. В. Капралов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
capralovav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6058-2661>
- А. Ф. Уразова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>
- В. З. Нагимов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
nagimovvz@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6853-2375>

### Information about authors

- I. N. Gavva – postgraduate student,  
gavvaivan@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9743-7879>
- N. V. Marina – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,  
marinanv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2641-2981>



*A. V. Kapralov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
capralovav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6058-2661>*

*A. F. Urazova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>*

*V. Z. Nagimov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
nagimovvz@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6853-2375>*

*Статья поступила в редакцию 09.01.2024; принята к публикации 02.03.2024.*

*The article was submitted 09.01.2024; accepted for publication 02.03.2024.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 169–178.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 169–178.

Научная статья

УДК 631.4

DOI: 10.51318/FRET.2024.87.56.018

## СРАВНЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ ГРУНТОВ, РАЗВИВАЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ЛЕСНОГО ФОНДА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Артем Сергеевич Попов<sup>1</sup>, Наталья Валентиновна Марина<sup>2</sup>,  
Альбина Флоритовна Галиулина<sup>3</sup>, Михаил Юрьевич Захаров<sup>4</sup>,  
Лусине Аветиковна Мелконян<sup>5</sup>, Ксения Руслановна Калиева<sup>6</sup>,  
Айгуль Насимовна Гайсина<sup>7</sup>, Денис Александрович Ивлев<sup>8</sup>

<sup>1-3, 5-7</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>4, 8</sup> Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Артем Сергеевич Попов,  
popovas@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Результатом химических исследований почвенного грунта, сформированного на основе верхового торфа и использованного в качестве субстрата для создания газонов в условиях г. Нового Уренгоя рядом с крупными автомобильными дорогами, а также в жилой зоне Южно-Русского нефтегазоконденсатного месторождения в границах лесного фонда Красноселькупского лесничества, куда въезд автотранспорта строго ограничен, стало получение данных о том, что показатель рН грунтов урбанизированных территорий сдвигается в сторону слабокислой и нейтральной среды, в то время как аналогичный показатель, определенный для того же грунта, находившегося за пределами городской территории, продолжает оставаться на среднекислом уровне. Похожий эффект для городских почв был зафиксирован нами ранее в г. Надыме. Кроме того, статья содержит сведения о содержании в описанных грунтах гумуса и доступных растениям форм азота, фосфора и калия через 5 лет после эксплуатации почв в разных условиях.

**Ключевые слова:** почвенные грунты, Новый Уренгой, Красноселькупское лесничество, Ямало-Ненецкий автономный округ, водородный показатель солевой вытяжки (рН), плодородие почв, антропогенное воздействие

**Для цитирования:** Сравнение почвенных грунтов, развивающихся в условиях урбанизированных территорий и лесного фонда Ямало-Ненецкого автономного округа / А. С. Попов, Н. В. Марина, А. Ф. Галиулина [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 169–178.

Scientific article

## COMPARISON OF ARTIFICIAL SOILS DEVELOPING IN CONDITIONS OF URBANIZED TERRITORIES AND THE FOREST FUND OF THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

Artyom S. Popov<sup>1</sup>, Natalia V. Marina<sup>2</sup>, Albina F. Galiulina<sup>3</sup>, Mikhail Yu. Zakharov<sup>4</sup>, Lusine A. Melkonyan<sup>5</sup>, Ksenia R. Kalieva<sup>6</sup>, Aigul N. Gaisina<sup>7</sup>, Denis A. Ivlev<sup>8</sup>

<sup>1-3, 5-7</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>4, 8</sup> Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Artyom S. Popov,  
popovas@m.usfeu.ru

**Abstract.** Chemical studies have been carried out with the artificial soils formed on the basis of peat and used as a substrate for creating lawns in the conditions of Novy Urengoy near major highways, as well as in the residential area of the South Russian oil and gas condensate field within the forest fund of the Krasnoselkup forestry, where the entry of vehicles is strictly limited. The main result is the pH of artificial soils in urbanized areas is shifting towards a slightly acidic and neutral level, while a similar indicator determined for the same artificial soil located outside the urban area continues to remain at the average acidic level. A similar effect for urban soils was recorded earlier in Nadym. In addition, the article contains information about humus in the artificial soils and forms of nitrogen, phosphorus and potassium available to plants 5 years after their operation in different conditions.

**Keywords:** artificial soils, Novy Urengoy, Krasnoselkupsкое forestry, Yamalo-Nenets Autonomous District, hydrogen index of salt extract (pH), soil fertility, human impact

**For citation:** Comparison of artificial soils developing in conditions of urbanized territories and the forest fund of the Yamalo-Nenets autonomous district / A. S. Popov, N. V. Marina, A. F. Galiulina [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 169–178.

### Введение

Исследования проводились в границах г. Новый Уренгой возле объектов, принадлежащих АО «Севернефтегазпром», а также на Южно-Русском нефтегазоконденсатном месторождении, эксплуатируемом указанной добывающей компанией, в окружении лесного фонда Ямало-Ненецкого автономного округа (Красноселькупское лесничество).

За пять лет до проведения научного исследования с целью последующего озеленения участков, прилегающих к объектам АО «Севернефтегазпром» в г. Новом Уренгое, а также жилой зоны Южно-Русского нефтегазоконденсатного месторождения работниками административно-хозяйственной части компании производилась подготовка плодородного почвенного грунта. Грунт

получали смешением 70–80 % массы местного верхового торфа, заготовленного на прилегающих сфагновых болотах, с 20–30 % массы песка в соответствии с требованиями разработанных ранее для данного региона методических рекомендаций (Агротехника выращивания..., 2017). При этом следует отметить, что при формировании плодородного почвенного грунта рабочими игнорировалось важное требование, связанное с внесением в готовящиеся грунты каких-либо раскислителей. После формирования слой искусственного почвенного плодородного грунта мощностью до 15 см наносился на георешетку, заранее расстеленную поверх отсыпанных песчаных грунтов по всей территории обустраиваемых участков, расположенных как в г. Новом Уренгое, так и на месторождении. Впоследствии на поверхности

плодородных почвенных грунтов во всех случаях был выполнен посев газонных трав одинаковыми травосмесями с преобладанием в составе клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) и мятлика лугового (*Poa pratensis* L.). После пяти лет эксплуатации этих газонов на открытых участках городских территорий и лесного фонда один и тот же газон имел разный вид (рис. 1).

На большей части территории жилой зоны Южно-Русского нефтегазоконденсатного место-

рождения клевер ползучий и мятлик луговой были вытеснены болотными видами.

Отбор и сравнение искусственного почвенного грунта, развивавшегося в условиях урбанизированных территорий крупного северного города и на значительном удалении от него в окружении естественных природных экосистем на землях лесного фонда, производились в процессе оценки качества газона, сформировавшегося в обеих локациях.



*a*



*б*

Рис. 1. Одинаковый газон, посеянный пять лет назад на одном и том же искусственном почвенном грунте в условиях г. Нового Уренгоя (*a*) и Южно-Русского нефтегазоконденсатного месторождения (Красноселькупское лесничество) (*б*)

Fig. 1. The same lawn sown five years ago on the same artificial soil in the conditions of Novy Urengoy (*a*) and the Yuzhno-Russian oil and gas condensate field (Krasnoselkupskoeye forestry) (*б*)

### Методика отбора и исследования грунтов

Рядом с главным офисным зданием АО «Севернефтегазпром» в г. Новом Уренгое был выполнен отбор двух объединенных проб почвенного грунта (первая – на участках газонов на перекрестке улиц 70-летия Октября и Дружбы Народов; вторая – на газонах в ограде участка, прилегающего к зданию с адресом мкр. Олимпийский, 11). Для формирования каждой объединенной пробы брались пять точечных проб почвенного грунта (почвогрунта).

Размещение точек отбора проб рядом с офисным зданием АО «Севернефтегазпром» в г. Новом Уренгое представлено на рис. 2 (точечные пробы 1-1-1-5 взяты за границами ограды участка здания, расположенного по адресу мкр. Олимпийский, 11;

точечные пробы 2-1-2-5 – в границах ограды соответственно).

Поскольку повсеместно на территории, прилегающей к главному офису АО «Севернефтегазпром», почвогрунт располагается на георешетке, отбор точечных проб производился из 10-сантиметрового слоя почвогрунта (рис. 3) при помощи совка, отобранная проба при этом помещалась в отдельный пакет.

Далее был произведен отбор точечных проб почвенного грунта в границах жилой зоны Южно-Русского нефтегазового месторождения. Учитывая тот факт, что данный объект занимает значительную площадь, было отобрано десять точечных проб. Расположение мест отбора представлено на рис. 4 (точечные пробы 3-1-3-10).



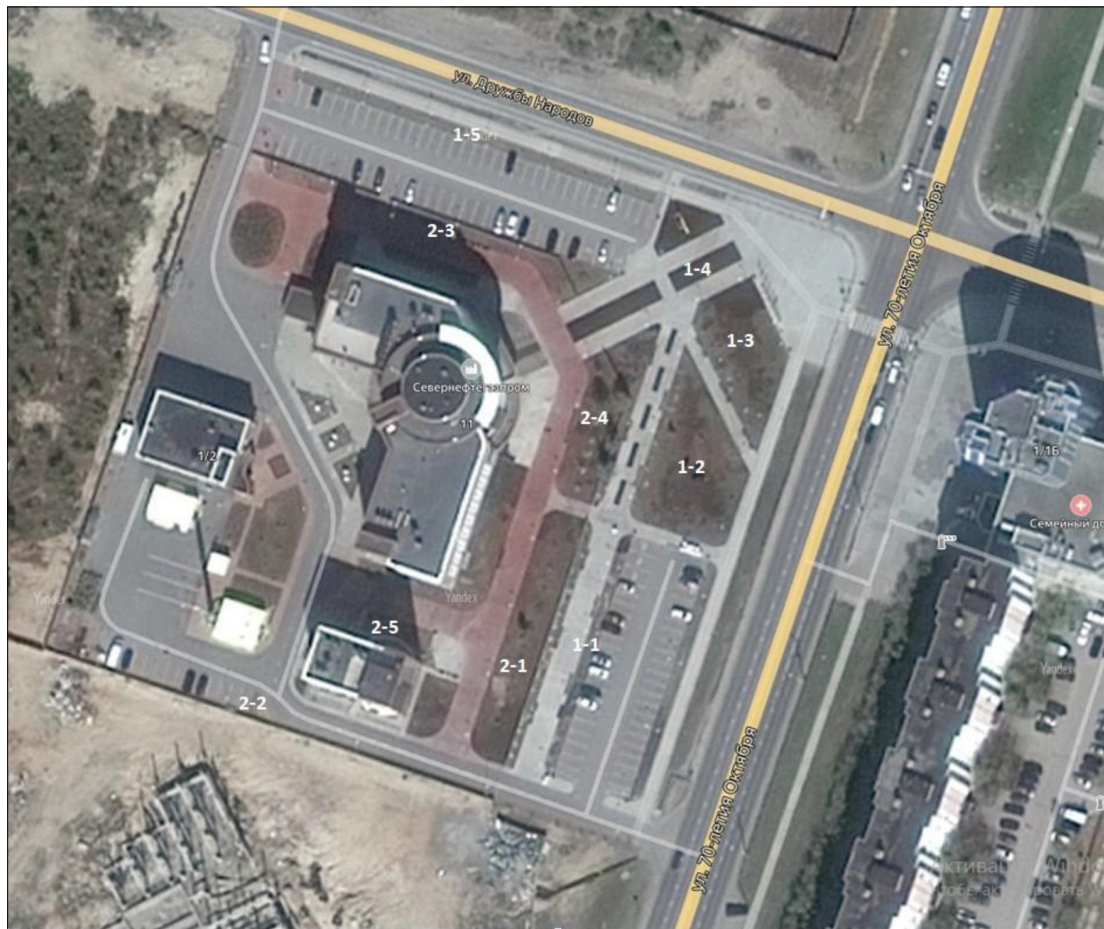


Рис. 2. Расположение мест отбора точечных проб почвогрунтов рядом с офисом ОАО «Севернефтегазпром» в г. Новом Уренгое  
 Fig. 2. Location of soil sampling sites near the office of JSC Severneftegazprom in Novy Urengoy

Также точечные пробы почвогрунта отбирались на газонах, расположенных рядом со зданием АО «Севернефтегазпром» по адресу ул. Губкина, 26. Всего было отобрано две точечные пробы почвогрунтов. Расположение мест отбора представлено на рис. 5 (точечные пробы 4-1–4-2).

Отобранные точечные пробы грунта доставлялись в г. Екатеринбург, где высушивались до воздушно-сухого состояния, впоследствии из них удалялись крупные органические частицы и мусор путем просеивания через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Для каждого из четырех участков готовили по одному усредненному образцу почвенного грунта путем отбора из соответствующих точечных проб одинаковой массы грунта, помещения его в объединенную пробу и тщательного перемешивания.

Номер 1 был присвоен усредненному образцу грунта, собранному из точечных проб, взятых на газонах перекрестка улиц 70-летия Октября и Дружбы Народов в г. Новом Уренгое; № 2 – усредненному образцу грунта, собранному из точечных проб, взятых на газонах, расположенных в ограде участка, прилегающего к офисному зданию АО «Севернефтегазпром» в г. Новом Уренгое (мкр. Олимпийский, 11); № 3 – усредненному образцу грунта, собранному из точечных проб, взятых на территории жилой зоны Южно-Русского нефтегазоконденсатного месторождения, № 4 – усредненному образцу грунта, собранному из точечных проб, взятых на газонах рядом со зданием АО «Севернефтегазпром», расположенным по адресу г. Новый Уренгой, ул. Губкина, 26.

Для усредненных образцов грунта определяли pH солевой (KCl) вытяжки, содержание доступных



для растений элементов минерального питания (водорастворимый калий, подвижный фосфор, азот нитратов) и гумуса. Все определения проводились в двух параллельных измерениях.

Водородный показатель солевой вытяжки ( $pH_{KCl}$ ) определяли потенциометрическим методом в соответствии с требованиями государственного стандарта (ГОСТ 26483–85).

Содержание водорастворимого калия (в пересчете на  $K_2O$ ) определяли ионометрическим методом с калий-селективным электродом (ГОСТ 27753.6–88), количество азота нитратов ( $N/NO_3$ ) – ионометрическим методом с нитрат-селективным электродом (ГОСТ 26951–86).

Определение подвижных соединений фосфора (в пересчете на  $P_2O_5$ ) проводили фотометрически по образованию фосфорно-молибденовой сини по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650–2011; Практикум..., 1989).

Определение гумуса проводили по методу Тюрина с использованием в качестве индикатора фенилантраниловой кислоты (Практикум..., 1989; Аринушкина, 1970).



Рис. 3. Слой почвогрунта, расположенного на георешетке, имеет среднюю мощность 10 см  
Fig. 3. The soil layer located on the geogrid has an average thickness of 10 cm



Рис. 4. Расположение мест отбора точечных проб почвогрунтов на территории жилой зоны Южно-Русского нефтегазового месторождения  
Fig. 4. Location of the sites for sampling of spot soil samples in the residential area of the Yuzhno-Russian oil and gas field

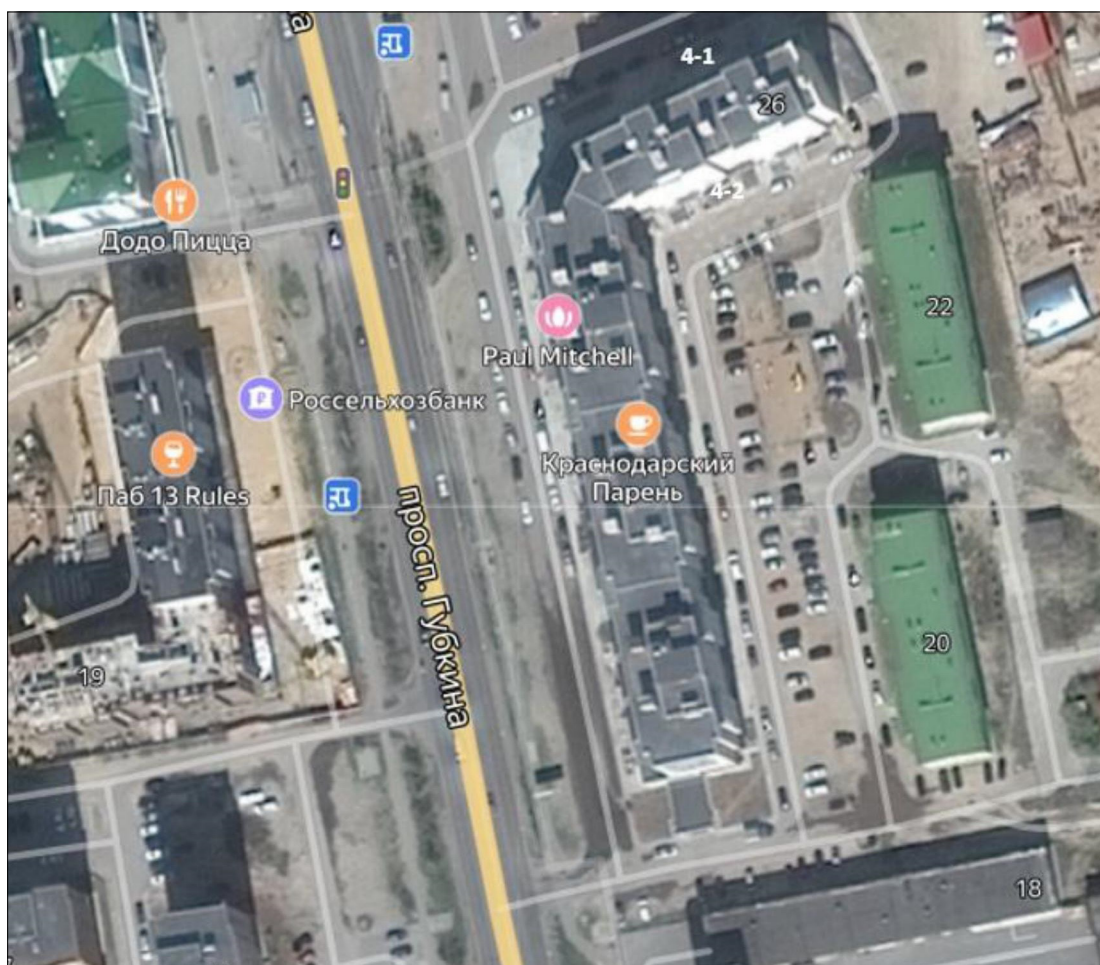


Рис. 5. Расположение мест отбора точечных проб почвогрунтов на газонах рядом со зданием, находящимся по адресу ул. Губкина, 26

Fig. 5. Location of soil sampling sites on lawns next to the building located at Gubkin str., 26

### Результаты и их обсуждение

Результаты выполненных лабораторных исследований четырех объединенных проб почвенных грунтов представлены в табл. 1.

Данные, содержащиеся в табл. 1, свидетельствуют о том, что почвогрунты, отобранные на Южно-Русском месторождении (участок № 3), демонстрируют наличие кислой реакции среды (4,24), что характерно для почв и почвогрунтов, развивающихся в условиях тундры, лесотундры и северной подзоны тайги. Учитывая тот факт, что, по свидетельствам сотрудников компании, почвенные грунты в границах жилой зоны Южно-Русского месторождения изначально наносились на отсыпанную на лесном фоне песчаную площадку, было ожидаемо получить именно такие значения pH. Однако почвогрунты, отобранные

в г. Новом Уренгое в непосредственной близости от офисных зданий АО «Севернефтегазпром», продемонстрировали показатели pH, характерные для слабокислой среды, т. е. более приближенные к нейтральному значению (для участков № 1, 2 и 4 они оказались равными соответственно 6,28; 5,36 и 5,98). Полученный результат в очередной раз зафиксировал наличие закономерности, которая отмечалась ранее при проведении исследований почв (почвенных грунтов) в населенных пунктах ЯНАО: чем ближе участок располагается к путям движения автотранспорта, тем больший сдвиг наблюдается у показателя pH почв (почвенных грунтов) в сторону нейтральной или даже щелочной среды (Состояние..., 2016). Более высокие показатели pH почвогрунтов, отобранных на участках в г. Новом Уренгое, являются маркером того,



Таблица 1  
Table 1

Результаты химического анализа объединенных образцов почвенных грунтов, отобранных на обследуемых участках  
The results of chemical analysis of combined soil samples taken from the surveyed sites

Участок отбора грунта The site of soil sampling	рН <sub>KCl</sub>	Содержание Content			
		К <sub>2</sub> O, мг/кг mg/kg	N/NO <sub>3</sub> , мг/кг mg/kg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг mg/kg	Гумус, % Humus, %
Участок № 1 Region № 1	6,28	19	3,30	174	24,9
Участок № 2 Region № 2	5,36	19	3,20	218	17,1
Участок № 3 Region № 3	4,24	Следы	< 2,80	25	2,0
Участок № 4 Region № 4	5,98	18	3,20	197	21,3

что данные территории находятся под значительным антропогенным воздействием по сравнению с территорией жилой зоны Южно-Русского месторождения.

Содержание гумуса, подвижного фосфора и растворимого калия в пробах почвогрунтов, отобранных на газонах в г. Новом Уренгое в разы выше, чем в пробах почвогрунтов, отобранных на месторождении. Содержание нитратного азота в грунтах, взятых рядом с офисом АО «Севернефтегазпром», также выше, чем у отобранных на месторождении. Данный результат предварительно может быть объяснен тем, что в газоны, расположенные на территории, прилегающей к городским зданиям компании, с определенной степенью регулярности вносятся подкормки, тогда как почвогрунты, нанесенные несколько лет назад на газоны жилой зоны Южно-Русского нефтегазового месторождения, никогда после нанесения не подкармливались. Однако тот факт, что схожие результаты ранее были получены в г. Надыме для почв парка имени Е. Ф. Козлова, чья территория, так же как и территория городских участков АО «Севернефтегазпром», находится в окружении автомобильных дорог, может свидетельствовать о влиянии автотранспорта на смещение показателей рН почв (почвогрунтов) в городских условиях в сторону нейтральных значений.

Для того чтобы сделать вывод об уровне плодородия почвогрунтов, отобранных на четырех участках, требуется сравнить показатели содержания в них доступных для растений форм калия, азота и фосфора (см. табл. 1) с данными табл. 2 (Практикум..., 1989).

Таблица 2  
Table 2

Уровни обеспеченности почв  
элементами питания  
Levels of soil supply with nutrients

Уровни Levels	К <sub>2</sub> O, мг/кг mg/kg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг mg/kg	N/NO <sub>3</sub> , мг/кг mg/kg
Низкий Low	60–120	57–114	10–20
Средний Average	120–240	114–230	20–40
Высокий Tall	240–300 и более	230–286	40–50 и более

Результаты химического анализа свидетельствуют в пользу того, что плодородие почвогрунтов, пробы которых были отобраны в границах г. Нового Уренгоя (участки № 1, 2 и 4), может быть оценено по содержанию калия и нитратного азота как низкое, а по содержанию фосфора – как среднее. Почвы нуждаются в более регулярном внесении удобрений.

Сравнение значений содержания доступных для растений форм важнейших элементов минерального питания в почвогрунтах участка № 3 с нормативными однозначно указывает на их очень низкое содержание.

### Выводы

Проведенное исследование одинаковых почвогрунтов, сформированных пять лет назад на основе верхового торфа и нанесенных как основа для создания одинаковых газонов в условиях г. Нового Уренгоя и в жилой зоне Южно-Русского нефтегазоконденсатного месторождения (в окружении земель лесного фонда), куда доступ автотранспорта невозможен, позволило сделать следующие предварительные выводы.

1. Так же, как ранее в г. Надыме, зафиксирован сдвиг показателя рН в сторону слабокислой и нейтральной среды у почвогрунтов, отобранных в границах крупного северного города (Новый Уренгой) рядом с оживленными автотрассами. Напротив, у почвогрунта, взятого на площади, свободной от влияния автотранспорта, реакция почвенной среды оказалась среднекислой.

2. Среди вероятных причин зафиксированного сдвига показателя рН почвогрунтов в городских

условиях можно назвать регулярное внесение в них подкормок и влияние выбросов автомобильного транспорта.

3. Возможно, сдвиг значения водородного показателя солевой вытяжки в сторону слабокислой или нейтральной реакции может использоваться в качестве индикатора для оценки интенсивности антропогенного воздействия на почвогрунты в условиях Ямало-Ненецкого автономного округа.

4. Нераскисленные должным образом на этапе формирования плодородные почвенные грунты без регулярного внесения в них подкормок быстро утрачивают свои полезные свойства и становятся непригодными для формирования на них газонов, поскольку уровень содержания в них доступных растениям форм азота, калия и фосфора очень низкий.

5. Напротив, в условиях г. Нового Уренгоя изначально нераскисленные должным образом почвенные грунты в результате посева на них газонных смесей с преобладанием в составе клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) и мятлика лугового (*Poa pratensis* L.) и регулярного внесения подкормок через пять лет после нанесения продемонстрировали достаточный для северных территорий уровень плодородия.

### Список источников

- Агротехника выращивания растений в Ямало-Ненецком автономном округе : метод. рекомендации для учреждений и подразделений, занимающихся строительством и благоустройством территории в населенных пунктах. СПб. : СПб. гос. лесотехн. ун-т им. С. М. Кирова, 2017. 40 с.
- Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. 491 с.
- ГОСТ 26483–85. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023490> (дата обращения: 01.05.2024).
- ГОСТ 27753.6–88. Грунты тепличные. Методы определения водорастворимого калия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023540> (дата обращения: 01.05.2024).
- ГОСТ 26951–86. Почвы. Определение нитратов потенциометрическим методом. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023499> (дата обращения: 01.05.2024).
- ГОСТ Р 54650–2011. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094361> (дата обращения: 01.05.2024).
- Практикум по агрохимии / под ред. В. Г. Минеева. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1989. 304 с.
- Состояние и динамика свойств глеево-подзолистых почв в условиях антропогенеза (на примере парка им. Е. Ф. Козлова в городе Надым, Ямало-Ненецкий автономный округ) / А. С. Попов, В. Н. Луганский, Н. В. Луганский, Н. С. Ненашев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (137). С. 63–67.

## References

- Agrotechnics of plant cultivation in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug : Methodological recommendations for institutions and departments engaged in the construction and landscaping of the territory in settlements. St. Petersburg : St. Petersburg State Forest Engineering University named after S. M. Kirov, 2017. 40 p.
- Arinushkina E. V.* Handbook of chemical analysis of soils. Moscow : Publishing House of Moscow University, 1970. 491 p.
- GOST 26483–85. Preparation of salt extract and determination of its pH by the TSINAO method. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023490> / (accessed 05.01.2024). (In Russ.)
- GOST 27753.6–88. Greenhouse soils. Methods for the determination of water-soluble potassium. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023540> / (accessed 05.01.2024) (In Russ.)
- GOST 26951–86. Soils. Determination of nitrates by the potentiometric method. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023499> (accessed 05.01.2024) (In Russ.)
- GOST R 54650–2011. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by the Kirsanov method in the modification of the TSINAO. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094361> (accessed 05.01.2024) (In Russ.)
- The state and dynamics of the properties of gleevo-podzolic soils in conditions of anthropogenesis (on the example of the park named after E. F. Kozlov in the city of Nadym, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug) / *A. S. Popov, V. N. Lugansky, N. V. Lugansky, N. S. Nenashev* // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2016. № 3 (137). P. 63–67. (In Russ.)
- Workshop on agrochemistry / Edited by V. G. Mineev. Moscow : Publishing House of Moscow State University, 1989. 304 p.

## Информация об авторах

- А. С. Попов* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
popovas@m.usfeu.ru, <http://ocrid.org/0000000230609461>
- Н. В. Марина* – кандидат химических наук, доцент,  
marinanv@m.usfeu.ru, <http://ocrid.org/0009000352346652>
- А. Ф. Галиулина* – магистр,  
galiulinaaf@m.usfeu.ru, <http://ocrid.org/0009000036428605>
- М. Ю. Захаров* – кандидат военных наук, доцент,  
zmeiu69@mail.ru, <http://ocrid.org/0009000064699031>
- Л. А. Мелконян* – магистрант,  
melkonyanla@m.usfeu.ru, <http://ocrid.org/0009000445119117>
- К. Р. Калиева* – магистрант,  
ksyu\_kalieva@mail.ru, <http://ocrid.org/0009000058688694>
- А. Н. Гайсина* – магистрант,  
gaisins99@mail.ru, <http://ocrid.org/0009000242706397>
- Д. А. Ивлев* – слушатель,  
d.ivlev89@mail.ru, <http://ocrid.org/0009-0000-3588-0667>

## Information about the authors

- A. S. Popov* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
popovas@m.usfeu.ru, <http://ocrid.org/0000000230609461>
- N. V. Marina* – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,  
marinanv@m.usfeu.ru, <http://ocrid.org/0009000352346652>



*A. F. Galiulina – Master's degree,*

*galiulinaaf@m.usfeu.ru, <http://ocrid.org/0009000036428605>*

*M. Yu. Zakharov – Candidate of Military Sciences, Associate Professor,*

*zmeiu69@mail.ru, <http://ocrid.org/0009000064699031>*

*L. A. Melkonyan – Master's degree,*

*melkonyanla@m.usfeu.ru, <http://ocrid.org/0009000445119117>*

*K. R. Kalieva – Master's degree,*

*ksyu\_kalieva@mail.ru, <http://ocrid.org/0009000058688694>*

*A. N. Gaisina – Master's degree,*

*gaisins99@mail.ru, <http://ocrid.org/0009000242706397>*

*D. A. Ivlev – listener,*

*d.ivlev89@mail.ru, <http://ocrid.org/0009-0000-3588-0667>*

*Статья поступила в редакцию 13.01.2024; принята к публикации 27.04.2024.*

*The article was submitted 13.01.2024; accepted for publication 27.04.2024.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 179–193.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 179–193.

Научная статья

УДК 630.232.5

DOI: 10.51318/FRET.2024.68.85.019

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ДЮРТЮЛИНСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Дина Анваровна Рафикова<sup>1</sup>, Владимир Федорович Коновалов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

<sup>1</sup> din-ka5@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1074-4671>

<sup>2</sup> vfkonovalov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2020-5540>

**Аннотация.** Изучены таксационные показатели клонов и семей плюсовых деревьев сосны обыкновенной по основным морфометрическим признакам стволов. Отмечены незначительные преимущества в росте клонового потомства плюсовых деревьев по сравнению с таковым семейственного потомства. В результате изучения генетической изменчивости сосны обыкновенной с использованием ISSR-маркеров выявлен различный уровень полиморфных локусов и их аллельного состава, что подтверждено однофакторным дисперсионным анализом. Показатели генетического разнообразия потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных объектах варьируют незначительно, что подтверждает их селекционно-генетический статус. Обобщенные показатели для всех исследованных ЛСП по доле полиморфных локусов, генетическому разнообразию, индексам Шеннона и коэффициентам инбридинга свидетельствуют о достаточно высоком уровне изменчивости клонового и семенного потомства плюсовых деревьев. Плюсовые деревья в селекционных объектах генетически дифференцированы, что подтверждено расчетами коэффициентов генетической дистанции.

Наиболее генетически близкими являются плюсовые деревья на клоновой ЛСП. На основе генетических исследований лесосеменные плантации объединены в три кластера, характеризующиеся близкими величинами генетических дистанций. Полученные научные данные о фенотипической и генетической изменчивости клонов плюсовых деревьев данного вида являются важной основой проведения селекционного отбора и выделения ценных генотипов сосны для создания лесосеменных плантаций более высокого генетического уровня.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, плюсовые деревья, насаждения, лесосеменные плантации, генетическая структура, ISSR-маркеры

**Для цитирования:** Рафикова Д. А., Коновалов В. Ф. Генетическая структура лесосеменных плантаций сосны обыкновенной в Дюртилинском лесничестве Республики Башкортостан // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 179–193.

Scientific article

## GENETIC STRUCTURE OF FOREST-SEED PLANTATIONS OF SCOTS PINE IN DYURTYULINSKY FORESTRY OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Dina A. Rafikova<sup>1</sup>, Vladimir F. Konovalov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

<sup>1</sup> din-ka5@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1074-4671>

<sup>2</sup> vfkonovalov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2020-5540>

**Abstract.** We studied the taxonomic indicators of clones and families of plus trees of Scots pine according to the main morphometric features of the trunks. There were minor advantages in the growth of plus trees clone offspring compared to family offspring. As a result of studying the genetic variability of Scots pine using ISSR-markers, a different level of polymorphic loci and their allelic composition was revealed, which was confirmed by univariate dispersion analysis. Indicators of the plus trees offspring genetic diversity of Scots pine on forest-seed objects vary slightly, which confirms their selection and genetic status. The generalized indicators for all studied forest-seed plantations in terms of the proportion of polymorphic loci, genetic diversity, Shannon indices and inbreeding coefficients indicate a fairly high level of variability in the clonal and seed offspring of plus trees. Plus trees in selection objects are genetically differentiated from each other, which is confirmed by calculations of genetic distance coefficients. The most genetically close are plus trees on clonal forest-seed plantation. Based on genetic studies, forest-seed plantations are combined into three clusters characterized by close values of genetic distances. The obtained scientific data on the phenotypic and genetic variability of plus trees clones of this species are an important basis for the selection and identification of valuable pine genotypes for the creation forest-seed plantations of a higher genetic level.

**Keywords:** Scots pine, plus trees, plantings, forest-seed plantations, genetic structure, ISSR-markers

**For citation:** Rafikova D. A., Konovalov V. F. Genetic structure of forest-seed plantations of Scots pine in Dyurtyulinsky forestry of the Republic of Bashkortostan // Forests of Russia and the economy in them. 2024. № 3 (90). P. 179–193.

### Введение

Важным аспектом решения проблемы улучшения видового состава лесов и повышения их продуктивности является сохранение генетического разнообразия лесных популяций (Bergman et al., 1991; Celiac et al., 1998; Genetic pool..., 2020) с опорой на современные достижения в области популяционной генетики и геномики древесных видов (Крутовский, 2006; Гостимский и др., 1999), молекулярно-генетического анализа популяций, лесосеменных объектов и насаждений (Буторина и др., 2007; Ивановская и др., 2007; Шишкина и др., 2012; Камалов и др., 2022; Сбоева, Боронникова, 2019; Молекулярно-генетический анализ..., 2021). Полученные результаты молекулярно-генетиче-

ских исследований можно использовать для поэтапной паспортизации деревьев на лесосеменных плантациях (Кальченко, Тараканов, 2010). Для сохранения и оценки внутривидового генетического разнообразия лесных древесных видов используют информативные ДНК-маркеры, с помощью которых рассчитываются генетико-статистические параметры, используемые для разработки селекционных программ и мероприятий по сохранности генофонда лесообразующих видов. Их эффективность объясняется тем, что традиционные методы изучения адаптивной генетической изменчивости лесных древесных видов достаточно затратны и основаны исключительно на их фенотипическом анализе преимущественно по количественным

признакам. Использование молекулярных маркеров в лесной генетике позволяет считать данный метод в качестве объективного для оценки генетической изменчивости древесных видов, осуществлять идентификацию генотипов, обоснованно определять вклад родительских особей в семенное и вегетативное потомство растений. Рядом исследователей была показана эффективность применения аллозимного анализа при оценке генетического разнообразия хвойных древесных видов, и прежде всего, сосны обыкновенной (Генетическая изменчивость..., 2014; Ильинов, Раевский, 2018; Калько и др., 2017; Шейкина, Романов, 2023; Криворотова, Шейкина, 2014). Однако в Башкирском регионе подобные исследования носят фрагментарный характер и практически не затрагивают селекционные объекты данного вида. В связи с этим нами уделено важное внимание оценке генетической структуры лесосеменных плантаций сосны обыкновенной как важного лесообразующего древесного вида в регионе, площадь которого в лесном фонде Республики Башкортостан составляет 11,7 % с древесным запасом 18,4 % от общего запаса насаждений.

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

Целью данной работы явилось изучение генетической структуры потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в архивах клонов и семейственных плантациях по комплексу фенотипических и генотипических признаков, созданных в Дюртюлинском лесничестве Республики Башкортостан.

В соответствии с целью исследования реализовывались следующие задачи: выявить особенности изменчивости морфометрических признаков древесных стволов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях различного происхождения; изучить генетическую изменчивость клонового и семенного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на основе использования метода ISSR-анализа ДНК хвои; оценить генетическое разнообразие и дифференциацию потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной из разных по происхождению лесосеменных плантаций.

Методологической основой научной работы явились принципы и подходы, изложенные в литературных источниках отечественных и зарубежных ученых в области селекционно-генетических исследований (Ларионова, 2002; Буторина и др., 2007; Криворотова, Шейкина, 2014; Политов, 2008; Koski, 2000; Development..., 2014). Научным аспектом исследования явилось выдвижение следующих гипотез: клоновое и семенное потомство плюсовых деревьев сосны обыкновенной различаются по таксационным показателям, характеризующим закономерности их роста и состояния; по характеру роста различия между плюсовыми деревьями обусловлены фенотипически и генотипически; генетическое разнообразие и уровень дифференциации потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной в селекционных объектах находится в определенной взаимосвязи с их происхождением. В качестве опытных объектов были подобраны лесосеменные плантации (ЛСП) – клоновые и семейственные – сосны обыкновенной, расположенные в Дюртюлинском лесничестве Республики Башкортостан (табл. 1).

Территория лесничества относится к зоне широколиственных лесов, район хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации Приуральяского лесостепного района. Насаждения на лесосеменных плантациях являются одновозрастными, что позволяет проводить оценку роста и генетического разнообразия деревьев сосны обыкновенной в сравнительном аспекте. Генетическая оценка плюсовых деревьев вида проведена на клоновых и семейственных лесосеменных плантациях, созданных посадочным материалом, выращенным из семян улучшенной селекционной категории. Деревья сосны обыкновенной на ЛСП произрастают в идентичных почвенно-климатических и лесорастительных условиях – С<sub>2</sub>–С<sub>3</sub>. Размещение деревьев на ЛСП редкое – 156–400 шт./га, что способствует хорошему развитию их кроны и семеношению.

Сбор экспериментального материала проводился стационарным методом путем сплошного перечета деревьев на ЛСП. Диаметр стволов измерялся мерной вилкой, высота – высотомером SUUNTO PM-5/1520.

Таблица 1  
Table 1

Краткая характеристика лесосеменных объектов сосны обыкновенной  
Brief description of forest-seed objects of Scots pine

Наименование объекта Name of the object	Квартал Quarter	Выдел Survey plot	Площадь, га Area, ha	Год закладки Year of planting	Схема размещения растений, м Plant layout, m	Кол-во расте- ний, шт./га Number of plants, pcs/ha
Клоновая ЛСП (2004 г.) Clone forest-seed plantation (2004)	125	21	1,0	2004	5×5	400
Клоновая ЛСП (2005 г.) Clone forest-seed plantation (2005)	125	21	1,0	2005	5×5	400
Семейственная ЛСП (№ 50) Family forest-seed plantation (№ 50)	125	20	4,0	2006	8×8	156
Семейственная ЛСП (№ 51) Family forest-seed plantation (№ 51)	125	20	3,0	2007	8×8	156

Диаметр кроны в двух направлениях фиксировался мерной лентой с точностью до 1 см, протяженность кроны – мерной лентой и электронным высотомером. В качестве исходного материала для экстракции ДНК использовалась свежая хвоя сосны обыкновенной. На всех объектах отбирались образцы хвои в количестве по 100 шт. с каждого дерева. За основу отбора образцов хвои принята методика с применением 2×СТАВ-буфера (Doyle, Doyle, 1987).

Молекулярно-генетические исследования клоновых и семейственных потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной по ISSR-маркерам осуществлялись по методикам ряда авторов (Криворотова, Шейкина, 2014; Милютин и др., 2013; Новиков, Шейкина, 2012). Для оценки внутри- и межклоновой изменчивости изучаемых признаков применялся факторный анализ. Опытные данные подвергались статистической обработке в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями (Лакин, 1980; Бондаренко, Жигунов, 2016). Для расчета генетических параметров использовали специализированную программу POPGENE Version 1.32, позволяющую выполнять расчет следующих показателей: доли полиморфных локусов, общего (наблюдаемого) числа аллелей (Na), эффективного числа аллелей (Ne) (Kimura, 1964), генетического разнообразия по Нею (Nei, 1972), информационного индекса Шеннона (Определение..., 2021; Schannon, Weaver,

1949), доли межпопуляционного генетического разнообразия (Gst) в общем разнообразии или показателя подразделенности популяций (Nei, 1975).

**Результаты и их обсуждение**

Оценка уровня генетической структуры клоновых и семейственных ЛСП сосны обыкновенной проводилась на четырех селекционных объектах (см. табл. 1). В табл. 2 приведена оценка биометрических показателей стволов потомства плюсовых деревьев данного вида.

Анализ результатов, приведенных в табл. 2, позволяет отметить, что на клоновых и семейственных ЛСП по всем оцениваемым показателям стволов потомство плюсовых деревьев сосны обыкновенной характеризуется близкими показателями роста. Средняя величина диаметра стволов в клоновых плантациях варьирует от 21,7±0,72 до 23,3 ± 0,81 см, высоты – 9,1 ± 0,39 – 10,1±0,29 м, диаметра кроны – 6,2±0,15 – 6,9±0,30 м, протяженности кроны – 6,5±0,18 – 8,3±0,32 м. При сравнении плюсовых деревьев сосны обыкновенной в архивах клонов (ЛСП 2005 г.) с насаждениями семейственных плантаций (ЛСП № 51) достоверные различия выявлены только по протяженности кроны ( $t_{факт}=3,11 > t_{st(01)}=2,62$ ). В пределах клоновых плантаций различия достоверны по протяженности кроны ( $t_{факт}=4,86 > t_{st(01)}=2,62$ ), семейственных плантаций – по высоте стволов ( $t_{факт}=6,59 > t_{st(01)}=2,62$ ) и протяженности кроны ( $t_{факт}=3,75 > t_{st(01)}=2,62$ ).



Таблица 2  
Table 2

Биометрические показатели деревьев сосны обыкновенной на селекционных объектах  
Biometric indicators of Scots pine trees at selection objects

Показатели Indicators	<i>M</i>	$\pm m$	<i>V</i> , %	<i>P</i> , %
Клоновая ЛСП (2004 г.) Clone forest-seed plantation (2004)				
Диаметр ствола, см Trunk diameter, cm	23,3	0,81	12,6	3,4
Высота ствола, м Trunk height, m	9,1	0,39	10,2	4,3
Диаметр кроны, м Crown diameter, m	6,2	0,15	11,8	2,4
Протяженность кроны, м Crown length, m	6,5	0,18	14,2	2,8
Клоновая ЛСП (2005 г.) Clone forest-seed plantation (2005)				
Диаметр ствола, см Trunk diameter, cm	21,7	0,72	10,7	3,4
Высота ствола, м Trunk height, m	10,1	0,29	9,3	2,9
Диаметр кроны, м Crown diameter, m	6,9	0,30	14,8	4,3
Протяженность кроны, м Crown length, m	8,3	0,32	10,9	3,8
Семейственная ЛСП (№ 50) Family forest-seed plantation (№ 50)				
Диаметр ствола, см Trunk diameter, cm	21,4	0,71	14,8	3,3
Высота ствола, м Trunk height, m	9,1	0,35	17,0	3,8
Диаметр кроны, м Crown diameter, m	6,6	0,16	10,7	2,4
Протяженность кроны, м Crown length, m	8,7	0,36	18,6	4,2
Семейственная ЛСП (№ 51) Family forest-seed plantation (№ 51)				
Диаметр ствола, см Trunk diameter, cm	20,2	0,98	15,7	4,8
Высота ствола, м Trunk height, m	7,2	0,27	11,9	3,8
Диаметр кроны, м Crown diameter, m	6,3	0,30	15,1	4,8
Протяженность кроны, м Crown length, m	6,9	0,32	12,8	4,6

С целью оценки уровня генетической изменчивости лесосеменных плантаций сосны обыкновенной нами определялись следующие показатели: доля полиморфных локусов (*P*), наблюдаемое (*Na*) и эффективное (*Ne*) число аллелей, общее генетическое разнообразие (*H*), информационный индекс Шеннона (*I*), индекс фиксации Райта (*F<sub>is</sub>*) (табл. 3).

Отмечено, что доля полиморфных локусов в целом для ЛСП составила 100 %, что свидетельствует о высоком полиморфизме потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Высокий уровень полиморфизма выявлен на клоновой ЛСП 2004 г. – 100 %, для ЛСП 2005 г. этот показатель составил 93,91 %. В лесосеменных плантациях уровень полиморфизма семей плюсовых деревьев сосны обыкновенной варьирует от 95,65 до 99,13 %, что характерно для данной категории ЛСП.

Наблюдаемое число аллелей для разных лесосеменных плантаций варьирует от 1,9391 до 2,0000. Для совокупности клоновых и семейственных ЛСП этот показатель также является наиболее высоким – 2,0000. Эффективное число аллелей оценивает величину, обратную гомозиготности, и представляет собой такое их числовое значение, при одинаковой частоте которых гетерозиготность особей в популяции будет равна фактической (Генетическая изменчивость..., 2015). В исследуемых нами лесосеменных плантациях эффективное число аллелей варьирует от 1,6788 до 1,7643. Для клоновых и семейственных ЛСП данный обобщенный показатель составляет 1,7643. Наиболее высокое значение параметров генетического разнообразия потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной характерно для совокупности изучаемых селекционных объектов (0,4239) с вариабельностью данного показателя от 0,3803 до 0,4087.

Информационный индекс Шеннона, характеризующий отличительные особенности потомства плюсовых деревьев по комплексу оцениваемых признаков, является достаточно высоким с вариацией числовых значений от 0,5539 до 0,5936. Для всех ЛСП данный показатель оказался более высоким – 0,6117, что свидетельствует о неидентичности потомства по анализируемым фенотипическим признакам древесных стволов. Индекс фиксации Райта (*F<sub>is</sub>*), или коэффициент инбридинга,

для потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной в лесосеменных объектах характеризуется достаточно близкими величинами – 0,1199–0,1385, с обобщенным уровнем для всех ЛСП 0,1178. В целом следует отметить, что выявленные показатели генетического разнообразия потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной по всем анализируемым лесосеменным объектам изменяются незначительно и их значения (см. табл. 3) достаточно близки, что соответствует видовому уровню сосны и селекционно-генетическому статусу анализируемых ЛСП. Изменение генетической структуры лесосеменных плантаций сосны обыкновенной по ISSR-маркерам оценивалось на основе сравнения частот встречаемости аллелей (табл. 4).

Приведенные данные подчеркивают незначительное различие анализируемых лесосеменных плантаций сосны обыкновенной по частоте аллелей в локусах. В 115 локусах выделено по 2 аллели, соотношение которых по всем плантациям характеризуется величинами 0,48–0,67 по аллели 1 и 0,33–0,52 по аллели 2. Вариабельность частот аллелей в локусах по всем селекционным объек-

там характеризуется более близкими величинами по сравнению с искомой частотой соотношения аллелей в эксперименте. Распределение частот аллелей в локусах по их соотношению подтверждено расчетами критерия  $\chi^2$ -квадрат К. Пирсона (табл. 5).

По выделенным двум аллелям средние значения критерия  $\chi^2$ -квадрат различаются незначительно –  $4,195 \pm 0,406$  и  $4,354 \pm 0,413$  соответственно, что согласуется с соотношением их частот в выделенных локусах (см. табл. 4). Распределение частот аллелей в локусах по анализируемым статистическим показателям является близким по их числовым выражениям, о чем наглядно свидетельствуют показатели уровней вероятности ( $P=0,402 \dots 0,370$ ). Средние значения критерия  $\chi^2$ -квадрат по аллели 1 –  $4,195 \pm 0,406$  и аллели 2 –  $4,354 \pm 0,413$  значительно меньше стандартного значения –  $\chi^2_{st(05)} = 7,81$ . В этом случае нулевая гипотеза не отвергается, а показатели частот аллелей в локусах по их количественному соотношению соответствуют закону нормального распределения с величинами коэффициентов эксцесса 1,234–0,619 и асимметрии 0,951 и 0,837 соответственно.

Таблица 3  
Table 3

Показатели генетической изменчивости плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях  
Indicators of genetic variability of Scots pine plus trees on forest-seed plantations

Объект Object	Кол-во дер, шт. Number of trees, pcs	Показатели Indicators						
		Кол-во локусов Number of loci	<i>P</i>	<i>Na</i>	<i>Ne</i>	<i>H</i>	<i>I</i>	<i>F<sub>is</sub></i>
Клоновая ЛСП (2004 г.) Clone forest-seed plantation (2004)	20	115	100,00	2,000	1,733	0,409	0,594	0,134
Клоновая ЛСП (2005 г.) Clone forest-seed plantation (2005)	10	108	93,91	1,939	1,679	0,380	0,554	0,134
Семейственная ЛСП (№ 50) Family forest-seed plantation (№ 50)	20	114	99,13	1,991	1,715	0,402	0,585	0,139
Семейственная ЛСП (№ 51) Family forest-seed plantation (№ 51)	10	110	95,65	1,937	1,704	0,392	0,569	0,120
В целом для ЛСП Overall for forest-seed plantations	60	447	100,00	2,000	1,764	0,424	0,612	0,118

Примечание. *P* – полиморфность, %; *Na* – наблюдаемое число аллелей; *Ne* – эффективное число аллелей; *H* – генетическое разнообразие; *I* – индекс Шеннона; *F<sub>is</sub>* – индекс фиксации Райта.

Таблица 4  
Table 4

Соотношение частот аллелей в локусах сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях  
Allele frequency ratio in loci of Scots pine on forest-seed plantations

Количество локусов Number of loci	Частота аллелей Allele frequency		Вариабельность частот аллелей в локусах Variation of allele frequencies at loci	
	Аллель 1 Allele 1	Аллель 2 Allele 2	Аллель 1 Allele 1	Аллель 2 Allele 2
Клоновая ЛСП (2004 г.) Clone forest-seed plantation (2004)				
115	0,55	0,45	0,29–0,76	0,24–0,71
Клоновая ЛСП (2005 г.) Clone forest-seed plantation (2005)				
115	0,48	0,52	0,31–0,74	0,26–0,69
Семейственная ЛСП (№ 50) Family forest-seed plantation (№ 50)				
115	0,55	0,45	0,30–0,80	0,20–0,70
Семейственная ЛСП (№ 51) Family forest-seed plantation (№ 51)				
115	0,67	0,33	0,28–0,75	0,25–0,72

Таблица 5  
Table 5

Закономерности распределение частот аллелей сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях  
Patterns of frequency distribution of Scots pine alleles on forest-seed plantations

Статистические показатели Statistical indicators	Аллель 1 Allele 1		Аллель 2 Allele 2		$\chi^2_{st(05)}$
	$\chi^2^*$	$P^{**}$	$\chi^2$	$P$	
Среднее значение ( $\chi^2 \pm m_x$ ) Mean	4,195±0,406	0,402	4,354±0,413	0,370	7,81
Дисперсия Dispersion	9,596	0,094	10,071	0,101	
$\chi^2_{min}$	0,330	0,030	0,340	0,002	
$\chi^2_{max}$	15,201	0,952	14,820	0,950	
Коэффициент эксцесса Coefficient of excess	1,234	-1,261	0,619	-1,158	
Коэффициент асимметрии Coefficient of asymmetries	0,951	0,469	0,857	0,598	

\* $\chi^2$  – критерий «хи-квадрат» К. Пирсона;  $P^{**}$  – уровень вероятности распределения частот аллелей в локусах.

Однофакторный дисперсионный анализ показал достоверный характер распределения аллельного состава в локусах сосны обыкновенной в клоновом и семейственном потомствах на лесосеменных объектах при  $P$ -значении  $< 0,01$ . По аллелям 1 и 2  $F_{факт} = 59,3 \dots 13,8 > F_{st} = 4,0$ .

Для оценки генетической дифференциации потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной на ЛСП разного происхождения нами рассчитана генетическая дистанция Нея (Nei, 1972). Установлено (табл. 6), что плюсовые деревья вида в исследуемых объектах генетически дифференцированы.

*Таблица 6*  
*Table 6*

Генетическая дистанция лесосеменных плантаций сосны обыкновенной  
Genetic distance of forest-seed plantations of Scots pine

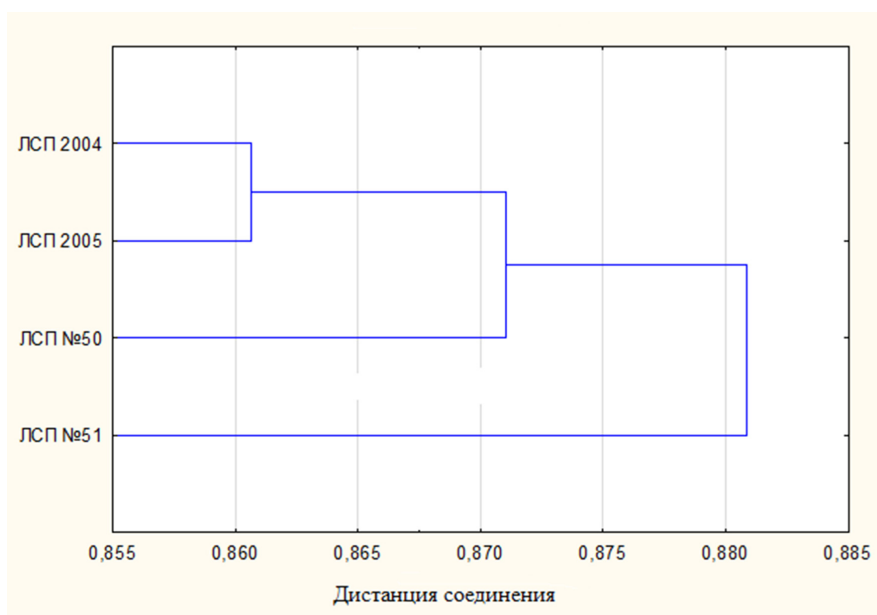
Селекционный объект Selection object	Клоновая ЛСП (2004 г.) Clone forest-seed plantation (2004)	Клоновая ЛСП (2005 г.) Clone forest-seed plantation (2005)	Семейственная ЛСП (№ 50) Family forest-seed plantation (№ 50)	Семейственная ЛСП (№ 51) Family forest-seed plantation (№ 51)
Клоновая ЛСП (2004 г.) Clone forest-seed plantation (2004)	–	0,9311	0,9657	0,9343
Клоновая ЛСП (2005 г.) Clone forest-seed plantation (2005)	0,0714	–	0,9359	0,9067
Семейственная ЛСП (№ 50) Family forest-seed plantation (№ 50)	0,0349	0,0663	–	0,9408
Семейственная ЛСП (№ 51) Family forest-seed plantation (№ 51)	0,0679	0,0979	0,0611	–

Наиболее генетически близкими по потомству являются плюсовые деревья на клоновой ЛСП 2005 г. и семейственной ЛСП № 50 с генетическими дистанциями 0,9714 и 0,9657 соответственно. Несколько генетически отдаленными по сравнению с потомством на указанных выше объектах являются клоны ЛСП 2004 г. с генетической дистанцией 0,9311, семьи плюсовых деревьев на ЛСП № 51 с величиной дистанции 0,9347.

На основании полученных коэффициентов генетической дистанции по Nei (1972) потомств

плюсовых деревьев сосны обыкновенной на ЛСП с применением невзвешенного парно-группового метода (UPGMA) построена дендрограмма, наглядно представленная на рисунке.

Дендрограмма показывает, что потомство плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях сгруппировано в три кластера. В первый кластер вошло потомство на ЛСП 2004 г. и ЛСП 2005 г., во второй – ЛСП № 50. Третий кластер представлен семьями плюсовых деревьев сосны обыкновенной на ЛСП № 51. Коэффициенты



UPGMA-дендрограмма генетической дифференциации потомства плюсовых деревьев  
сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях  
UPGMA-dendrogram of genetic differentiation of plus trees offspring of Scots pine  
on forest-seed plantations

генетической дистанции по кластерам составили: по первому кластеру – 0,8606, второму – 0,8710, третьему – 0,8808. Приведенные данные кластерного анализа свидетельствуют о генетической близости потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на исследуемых лесосеменных плантациях.

В ходе исследования проведена оценка уровня генетической дифференциации между лесосеменными плантациями с определением коэффициента подразделенности исследуемых объектов ( $G_{st}$ ), характеризующего уровень межпопуляционного разнообразия (табл. 7).

Расчетный показатель ожидаемой доли гетерозиготных генотипов во всей выборке ( $H_T$ ) лесосеменных плантаций составил 0,4249. Данный результат свидетельствует о том, что во всех выборках анализируемых лесосеменных плантаций доля гетерозиготных особей составляет 42,5 %, гомозиготных – 57,5 %. В отдельных группах плюсовых деревьев сосны обыкновенной ( $H_S$ ) на долю гетерозиготных особей приходится 0,3956, или 39,6 %, гомозиготных – 60,4 %. Обобщенный показатель генетической подразделенности плюсовых деревьев сосны обыкновенной на ЛСП ( $G_{st}$ ) определен величиной 0,0688 от всей совокупной генетической изменчивости деревьев в объектах исследования. Как показали результаты исследования, для сосны обыкновенной уровень генетической подразделенности в анализируемых объектах оказался незначительным – 6,9 %. На изменчивость деревьев в пределах изученных лесосеменных плантаций

приходится 93,1 %, что для данного вида вполне ожидаемо. Показатель  $G_{st}$  отражает сбалансированность процессов, вызывающих дифференциацию и интеграцию генофондов из разных популяций. В основном значения  $G_{st}$  выше у популяций, удаленных друг от друга, а также для популяций видов с высокой частотой самоопыления. Для сосны обыкновенной вполне возможно, что уровень генетической подразделенности изученных объектов будет незначительным, так как этот вид ветроопыляемый, поэтому пыльца может распространяться на значительные расстояния.

Одним из важнейших факторов устойчивости природных популяций в изменяющихся условиях окружающей среды является их генетическое разнообразие (Алтухов, 2003; Genetic diversity..., 2000). Искусственный отбор деревьев по фенотипическим признакам, осуществляемый в настоящее время в селекционных исследованиях, может вызвать существенное изменение в популяциях лесобразующих древесных видов, их популяционной структуры и генетического разнообразия (El-Kassaby, 1992). В результате массового отбора лучших фенотипов формируется отселектированная популяция, которая представляет собой совокупность всех отобранных плюсовых деревьев, их клоновых и семейственных потомств, сосредоточенных в архивах клонов и на ЛСП I порядка (Современное состояние..., 2022). Полученные нами результаты исследования демонстрируют фенотипическое и генетическое разнообразие

Таблица 7  
Table 7

Доля межпопуляционного разнообразия и потока генов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях  
Proportion of inter-population diversity and gene flow of Scots pine on forest-seed plantations

Показатели Indicators	Значение показателя Value
Ожидаемая доля гетерозиготных генотипов во всей выборке $H_T$ Expected proportion of heterozygous genotypes in the whole sample $H_T$	0,4249
Ожидаемая доля гетерозиготных генотипов в отдельных группах плюсовых деревьев $H_S$ Expected proportion of heterozygous genotypes in individual plus tree groups $H_S$	0,3956
Показатель генетической подразделенности $G_{st}$ Genetic subdivision index $G_{st}$	0,0688



клонового и семенного потомства сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях, знание которого необходимо учитывать при селекционной оценке их эффективности и целесообразности дальнейшего использования в качестве объектов для заготовки высококачественного семенного материала.

Некоторые различия потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на селекционных объектах в величинах параметров фенотипического разнообразия древесных стволов, по нашему мнению, обусловлены биологическими особенностями вида и происхождением насаждений на лесосеменных плантациях, чем лесорастительными условиями произрастания. Установлено, что выявленные показатели генетического разнообразия потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях изменяются незначительно и их числовые значения достаточно близки, что соответствует селекционно-генетическому статусу этих объектов. Микросателлитный анализ клонового и семенного потомства по хвое показал наличие в 115 локусах двух аллелей, соотношение которых по абсолютной частоте и ее вариабельности является достаточно близким.

Достоверность характера распределения аллельного состава в локусах сосны обыкновенной в клоновом и семейственном потомствах на лесосеменных объектах по величине  $\chi^2_{факт}$  подтверждена на уровне  $P < 0,01$ . Потомство плюсовых деревьев вида в объектах исследования генетически дифференцировано с генетическими дистанциями от 0,0349 до 0,9657. Генетической близостью по потомству характеризуются плюсовые деревья на клоновой ЛСП 2005 г. и семейственной ЛСП № 50 с генетической дистанцией 0,9714 и 0,9657 соответственно. Более удаленными являются клоны ЛСП 2004 г. с генетической дистанцией 0,9311 и семьи плюсовых деревьев на ЛСП № 51 – 0,9347. Кластерный анализ показал, что потомство плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях объединено в три кластера. Первый кластер включает потомство на ЛСП 2004 г. и ЛСП 2005 г., второй – ЛСП № 50, третий – ЛСП № 51. Коэффициенты генетической дистанции по кластерам варьируют

от 0,8606 до 0,8808, что свидетельствует о генетической близости потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях.

Наши результаты показали, что уровень генетической дифференциации сосны обыкновенной является незначительным ( $G_{st} = 0,0688$ ). Согласно исследованиям (Wright, 1969), уровень генетической дифференциации между популяциями считается высоким, когда его величина, выраженная соответствующим коэффициентом, выше 0,25. Обобщая изложенное, следует отметить, что проблему сохранения генотипического разнообразия сосны обыкновенной в популяциях и генетической структуры потомства вида на лесосеменных плантациях необходимо решать с опорой на знание особенностей внутри- и межпопуляционной дифференциации в целом вида и его совокупностей – плюсовых деревьев. Для искусственного воспроизводства данного древесного вида следует отбирать лучшие генотипы (плюсовые деревья) из разных частей ареала с учетом происхождения и особенностей конкретных популяций. Целесообразно создавать и использовать для этих целей уже имеющиеся лесосеменные объекты, оценив их селекционную эффективность с применением современных генетических методов.

В наших исследованиях на это обращено важное внимание, поскольку они в данном научном аспекте в регионе проводились ограниченно (Шигапов, 1995; Анализ..., 1996). Таким образом, несмотря на активное изучение лесосеменных плантаций, оценку их генетических характеристик между данными селекционными объектами и с популяциями лесобразующих древесных видов, проблема сохранения генетического разнообразия с целью создания объектов постоянной лесосеменной базы остается по-прежнему актуальной.

### Выводы

Потомство плюсовых деревьев сосны обыкновенной на клоновых и семейственных лесосеменных плантациях в Дюртюлинском лесничестве Башкирского Предуралья характеризуется достаточно близкими показателями роста по основным морфометрическим признакам стволов – диаметру, высоте и диаметру кроны и ее протяженности

по стволу. Установлены отличительные особенности между деревьями в объектах исследования по уровню полиморфных локусов, наблюдаемым и эффективным частотам аллелей в выделенных локусах, индексам Шеннона и фиксации Райта (инбридингу). По уровню генетического полиморфизма плюсовые деревья на лесосеменных плантациях являются генетически близкими. Ожидаемые доли гетерозиготных генотипов во всех селекционных объектах и в отдельных группах плюсовых деревьев вида характеризуются незначительным отклонением в показателях искомым величин – 0,4249 и 0,3956. По результатам кластерного анализа объекты исследования сгруппи-

рованы в три кластера с различными величинами коэффициентов генетической дистанции Нея и уровнями межпопуляционного разнообразия. Как показали результаты генетического анализа, уровень межпопуляционного разнообразия между ЛСП с потомствами плюсовых деревьев сосны обыкновенной является менее значимым по сравнению с внутривидовым. Полученные результаты могут быть использованы для обоснования программ по оценке селекционного статуса и эффективности лесосеменных плантаций, их соответствия требованиям действующих стандартов и возможности дальнейшего использования для заготовки высококачественных семян.

### Список источников

- Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях. М. : Академкнига, 2003. 431 с.
- Анализ генетической изменчивости плюсовых деревьев сосны обыкновенной по изоферментным маркерам / З. Х. Шигапов, А. В. Николаев, А. И. Шигапова, К. А. Уразбахтина // Генетика и селекция на службе лесу : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (28–29 июня 1996 г., Воронеж). Воронеж : НИИЛГиС, 1996. С. 26.
- Бондаренко А. С., Жигунов А. В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований. СПб. : Политехнический университет, 2016. 125 с.
- Буторина А. К., Машкина О. С., Камалова И. И. Использование молекулярных маркеров в генетике, селекции и семеноводстве лесных древесных растений // Лесные культуры, селекция древесных пород на юге Русской равнины : матер. Межрегион. конф., посвящен. 95-летию со дня рожд. доц. Еньковой Елизаветы Ивановны. Воронеж : ВГЛТА, 2007. С. 10–35.
- Генетическая изменчивость, структура и дифференциация популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на северо-востоке Русской равнины по данным молекулярно-генетического анализа / С. В. Боронникова, Ю. С. Нечаева, Я. В. Пришвинская, И. В. Бобошина // Генетика. 2015. Т. 51, № 12. С. 1401–1409.
- Генетическая изменчивость плюсовых деревьев *Pinus sylvestris* L. и их семенного потомства по микросателлитным локусам / А. Е. Демкович, И. И. Коршиков, Д. В. Политов [и др.] // Физиология растений и генетика. 2014. Т. 46, № 5. С. 395–405.
- Гостимский С. А., Кокаева З. Г., Боброва В. К. Использование молекулярных маркеров для анализа генома растений // Генетика. 1999. Т. 35, № 11. С. 1538–1549.
- Ивановская С. И., Хомченко Е. Н., Новикова О. М. Молекулярно-генетический анализ *Pinus sylvestris* L. на лесосеменных плантациях // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. ИЛНАН Беларуси. Вып. 67. Гомель : ИЛНАН Беларуси, 2007. С. 155–162.
- Ильинов А. А., Раевский Б. В. Использование микросателлитных локусов в изучении плюсового генофонда сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. в Карелии // Труды Карельского научного центра РАН. 2018. № 6. С. 124–134.
- Калько Г. В., Котова Т. М., Кузьмина М. В. Микросателлитный анализ природных и искусственных популяций *Pinus sylvestris* L. на Северо-Западе России // Современная лесная наука: проблемы и перспективы : матер. Всерос. науч.-практ. конф. 20–22 декабря 2017 года. Воронеж : Истоки, 2017. С. 27–32.

- Кальченко Л. И., Тараканов В. В. Поэтапная паспортизация деревьев на клоновых плантациях сосны обыкновенной: использование метода фенетики // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. XXVII, № 1–2. С. 87–90.
- Камалов Р. М., Петюренко М. Ю., Дегтярева А. П. Изменчивость показателей молекулярных маркеров у клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. // Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. 2022. № 3. С. 4–13.
- Криворотова Т. Н., Шейкина О. В. Генетическая структура лесосеменных плантаций и насаждений сосны обыкновенной в Среднем Поволжье // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. : Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 1 (21). С. 77–86.
- Крутовский К. В. От популяционной генетики к популяционной геномике лесных древесных видов: интегрированный популяционно-геномный подход // Генетика. 2006. Т. 42, № 10. С. 1088–1100.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1980. 293 с.
- Ларионова А. Я. Генетическая изменчивость сосны обыкновенной в юго-восточной части ареала // Генетика. 2002. Т. 38, № 12. С. 1641–1647.
- Милютина Т. Н., Шейкина О. В., Новиков П. С. Молекулярно-генетические исследования изменчивости клонов плюсовых деревьев *Pinus sylvestris* по ISSR-маркерам // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. XXXI, № 1–2. С. 102–105.
- Молекулярно-генетический анализ популяций *Pinus sylvestris* L. и *Pinus sibirica* Du Tour в Пермском крае на основании полиморфизма ISSR-PCR маркеров / Ю. И. Нечаева, Н. А. Пыстогова, Н. В. Чертов, С. В. Боронникова // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7, № 4. С. 12–21. DOI: 10.33619/2414-2948/65/01
- Новиков П. С., Шейкина О. В. ISSR-анализ деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) различных селекционных категорий // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 82 (08). С. 100–112.
- Определение индекса биоразнообразия Шеннона растительных сообществ, образованных деревьями-эпифиторами на примере лесов севера Западной Сибири / В. Р. Цибульский, С. П. Арефьев, В. П. Новиков [и др.] // Вестник НВГУ. 2021. № 24 (54). С. 32–38.
- Политов Д. В. Применение молекулярных маркеров в лесном хозяйстве для идентификации, инвентаризации и оценки генетического разнообразия лесных ресурсов // Лесохозяйственная информация. 2008. № 3–4. С. 24–27.
- Сбоева Я. В., Боронникова С. В. Генетическая структура и межпопуляционная дифференциация восьми популяций *Pinus sylvestris* L. на восточно-европейской равнине // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5, № 12. С. 89–97. DOI: 10.33619/2414-2948/49/10
- Современное состояние селекции и семеноводства хвойных пород / Б. В. Раевский, Р. В. Игнатенко, Е. В. Новичонок [и др.] // ИВУЗ. Лесной журнал. 2022. № 6. С. 9–37. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-9-37
- Шейкина О. В., Романов Е. М. Изменение генетических параметров плюсового генофонда сосны обыкновенной в Республике Марий Эл под влиянием индивидуального отбора клонов по фенотипу // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. Вып. 246. С. 249–262. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.246.249-262
- Шигапов З. Х. Сравнительный генетический анализ лесосеменных плантаций и природных популяций сосны обыкновенной // Лесоведение. 1995. № 3. С. 19–24.
- Шишкина О. К., Завистева М. А., Рабиун А. С. Некоторые результаты практического применения анализа ДНК для генетической идентификации клонов на ЛСП сосны обыкновенной // Лесной вестник. 2012. № 7. С. 92–94. Bergmann F., Ruetz W. Isozyme Genetic Variation and Heterozygosity in Random Tree Samples and Selected Orchard Clones from the Same Norway Spruce Populations // Forest Ecology and Management. 1991. Vol. 46, № 1–2. P. 39–47. DOI: 10.1016/0378-1127(91)90243-0

- Cheliak W. M., Murray G., Pitel J. A.* Genetic Effects of Phenotypic Selection in White Spruce // *Forest Ecology and Management*. 1998. Vol. 24, № 2. P. 139–149. DOI: 10.1016/0378-1127(88)90117-X
- Doyle J. J., Doyle J. L.* A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue // *Phytochem. Bull.* 1987. № 19. P. 11–15.
- Development and characterization of 25 EST-SSR markers in *Pinus sylvestris* var. *mongolica* (*Pinaceae*) / *P. Fang, S. Niu, H. Yuan* [et al.] // *Applications in Plant Sciences*. 2014. № 2. P. 1–6.
- El-Kassaby Y. A.* Domestication and genetic diversity – should we be concerned // *The Forestry Chronicle*. 1992. Vol. 68. № 6. P. 687–700.
- Genetic diversity and the survival of populations / *G. Booy, R. J. J. Hendriks, M. J. M. Smulders* [et al.] // *Plant biology*. 2000. № 2. P. 379–395. DOI: 10.1055/s-2000-5958
- Genetic pool of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) under reforestation in extreme environment / *Y. Yanbaev, R. Sultanova, L. Blonskaya* [et al.] // *Wood Research*. 2020. Vol. 65. № 3. P. 459–470. DOI: 10.37763/wr.1336-4561/65.3.459470
- Kimura M.* The number of alleles that can be maintained in a finite population // *Genetics (US)*. 1964. Vol. 49. P. 725–738.
- Koski V.* A Note on Genetic Diversity in Natural Populations and Cultivated Stands of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) // *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. 2000. Vol. 9. № 1. P. 89–96.
- Nei M.* Genetic distance between populations // *The American Naturalist*. 1972. Vol. 106. P. 283–292.
- Nei M.* *Molecular population genetics and evolution*. North Holland Publishing Company, Amsterdam Oxford ; American Elsevier Publishing Company, Inc, New York, 1975. 234 p.
- Schannon C. E., Weaver W.* *The mathematical theory of communication* Urbana // Univ. of Illinois Press. 1949. 284 p.
- Wright S.* *Evolution and genetics of populations*. Chikago : Univ. Chikago press, 1969. Vol. 2. 511 p.

## References

- Altukhov Yu. P.* *Genetic processes in populations*. Moscow : Akademkniga, 2003. 431 p.
- Analysis of genetic variability of plus trees of Scots pine by isoenzyme markers / *Z. Kh. Shigapov, A. V. Nikolaev, A. I. Shigapova, K. A. Urazbakhtina* // *Genetics and selection in the service of the forest : tez. doc. International scientific-practical conf. (June 28–29, 1996, Voronezh)*. Voronezh : NIILGiS, 1996. P. 26.
- Bergmann F., Ruetz W.* Isozyme Genetic Variation and Heterozygosity in Random Tree Samples and Selected Orchard Clones from the Same Norway Spruce Populations // *Forest Ecology and Management*. 1991. Vol. 46, № 1–2. P. 39–47. DOI: 10.1016/0378-1127(91)90243-O
- Bondarenko A. S., Zhigunov A. V.* *Statistical processing of forest research materials*. St. Petersburg : Polytechnic University, 2016. 125 p.
- Butorina A. K., Mashkina O. S., Kamalova I. I.* The use of molecular markers in genetics, selection and seed production of forest tree plants // *Forest crops, selection of tree species in the south of the Russian Plain : materials interregional. conf., Dedicated to the 95<sup>th</sup> anniversary of birth. assoc. Enkova Elizaveta Ivanovna*. Voronezh : VGLTA. 2007. P. 10–35.
- Cheliak W. M., Murray G., Pitel J. A.* Genetic Effects of Phenotypic Selection in White Spruce // *Forest Ecology and Management*. 1998. Vol. 24, № 2. P. 139–149. DOI: 10.1016/0378-1127(88)90117-X
- Determination of the Shannon biodiversity index of plant communities formed by edifying trees on the example of forests of the north of Western Siberia / *V. R. Tsibulsky, S. P. Arefiev, V. P. Novikov* [et al.] // *Bulletin of NVSU*. 2021. № 24 (54). P. 32–38.
- Development and characterization of 25 EST-SSR markers in *Pinus sylvestris* var. *mongolica* (*Pinaceae*) / *P. Fang, S. Niu, H. Yuan* [et al.] // *Applications in Plant Sciences*. 2014. № 2. P. 1–6.



- Doyle J.J., Doyle J.L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue // *Phytochem. Bull.* 1987. № 19. P. 11–15.
- El-Kassaby Y.A. Domestication and genetic diversity – should we be concerned // *The Forestry Chronicle.* 1992. Vol. 68. № 6. P. 687–700.
- Genetic diversity and the survival of populations / G. Booy, R.J.J. Hendriks, M.J.M. Smulders [et al.] // *Plant biology.* 2000. № 2. P. 379–395. DOI: 10.1055/s-2000-5958
- Genetic pool of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) under reforestation in extreme environment / Y. Yanbaev, R. Sultanova, L. Blonskaya [et al.] // *Wood Research.* 2020. Vol. 65. № 3. P. 459–470. DOI: 10.37763/wr.1336-4561/65.3.459470
- Genetic variation of *Pinus sylvestris* L. plus trees and their seed progeny by microsatellite loci / A.E. Demkovich, I.I. Korshikov, D.V. Politov [et al.] // *Plant physiology and genetics.* 2014. Vol. 46, № 5. P. 395–405.
- Genetic variability, structure and differentiation of populations of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the North-East of the Russian Plain according to molecular genetic analysis / S.V. Boronnikova, Y.S. Nechaeva, Y.V. Prishnivskaya, I.V. Boboshina // *Genetics.* 2015. Vol. 51, № 12. P. 1401–1409.
- Gostimsky S.A., Kokaeva Z.G., Bobrova V.K. Use of molecular markers for plant genome analysis // *Genetics.* 1999. Vol. 35, № 11. P. 1538–1549.
- Ilyin A.A., Raevsky B.V. The use of microsatellite loci in the study of the positive gene pool of the common pine *Pinus sylvestris* L. in Karelia // *Proceedings of the Karelian Scientific Center PAH.* 2018. № 6. P. 124–134.
- Ivanovskaya S.I., Khomchenko E.N., Novikova O.M. Molecular genetic analysis of *Pinus sylvestris* L. on forest plantations // *Problems of forestry and forestry: a collection of scientific works of the ILNAN of Belarus.* Issue 67. Gomel : ILNAN of Belarus, 2007. P. 155–162.
- Kalko G.V., Kotova T.M., Kuzmina M.V. Microsatellite analysis of natural and artificial populations of *Pinus sylvestris* L. in the North-West of Russia // *Modern forest science: problems and prospects : Materials of the All-Russian Scientific Practice. conf. December 20–22, 2017. Voronezh : Origins, 2017.* P. 27–32.
- Kalchenko L.I., Tarakanov V.V. Phased certification of trees on clone plantations of Scots pine: using the method of phenetics // *Coniferous boreal zone.* 2010. Vol. XXVII, № 1–2. P. 87–90.
- Kamalov R.M., Petyurenko M. Yu., Degtyareva A.P. Variability of indicators of molecular markers in clones of plus trees of Scots pine *Pinus sylvestris* L. // *Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry.* 2022. № 3. P. 4–13.
- Kimura M. The number of alleles that can be maintained in a finite population // *Genetics (US).* 1964. Vol. 49. P. 725–738.
- Koski V. A Note on Genetic Diversity in Natural Populations and Cultivated Stands of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) // *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales.* 2000. Vol. 9. № 1. P. 89–96.
- Krivorotova T.N., Sheikina O.V. Genetic structure of forest plantations and plantations of ordinary pine in the Middle Volga region // *Bulletin of the Volga State Technological University. Ser. : Forest. Ecology. Nature management.* 2014. № 1 (21). P. 77–86.
- Krutovsky K.V. From population genetics to population genomics of forest tree species: an integrated population-genomic approach // *Genetics.* 2006. Vol. 42. № 10. P. 1088–1100.
- Lakin G.F. *Biometrics.* 3rd ed., Revised and add. Moscow : Higher School, 1980. 293 p.
- Larionova A. Ya. Genetic variability of ordinary pine in the southeastern part of the range // *Genetics.* 2002. Vol. 38. № 12. P. 1641–1647.
- Milyutina T.N., Sheikina O.V., Novikov P.S. Molecular genetic studies of variability of *Pinus sylvestris* plus tree clones by ISSR markers // *Coniferous boreal zone.* 2013. № 1–2. Vol. XXXI. P. 102–105.
- Molecular genetic analysis of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus sibirica* Du Tour populations in the Perm Territory based on ISSR-PCR polymorphism markers / Yu.I. Nechaeva, N.A. Pystogova, N.V. Chertov, S.V. Boronnikova // *Science and Practice Bulletin.* 2021. Vol. 7. № 4. P. 12–21. DOI: 10.33619/2414-2948/65/01



- Nei M.* Genetic distance between populations // *The American Naturalist*. 1972. Vol. 106. P. 283–292.
- Nei M.* Molecular population genetics and evolution. North Holland Publishing Company, Amsterdam Oxford ; American Elsevier Publishing Company, Inc, New York, 1975. 234 p.
- Novikov P.S., Sheikina O.V.* ISSR analysis of pine trees (*Pinus sylvestris*) of various breeding categories // *Scientific journal KubSAU*. 2012. № 82 (08). P. 100–112.
- Politov D.V.* The use of molecular markers in forestry for the identification, inventory and assessment of the genetic diversity of forest resources // *Forestry information*. 2008. № 3–4. P. 24–27.
- Shoeva Y.V., Boronnikova S.V.* Genetic structure and interpopulation differentiation of eight *Pinus sylvestris* L. populations on the East European Plain // *Bulletin of Science and Practice*. 2019. Vol. 5. № 12. P. 89–97. DOI: 10.33619/2414-2948/49/10
- Schannon C.E., Weaver W.* The mathematical theory of communication Urbana // Univ. of Illinois Press. 1949. 284 p.
- Sheikina O.V., Romanov E.M.* Change in the genetic parameters of the positive gene pool of ordinary pine in the Republic of Mari El under the influence of individual selection of clones by phenotype // *Izvestia St. Petersburg Forestry Academy*. 2023. № 246. P. 249–262. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.246.249-262
- Shigapov Z.Kh.* Comparative genetic analysis of forested plantations and natural populations of Scots pine // *Forestry*. 1995. № 3. P. 19–24.
- Shishkina O.K., Zavisteva M.A., Rabtsun A.S.* Some results of practical application of DNA analysis for genetic identification of clones on ordinary pine LSP // *Lesnoy vestnik*. 2012. № 7. P. 92–94.
- The current state of selection and seed production of conifers / *Raevsky B.V., Ignatenko R.V., Novichonok E.V.* [et al.] // *IVUZ. Forest Journal*. 2022. № 6. P. 9–37. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-9-37
- Wright S.* Evolution and genetics of populations. Chikago : Univ. Chikago press, 1969. Vol. 2. 511 p.

#### ***Информация об авторах***

*Д. А. Рафикова – ассистент;*

*В. Ф. Коновалов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.*

#### ***Information about the authors***

*D. A. Rafikova – assistant;*

*V. F. Konovalov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.*

*Статья поступила в редакцию 26.07.2024; принята к публикации 02.09.2024.*

*The article was submitted 26.07.2024; accepted for publication 02.09.2024.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 194–204.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 194–204.

Научная статья

УДК 674.07

DOI: 10.51318/FRET.2024.89.95.020

## ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА СЛОЕВ НАНЕСЕННОГО ВОСКА НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ МАХАГОНИ (*SWIETENIA MAHAGONI* (L.) JACQ.)

Аята Умит

Университет Байбурт, факультет искусств и дизайна, кафедра внутренней архитектуры  
и дизайна окружающей среды, Байбурт, Турция

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

**Аннотация.** В данном исследовании были изучены некоторые поверхностные свойства (параметры цвета, индекс белизны  $WI^*$  и глянец (параллельно и перпендикулярно к волокнам под углами 20, 60 и 85°)) воска, нанесенного на древесину махагоны (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) с разным количеством слоев (1, 2 и 3). Была сформирована контрольная группа, и поверхности, обработанные воском, сравнивались с результатами. Согласно полученным результатам, количество слоев оказалось значимым во всех тестах в анализе дисперсии. В то время как образцы с тремя слоями нанесения дали самые высокие значения гляцевости, были замечены увеличения при осмотре. Значения  $WI^*$ , а также все параметры цвета уменьшались при нанесении слоев воска в обоих направлениях. Значения  $\Delta E^*$  составили 7,41 для однослойного нанесения воска, 8,87 для двух слоев и 9,81 для трех слоев. Поскольку полученные значения общего цветового отличия были очень близкими друг к другу, было замечено, что однослойное нанесение воска будет достаточным.

**Ключевые слова:** махагоны, индекс белизны, *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.; цвет, блеск, воск

**Для цитирования:** Аята У. Влияние количества слоев нанесенного воска на некоторые свойства поверхности махагоны (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 194–204.

Scientific article

## THE EFFECTS OF THE NUMBER OF COATS OF APPLIED WAX ON CERTAIN SURFACE PROPERTIES OF MAHOGANY (*SWIETENIA MAHAGONI* (L.) JACQ.) WOOD

Ayata Ümit

Bayburt University, Faculty of Arts and Design, Department of Interior Architecture and Environmental Design, Bayburt, Turkey

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

**Abstract.** In this research, some surface properties (color parameters, whiteness index:  $WI^*$ , and glossiness (parallel and perpendicular to the fibers at 20, 60, and 85 degrees)) were investigated on wax applications applied to mahogany (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) wood with different coat numbers (1, 2, and 3). A control group was formed, and the surfaces treated with wax were compared with the results. According to the determined results, the coat number was found to be significant in all tests in the analysis of variance. While the samples with three coats of application yielded the highest results in glossiness values, increases were observed upon examination. The  $WI^*$  values, as well as all color parameters, decreased with the application of wax layers in both directions.  $\Delta E^*$  values of 7,41 were recorded for a single coat of wax application, 8,87 for two coats, and 9,81 for three coats. Since the total color difference values obtained were very close to each other, it was observed that a single coat wax application would be sufficient.

**Keywords:** Mahogany; whiteness index, *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., color, glossiness, wax

**For citation:** Ayata U. The effects of the number of coats of applied wax on certain surface properties of mahogany (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) wood // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 194–204.

### Introduction

Waxes are also used as additives that affect the appearance, softness, and water repellency of different coating formulations (Bulian and Graystone, 2009). Plant waxes are derived from plant leaves, stems, or fruits, predominantly composed of alkyl esters. Their chain length and composition vary significantly based on the surface (Bower, 2005).

Natural waxes can serve as an interesting alternative to synthetic polymers while protecting wooden surfaces (Toward energy..., 2015). Waxes, whether animal or plant-derived, are esters formed from high molecular weight monohydroxy alcohols and high molecular weight carboxylic acids. They exhibit distinct chemical properties compared to solid and liquid oils, hydrocarbon or paraffin waxes, and synthetic polyether waxes like carbowax (Bodmier and Hermann, 1997).

Natural waxes contain various simple lipid components such as esters, ketones, fatty alcohols, mono-, di-, tri-acylglycerols, hydrocarbons, and sterol esters (Kolattukudy, 1976).

Waxes have a wide range of applications due to their specific properties. They are commonly used for texturing, oil gelling, and increasing viscosity (Badal and Delgoda, 2017).

Studies on various wax applications are observed in the literature. Peker et al., (The Effects..., 2024) investigated the effects of wax application (1, 2, and 3 coats) on some surface properties (color,  $WI^*$ , and glossiness) of olive (*Olea europaea* L.) wood. Since the results for 2 and 3 coat applications were very similar based on the  $\Delta E^*$  value, it was concluded that a 3rd coat application was unnecessary. Zhang et al. (Properties and durability..., 2022) the color properties of lodgepole pine (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon.)

and eucalyptus (*Eucalyptus saligna*) wood species treated with high melting point polyethylene wax for outdoor use were investigated for their characteristics and durability.

Peker et al., (2024b) examined how applying varying numbers of wax coats (1, 2, and 3) affected certain surface characteristics (glossiness, color and  $WT^*$ ) of plum (*Prunus domestica* L.) wood treated with wax. Their findings indicated that wax application led to alterations in the surface properties of the wood. Furthermore, they noted that due to the similarity in  $\Delta E^*$  values between the 2 and 3 coat applications, applying a 3rd coat was deemed unnecessary.

Akçay (2020) studied the effects of beeswax applications on lime, beech, poplar, and Scots pine woods, while Liu et al., (Colour and surface..., 2022) examined the  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values after wax applications to walnut (*Juglans regia*) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus*) woods.

Dao et al. (The effect of... 2018) investigated the color properties of sweetgum wood treated with hot wax material (wax and insect wax). Zhang et al. (Chromatic variability..., 2020) investigated the color parameters of larch (*Larix gmelinii*) wood treated with oil-wax coating.

In their study, Yang et al. (Effects of vacuum..., 2021) determined the color properties of Pterocarpus macrocarpus Kurz wood that had been subjected to wax impregnation at 90°C under atmospheric pressure for 48 h.

After conducting research in the literature, it is observed that wax application with different numbers of coats has not been performed on mahogany wood. If information about this tree species is to be provided: *Swietenia mahogany* (L.), a perennial large tree belonging to the Meliaceae family, is primarily grown in tropical regions such as India, Malaysia, and South China, and is highly valued for its top-quality wood (The chemistry..., 2000).

The heartwood of this tree has a distinct appearance, with the outer wood exhibiting a gray coloration. Depending on the specific species, the inner wood can range from yellow to reddish-brown and tends to darken over time when exposed to air (Şanıvar and Zorlu, 1980).

Mahogany is renowned globally as one of the most prized woods (20 Genetic resources..., 2010)

due to its unique combination of characteristics. It boasts a beautiful color and grain, is lightweight yet exceptionally strong and resistant to decay, and is remarkably easy to work with. Consequently, it finds widespread use in the production of high-end furniture, panels, musical instruments, and yachts (Grogan, 2011).

Furthermore, mahogany, along with some other species, is employed in the timber industry for crafting exquisite cabinets and furniture owing to the wood's color, structure, and durability (Gilman and Watson, 1994).

Providing information about this wood species, in mahogany wood, the screw-holding capacity is 38,36 N/mm<sup>2</sup> (Determination of screw..., 2018), the thermal conductivity value is 0,152 W/mK, and the density value is 0,732 g/cm<sup>3</sup>, the air-dry specific gravity is approximately 0,50–0,60 g/cm<sup>3</sup> (Şanıvar and Zorlu, 1980).

In the furniture industry, mahogany is extensively utilized both as solid wood and veneer due to its superior qualities. Its importation into Turkey results in higher costs, making veneer the predominant choice. It also finds applications in luxury settings and is well-suited for turning and carving. Mahogany-faced plywood is manufactured for various purposes, while solid wood applications are less common. Its mechanical strength is superior (Dinçel et al., 1970).

In this study, the effects of the number of coats on certain surface properties (color, glossiness, and whiteness index:  $WT^*$ ) of wax applied to mahogany (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) wood were investigated.

## Materials and Methods

### Wood Material

Mahogany (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) wood was chosen for this study. The test samples were prepared in dimensions of 100 mm × 100 mm × 15 mm. Subsequently, climate conditioning was applied to these samples at 20±2°C and 65 % relative humidity (ISO 554, 1976).

### Application of Wax to Wooden Material Surfaces

In the study, a mixture of natural and synthetic waxes was applied to oil wooden material surfaces using a brush, in 1, 2, and 3 coats.

## Determination of Whiteness Index ( $WI^*$ ) Characteristics

In this study, the Whiteness Meter BDY-1 device was used to determine the whiteness index ( $WI^*$ ) values (ASTM E313-15e1 2015) (Figure 1D).

## Determination of Glossiness Characteristics

Gloss tests were conducted using the ETB-0833 model gloss meter device according to ISO 2813 (1994) standard at three different angles ( $20^\circ$ ,  $60^\circ$ , and  $85^\circ$ ) in both perpendicular and parallel directions to the fibers (Figure 1E).

## Color Measurements Determination of Colour Characteristics

Color changes in the samples were assessed utilizing a CS-10 device (CHN Spec, China), adhering to the ASTM D 2244-3 (2007) standard, which employs the CIE  $10^\circ$  standard observer and CIE D65 light source, with an 8/d ( $8^\circ$ /diffuse illumination) setup (Fig. 1A). The analysis was conducted using the CIELAB color system. Total color variations were quantified using the formulas described in Ayata et al., (2021a;b).

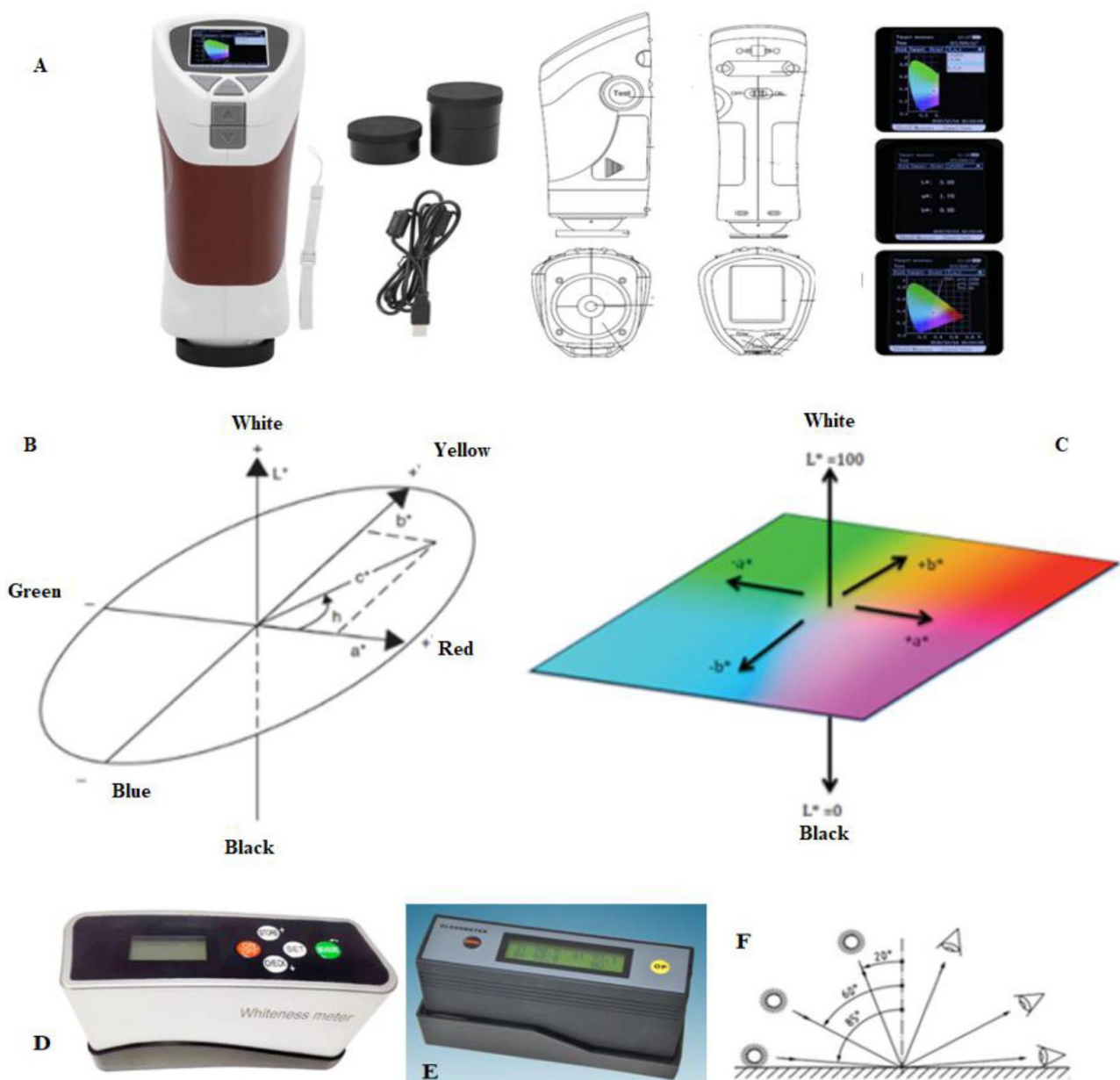


Fig. 1. Color measurement device (A), CIELAB color space and CIELCH color space (Gangakhedkar, 2010) (B), and RGB representation of CIE-Lab color space (Detecting objects..., 2012) (C), whiteness index measurement device (D), gloss measurement device (E), and measurement angles (ISO 2813, 2014) (F)



$$\Delta a^* = (a^*_{\text{wax applied}}) - (a^*_{\text{control}}) \quad (1)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{wax applied}}) - (L^*_{\text{control}}) \quad (2)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{wax applied}}) - (b^*_{\text{control}}) \quad (3)$$

$$\Delta E^* = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta a^*)^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad (5)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{wax applied}}) - (C^*_{\text{control}}) \quad (6)$$

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*) \quad (7)$$

$$\Delta H^* = ((\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2)^{1/2} \quad (8)$$

$\Delta L^*$ : Positive values of  $\Delta L^*$  signify a lighter shade than the reference, while negative values indicate a darker shade.  $\Delta H^*$ : Reflects changes in hue angle or shading.  $\Delta C^*$ : Indicates alterations in chroma or saturation. Positive values of  $\Delta C^*$  represent an increase in vibrancy and luminance compared to the reference, while negative values indicate a decrease in vividness and distinctiveness relative to the reference.  $\Delta a^*$ : Positive values of  $\Delta a^*$  indicate a shift towards a more pronounced red tone compared to the reference, whereas negative values suggest a shift towards a greener hue.  $\Delta b^*$ : Positive values of  $\Delta b^*$  represent an increase in yellowness compared to the reference, while negative values indicate an increase in blueness (Lange, 1999).

Moreover, the color change criteria outlined in Table 1 by Barański et al., (High temperature..., 2017) have been juxtaposed with the results presented in Table 8.

Table 1

Color change criteria by Barański et al. (2017)

Color change criteria	▶	$\Delta E^*$ value
Invisible color change	▶	$\Delta E^* < 0.2$
Slight change of color	▶	$2 > \Delta E^* > 0.2$
Color change visible in high filter	▶	$3 > \Delta E^* > 2$
Color change visible with average quality of filter	▶	$6 > \Delta E^* > 3$
High color change	▶	$12 > \Delta E^* > 6$
Different color	▶	$\Delta E^* > 12$

### Statistical Analysis

In this study, an SPSS software was employed to analyze a range of parameters, including minimum and maximum values, identification of groups with similar traits, standard deviations, percentage variations ( %), multivariate coefficients of variation, and means.

### Results and Discussion

The results of the analysis of variance are provided in Table 2. According to these results, it is observed that the number of wax layers applied significantly affects the values of color parameters (Table 2).

Measurement results for color parameters are provided in Table 4. While the highest result for  $L^*$  was determined in the control group (38,12), the lowest result was found in samples with 3 coats of wax applied (30,82). Decreases in  $L^*$  values were observed with an increase in the number of coats. This situation was determined to be 15,06 %, 18,21 %, and 19,15 % for 1, 2, and 3 coat applications, respectively. The highest result for the  $a^*$  parameter was obtained in the control experimental group (13,14), while the lowest result was determined in samples with 3 coats of wax applied (11,57). Decreases in  $a^*$  values were observed with an increase in the number of coats applied (0,46 %, 4,19 %, and 11,95 % for 1, 2, and 3 coat applications, respectively) (Table 3).

Decreases in  $b^*$  were observed with an increase in the number of coats applied (30,47 %, 35,81 %, and 41,41 % for 1, 2, and 3 coat applications, respectively), While the highest result for  $b^*$  was determined in the control samples (15,36), the lowest result was found in samples with 3 coats of wax applied (9,00). The highest result for  $C^*$  was observed in the control group (20,22), while the lowest result was obtained in samples with 3 coats of wax applied (14,67). It was determined that decreases in  $C^*$  values were achieved with an increase in the number of coats applied, and the decreases were determined to be 16,52 %, 20,87 %, and 27,45 % for 1, 2, and 3 coat applications, respectively. The highest result for  $h^\circ$  was obtained in the control experimental group (49,49), while the lowest result was determined in samples with 2 coats of wax applied (38,07). Decreases in  $h^\circ$  were observed in 1, 2, and 3 coat applications by 20,75 %, 23,08 %, and 22,99 %, respectively (Table 3).

Peker et al., (The Effects..., 2024) reported that in wax application studies on olive (*Olea europaea* L.) wood surfaces with 1, 2, and 3 coats applied, it was observed that the values of  $C^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  increased as the number of coats increased, while  $L^*$  and  $h^\circ$  were reported. Akçay, (2020) reported that wax application to linden, beech, poplar, and Scots pine woods resulted

Table 2

Variance results of color parameters

Source	Test	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Number of coat	$L^*$	345,993	3	115,331	672,184	0,000*
	$a^*$	15,645	3	5,215	28,794	0,000*
	$b^*$	242,234	3	80,745	343,134	0,000*
	$C^*$	168,106	3	56,035	167,783	0,000*
	$h^\circ$	918,828	3	306,276	320,689	0,000*

\*: Significant

Table 3

Results of the color parameters

Test	Wax Application	N	Mean	Change Ratio (%)	HG	SD	Minimum	Maximum	COV
$L^*$	Control	10	38,12	–	A*	0,48	37,58	38,87	1,25
	1 coat	10	32,38	↓15,06	B	0,42	31,69	32,84	1,29
	2 coat	10	31,18	↓18,21	C	0,30	30,50	31,50	0,95
	3 coat	10	30,82	↓19,15	C**	0,44	30,24	31,46	1,44
$a^*$	Control	10	13,14	–	A*	0,46	12,28	13,68	3,50
	1 coat	10	13,08	↓0,46	A	0,34	12,63	13,57	2,60
	2 coat	10	12,59	↓4,19	B	0,39	12,03	13,15	3,09
	3 coat	10	11,57	↓11,95	C**	0,50	10,86	12,23	4,29
$b^*$	Control	10	15,36	–	A*	0,20	15,03	15,67	1,32
	1 coat	10	10,68	↓30,47	B	0,48	10,11	11,39	4,45
	2 coat	10	9,86	↓35,81	C	0,41	9,17	10,29	4,20
	3 coat	10	9,00	↓41,41	D**	0,71	8,04	9,86	7,87
$C^*$	Control	10	20,22	–	A*	0,40	19,64	20,72	1,98
	1 coat	10	16,88	↓16,52	B	0,55	16,21	17,72	3,28
	2 coat	10	16,00	↓20,87	C	0,51	15,13	16,70	3,17
	3 coat	10	14,67	↓27,45	D**	0,78	13,52	15,71	5,33
$h^\circ$	Control	10	49,49	–	A*	0,86	48,51	51,36	1,74
	1 coat	10	39,22	↓20,75	B	0,63	38,48	40,00	1,60
	2 coat	10	38,07	↓23,08	C**	0,92	36,94	39,61	2,41
	3 coat	10	38,11	↓22,99	C	1,36	36,09	39,69	3,56

COV: Coefficient of Variation, N: Number of Measurements, SD: Standard Deviation, HG: Homogeneity Group, \* Highest value, \*\* Lowest value

in a decrease in  $L^*$  values and an increase in  $a^*$  and  $b^*$  values. Similarly, Liu *et al.* (Colour..., 2022) reported that wax application to walnut (*Juglans regia*) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus*) woods led to a decrease in  $L^*$  values and an increase in  $a^*$  and  $b^*$  values. Peker *et al.* (Effects of different..., 2024) reported that increasing the number of wax

coats (1, 2, and 3) applied to wax-treated plum (*Prunus domestica* L.) wood led to a decrease in the  $L^*$  and  $h^\circ$  values, while the  $a^*$ ,  $C^*$ , and  $b^*$  values increased.

The analysis of variance results, as outlined in Table 4, indicates a significant impact of the number of wax layers applied on the glossiness values.

Table 4

Variance results of glossiness values

Source	Test	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Number of coat	⊥20° glossiness	0,432	3	0,144	216,000	0,000*
	⊥60° glossiness	113,837	3	37,946	1107,900	0,000*
	⊥85° glossiness	710,771	3	236,924	462,842	0,000*
	∥20° glossiness	0,917	3	0,306	268,317	0,000*
	∥60° glossiness	158,647	3	52,882	1034,091	0,000*
	∥85° glossiness	1243,797	3	414,599	2203,685	0,000*

\*: Significant

Measurement results for glossiness values are presented in Table 6. Looking at the gloss values, increases were determined in measurements taken parallel (∥) and perpendicular (⊥) to the fibers at 60 and 85 degrees. Increases in these measurements were obtained with an increase in the number of coats, with the lowest values determined in the control samples and the highest measurements found in samples belonging to the group with 2 coats applied. At 20 degrees, gloss measurements perpendicular to the fibers in control, 1, and 2 coat applications resulted in the same outcomes. Additionally, at 20 degrees, gloss measurements parallel to the fibers in control and 1 coat applications also yielded the same results (Table 5).

In the wax application studies conducted by Peker *et al.*, (The Effects..., 2024) on olive (*Olea europaea* L.) wood surfaces with 1, 2, and 3 coats applied, it was reported that the gloss values increased following the increase in the number of coats applied. Peker *et al.* (Effects of different..., 2024) reported that after applying wax to plum (*Prunus domestica* L.) wood with different numbers of coats (1, 2, and 3), increases in gloss values were observed at both 60 and 85 degrees. Conversely, decreases were observed with one coat of wax at 20 degrees in both directions, while increases were noted with two and three coats of wax.

The analysis of variance, detailed in Table 6, highlights a notable influence of the number of wax layers applied on the whiteness index (*WI\**) values.

Measurement results for whiteness index (*WI\**) values are shown in Table 7.

Decreases were determined in *WI\** values in both parallel (∥) and perpendicular (⊥) measurements with an increase in the number of coats applied. In addition, *WI\** values ⊥ to the fibers were found to be higher than those ∥ to the fibers. *WI\** values in both directions were higher in the control samples compared to wax-applied samples (⊥:5,45 and ∥:2,38). Decreases in *WI\** values ⊥ to the fibers were determined to be 38,53 %, 51,56 %, and 56,70 % for 1, 2, and 3 coat applications, respectively, while decreases in *WI\** values ∥ to the fibers were determined to be 49,58 %, 57,98 %, and 68,49 % for 1, 2, and 3 coat applications, respectively (Table 7).

In the wax application studies conducted by Peker *et al.* (The Effects ..., 2024) on olive (*Olea europaea* L.) wood surfaces with 1, 2, and 3 coats applied, it was observed that the *WI\** (in both directions) values decreased following the increase in the number of coats applied. Peker *et al.* (Effects of different..., 2024) observed that increasing the number of wax coats (1, 2, and 3) applied to wax-treated plum (*Prunus domestica* L.) wood resulted in a decrease in the *WI\** values (in both directions).

The results for total color differences ( $\Delta C^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta E^*$ , and  $\Delta H^*$ ) are presented in Table 8. Following all wax applications,  $\Delta L^*$  (darker than the reference),  $\Delta a^*$  (greener than the reference),  $\Delta b^*$  (bluer than the reference), and  $\Delta C^*$  (duller, matte than the reference) values were determined to be negative.  $\Delta E^*$  values were found to be 7,41 for 1 coat wax application, 8,87 for 2 coat wax application, and 9,81 for 3 coat wax application.  $\Delta H^*$  and  $\Delta E^*$  values increased with the number of coats.

Table 5

Results of the glossiness values

Test	Wax Application	N	Mean	Change Ratio ( %)	HG	SD	Minimum	Maximum	COV
⊥20°	Control	10	0,10	–	B**	0,00	0,10	0,10	0,00
	1 coat	10	0,10	0,00	B**	0,00	0,10	0,10	0,00
	2 coat	10	0,10	0,00	B**	0,00	0,10	0,10	0,00
	3 coat	10	0,34	↑240,00	A*	0,05	0,30	0,40	15,19
⊥60°	Control	10	0,12	–	D**	0,04	0,10	0,20	35,14
	1 coat	10	0,44	↑266,67	C	0,10	0,30	0,50	21,96
	2 coat	10	2,31	↑1825,00	B	0,22	2,10	2,60	9,45
	3 coat	10	4,34	↑3516,67	A*	0,28	3,90	4,70	6,44
⊥85°	Control	10	0,10	–	C**	0,00	0,10	0,10	0,00
	1 coat	10	0,16	↑60,00	C	0,10	0,10	0,30	60,38
	2 coat	10	4,56	↑4460,00	B	0,46	4,20	5,10	10,19
	3 coat	10	10,40	↑10300,00	A*	1,35	9,30	12,80	12,98
∥20°	Control	10	0,10	–	C**	0,00	0,10	0,10	0,00
	1 coat	10	0,10	0,00	C**	0,00	0,10	0,10	0,00
	2 coat	10	0,20	↑100,00	B	0,00	0,20	0,20	0,00
	3 coat	10	0,47	↑370,00	A*	0,07	0,40	0,60	14,36
∥60°	Control	10	0,44	–	C**	0,08	0,30	0,50	19,17
	1 coat	10	0,56	↑27,27	C	0,05	0,50	0,60	9,22
	2 coat	10	3,41	↑675,00	B	0,14	3,30	3,60	4,02
	3 coat	10	5,16	↑1072,73	A*	0,42	4,60	5,80	8,13
∥85°	Control	10	0,13	–	D**	0,05	0,10	0,20	37,16
	1 coat	10	0,54	↑315,38	C	0,13	0,40	0,70	23,42
	2 coat	10	8,26	↑6253,85	B	0,26	8,00	8,70	3,14
	3 coat	10	13,46	↑10253,85	A*	0,82	12,60	14,90	6,07

COV: Coefficient of Variation, N: Number of Measurements, SD: Standard Deviation, HG: Homogeneity Group, \*: Highest value, \*\*: Lowest value

Table 6

Variance results of whiteness index (WI\*) values

Source	Test	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Number of coat	WI* (⊥)	58,542	3	19,514	1858,476	0,000*
	WI* (∥)	15,647	3	5,216	492,811	0,000*

\* Significant

Table 7

Results of the whiteness index (WI\*) values

Test	Wax Application	N	Mean	Change Ratio (%)	HG	SD	Minimum	Maximum	COV
WI* ⊥	Control	10	5,45	–	A*	0,14	5,30	5,60	2,48
	1 coat	10	3,35	↓38,53	B	0,14	3,20	3,50	4,04
	2 coat	10	2,64	↓51,56	C	0,05	2,60	2,70	1,96
	3 coat	10	2,36	↓56,70	D**	0,05	2,30	2,40	2,19
WI* 	Control	10	2,38	–	A*	0,20	2,00	2,60	8,36
	1 coat	10	1,20	↓49,58	B	0,00	1,20	1,20	0,00
	2 coat	10	1,00	↓57,98	C	0,00	1,00	1,00	0,00
	3 coat	10	0,75	↓68,49	D**	0,05	0,70	0,80	7,03

COV: Coefficient of Variation, N: Number of Measurements, SD: Standard Deviation, HG: Homogeneity Group, \*: Highest value, \*\*: Lowest value

Table 8

Results of total color differences

Wax Application	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	Color Change Criterion (High temperature..., 2017)
1 coat	-5,74	-0,06	-4,68	-3,33	3,29	7,41	High color change (12 > $\Delta E^*$ > 6)
2 coat	-6,94	-0,55	-5,50	-4,22	3,57	8,87	
3 coat	-7,30	-1,56	-6,36	-5,55	3,47	9,81	

When the results obtained in this study are compared with the values given in Table 1 Barański *et al.* (High temperature..., 2017) for  $\Delta E^*$  evaluation, it is observed that the “high color change (12 >  $\Delta E^*$  > 6)” criterion is achieved for all applications (Table 8).

In the wax application studies conducted by Peker *et al.*, (The Effects..., 2024) on olive (*Olea europaea* L.) wood surfaces with 1, 2, and 3 coats applied,  $\Delta E^*$  values were reported as 5.73 for 1 coat application, 11.39 for 2 coat application, and 12,00 for 3 coat application. Peker *et al.*, (Effects of different..., 2024) determined the  $\Delta E^*$  values as 9,16 for 1 coat of wax, 11,36 for 2 coats of wax, and 11,14 for 3 coats of wax applied to wax-treated plum (*Prunus domestica* L.) wood.

**Conclusions**

The number of coats showed significance across all tests in the variance analysis.

For a single coat of wax application,  $\Delta E^*$  values were recorded at 7,41, for two coats at 8,87, and for three coats at 9,81.

Application of wax layers led to a decrease in whiteness index values and all color parameters in both directions.

While three coats of application resulted in the highest glossiness values, increases were noted upon inspection.

Due to the close proximity of total color difference values, it was observed that a single coat of wax application would suffice.



## References

- Akçay Ç. Determination of decay, larvae resistance, water uptake, color, and hardness properties of wood impregnated with honeybee wax // *BioResources*. 2020. № 15 (4). P. 8339–8354. DOI: 10.15376/biores.15.4.8339-8354
- ASTM D 2244-3:2007. Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates. ASTM International, West Conshohocken, PA. [astm.org](http://astm.org) (accessed 20.02.2024).
- ASTM E313-15e1:2015 Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA. [astm.org](http://astm.org) (accessed 20.02.2024).
- Ayata U., Cakicier N., Gurleyen L. Determination of the artificial aging performance of the apricot wood applied with UV system parquet varnish used indoors // *Furniture and Wooden Material Research Journal*. 2021a. № 4. P. 40–50. DOI: 10.33725/mamad.922311
- Ayata U., Cakicier N., Gurleyen L. Determination of some surface properties of UV curable varnish-applied cedar wood after artificial aging application // *Furniture and Wooden Material Research Journal*. 2021b. № 4. P. 45–154. DOI: 10.33725/mamad.1005120
- Badal S., Delgoda R. *Pharmacognosy: fundamentals, applications and strategy*, Kingston, Jamaica : University of the West Indies, 2017. [elsevier.com](http://elsevier.com) (accessed 20.02.2024). ISBN: 978-0-12-802104-0.
- Bodmier R., Hermann J. *Encyclopedia of Pharmaceutical Technology*. Waxes. Vol. 16. New York : Marcel Dekker, Inc ; 1997. P. 335–361.
- Bower J. D. *Waxes : Coatings Technology Handbook*. Third Edition *Coatings Technology Handbook* / Edited by Arthur A. Tracton. 2005. [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net) (accessed 20.02.2024).
- Bulian F., Graystone J. A. Chapter 3, Raw materials for wood coatings (1) – Film formers (Binders, Resins and Polymers) // *Wood Coatings : Theory and Practice*. 2009. [elsevier.com](http://elsevier.com) (accessed 20.02.2024). DOI: 10.1016/B978-0-444-52840-7.00003-5. ISBN: 9780444528407.
- Chromatic variability of larch wood impacted by high-temperature thermal treatment and oil-wax coating / J. Y. Zhang, T. Chesnokova, B. Y. Zhang, J. F. Zhan // *Journal Forest Eng*. 2020. № 5 (6). P. 64–75.
- Colour and surface chemistry changes of wood surfaces coated with two types of waxes after seven years exposure to natural light in indoor conditions / X. Liu, M. C. Timar, A. M. Varodi [et al.]. 2022, № 12 (11). 1689. <https://dergipark.org.tr> (accessed 20.02.2024). DOI: 10.3390/coatings12111689
- Detecting objects using color and depth segmentation with Kinect sensor / J. J. Hernandez-Lopez, A. L. Quintanilla-Olvera, J. L. López-Ramírez [et al.] // *Procedia Technology*. 2012. № 3. P. 196–204. DOI: 10.1016/j.protcy.2012.03.021
- Determination of screw holding capacity in walnut, maun, chestnut and lime woods / B. C. Bal, Ü. Ayata, V. Çavuş, F. T. Efe // *5th International Congress on Multidisciplinary Studies 02th-03th November 2018, Antalya, Turkey*, 2018. № 1 (1). P. 364–376.
- Diñçel K., Çelebi N., Şanivar N. Ağaç Te. / *Erkek Teknik Yüksek Öğretmen Okulu Yayınları, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul* : 1970, № 292. <https://dergipark.org.tr/> (accessed 20.02.2024).
- Effects of different coating layers on some surface properties of wax-applied plum (*Prunus domestica* L.) wood / H. Peker, E. H. Bilginer, Ü. Ayata [et al.] // *Sivas Cumhuriyet University Journal of Engineering Faculty*, 2024. P. 26–31.
- Effects of vacuum heat treatment and wax impregnation on the color of *Pterocarpus macrocarpus* Kurz / L. Yang, T. Han, Y. Liu, Q. Yin // *Bioresources*, 2021. № 16 (1). P. 954–963. DOI: 10.15376/biores.16.1.954-963
- Gangakhedkar N. S. 12 – Colour measurement of paint films and coatings, *Colour Measurement*, 2010. P. 279–311. DOI: 10.1533/9780857090195.2.279

- 20 Genetic resources and conservation of mahogany in Mesoamerica / C. Navarro, D. Boshier, S. Cavers, A. Lowe // Regional Examples of Forest Related Challenges and Opportunities, Forests and Society – Responding to Global Drivers of Change, Vienna, IUFRO (IUFRO World Series, Volume), 2010. P. 369–383.
- Gilman E. F., Watson D. G. Swietenia mahagoni mahogany fact sheet st- 2, 1994, № 608. elsevier.com (accessed 20.02.2024).
- Grogan J. Mahogany, Swietenia macrophylla king, fruit trees and useful plants in Amazonian life, 2011. P. 102–108.
- High temperature drying process of beech wood (Fagus sylvatica L.) with different zones of sapwood and red false heartwood / J. Barański, I. Klement, T. Vilková, A. Konopka // BioResources. 2017. № 12. P. 1861–1870. DOI: 10.15376/biores.12.1.1861-1870
- ISO 2813: Paints and varnishes – Determination of gloss value at 20°, 60° and 85°, Standard, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 2014. www.iso.org (accessed 20.02.2024).
- ISO 554:1976 Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland. 1976. www.iso.org (accessed 20.02.2024).
- Kolattukudy P. E. Chemistry and biochemistry of natural waxes, Elsevier, Amsterdam. 1976. www.semanticscholar.org (accessed 20.02.2024).
- Lange D. R. Fundamentals of Colourimetry – Application Report 1999, № 10e. DR Lange : New York, NY, USA. https://dergipark.org.tr (accessed 20.02.2024).
- Properties and durability of wood impregnated with high melting point polyethylene wax for outdoor use / L. Zhang, X. Yang, Z. Chen [et al.] // Journal of Wood Chemistry and Technology. 2022. № 42 (5). P. 342–351. DOI: 10.1080/02773813.2022.2095404
- Şarıvar N., Zorlu İ. Ağaçşleri Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Mesleki Ve Teknik Öğretim Kitapları, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, Etüd ve Programlama Dairesi Yayınları. 1980. № 43. elsevier.com (accessed 20.02.2024)
- The chemistry of the Meliaceae and Ptaeroxylaceae of southern and eastern Africa and Madagascar / D. A. Mulholland, B. Parel, P. Coombes, H. Curr // Current Organic Chemistry 2000, № 4 (10). P. 1011–1054. DOI: 10.2174/1385272003375941
- The effect of pretreatment method on the decorative effect of the wax furniture / T. G. Dao, T. T. Nguyen, X. Song [et al.] // In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. № 452 (2). 022009. DOI: 10.1088/1757-899X/452/2/022009
- The Effects of Wax Application on certain surface properties of olive (Olea europaea L.) wood / H. Peker, E. H. Bilginer, Ü. Ayata [et al.] // Journal of Marine and Engineering Technology. 2024. № 4 (1). P. 23–43.
- Toward energy efficiency through an optimized use of wood / A. Lozhechnikova, K. Vahtikari, M. Hughes, M. Österberg // The development of natural hydrophobic coatings that retain moisture-buffering ability, Energy and Buildings. 2015. № 105. P. 37–42. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.07.052

#### **Информация об авторах**

У. Аята – руководитель межвузовского совета, доцент, доктор Ph. D  
(обработка древесины).

#### **Information about the authors**

Ü. Ayata – Head of Inter-University Council, Associate Prof, Dr. Ph. D  
(Wood processing). Graduate School.

Статья поступила в редакцию 24.04.2024; принята к публикации 15.05.2024.

The article was submitted 24.04.2024; accepted for publication 15.05.2024.

---

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 205–206.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 205–206.

Персоналии

УДК 630.902

**УЧЕНЫЙ, БИОЛОГ, ПЕДАГОГ**  
**К 75-летию Анатолия Яковлевича Зюсько**  
**SCIENTIST, BIOLOGIST, TEACHER**  
**For the 75th anniversary of Anatoly Yakovlevich Zyusko**

Анатолий Яковлевич Зюсько родился 25 мая 1949 г. в г. Тавде Свердловской области. В четвертом классе учительница Зинаида Васильевна Ничикова организовала для школьников походы на озеро Белых лилий и Кошукские разливы весной 1961 г. С этого времени началась любовь Толи Зюсько к биологии, а с шестого класса он уже мечтал стать биологом. Последнему во многом способствовала покупка бинокля, позволяющего вести наблюдения.

После окончания школы в 1968 г. А. Я. Зюсько был призван в Советскую Армию и проходил службу во Владивостоке в штабе корпуса войск ПВО. Службу закончил в 1970 г. на должности начальника группы радиоконтроля в звании сержанта и в том же году поступил на рабфак Уральского государственного университета (УрГУ), а в 1971 г. был зачислен на первый курс биологического факультета указанного университета.

За период обучения в УрГУ участвовал в орнитологических экспедициях ИЭР и Ж УрО РАН под руководством д-ров биол. наук Н. Н. Данилова и В. К. Рябцева, а также был приглашен в лабораторию рек, озер и водохранилищ филиала Ленинградского государственного научно-исследовательского института озерного и рыбного хозяйства (ГОСНИОРХ) на должность младшего научного сотрудника.

Под руководством В. И. Медведева и А. И. Киселева Анатолий Яковлевич освоил ихтиологические методики исследования популяций. Расширению научного кругозора способствовали консультации З. М. Балабановой, М. Д. Тиронова, Н. В. Нестеренко и Г. М. Лопатышкиной. Студент



А. Я. Зюсько участвовал в изучении гиногенетических (бессамцовых) популяций серебряного карася и даже защитил курсовую работу по карасям озера Большая Индра.

На примере колебаний уловов карасей озера Большая Индра, Щелкун, Уелги, имеющих достоверную промысловую статистику, был установлен сложный циклический характер изменения уловов.

В 1975 г. им совместно с В. И. Медведевым было установлено наличие покатных половозрелых особей нельмы после нереста в р. Лозьве выше Баркинского переката и зафиксированы первые экземпляры леща в устье р. Синдейки.

Исследования р. Лозьвы вошли в дипломную работу и рукописные фонды УралГОСНИОРХ.

Совместно с А. И. Киселевым были выполнены работы по изучению первых пробных посадок пеляди (сырка) в карасевые водоемы Свердловской области. Позднее данные работы были продолжены под руководством В. П. Матюхина и Ю. Л. Гаврилова в озерах и водоохранилищах Свердловской и Челябинской, а затем под руководством А. И. Киселева в Курганской областях. Кроме того, была определена перспективность рыбоводно-мелиоративных мероприятий на примере выращивания сиговых в верховьях р. Малый Рефт. В 1981 г. на конференции УрО РАН был сделан доклад по оценке ущерба от попадания сиговых и других видов рыб в водозаборные сооружения водоема-охладителя Белоярской атомной электростанции.

В мае 1981 г. А. Я. Зюсько был приглашен на работу в лабораторию охраны природы Свердловского горного института для обследования рек в Иркутской области в зоне залегания крупнейших месторождений рудного и россыпного золота. Он изучал лососевых и хариусовых рыб на реках Витим, Патом, Жуя, Гара и их притоках. Всего с 1981 по 1988 г. было обследовано 57 рек.

На естественных нерестилищах рек Верхний и Нижний Атбастах и Торго впервые в российской ихтиологии получены оригинальные данные и описан эмбриогенез валька.

Работы проводились в районах промысловой охоты с 10 мая по 10 декабря, при этом обработка материала и описание результатов нередко проводились при свечах. Результаты исследований в 1990 г. были опубликованы в совместной с В. В. Русановым и В. Н. Ольшвангом монографии «Состояние отдельных компонентов водных биогеоценозов при разработке россыпных месторождений дражным способом».

В 1985 г. А. Я. Зюсько был приглашен в Уральский лесотехнический институт (ныне Уральский государственный лесотехнический университет) для проведения занятий по охотоведению на факультете общественных профессий. Занятия сопровождались показом большого количества фотогра-

фий и слайдов в сочетании с талантливой подачей материала. Благодарные отзывы слушателей обусловили переход А. Я. Зюсько в августе 1988 г. на должность старшего преподавателя, а в июне 1995 г. – доцента кафедры ботаники и защиты леса.

В 1993 г. А. Я. Зюсько защитил кандидатскую диссертацию на тему «Влияние повышенного содержания минеральных взвешенных веществ в воде на популяционные характеристики рыб горных рек» по специальности 03.00.16 – Экология.

В декабре 1997 г. он назначен приказом, а в октябре 1998 г. избран заведующим вышеуказанной кафедры. Обязанности заведующего кафедрой А. Я. Зюсько выполнял до 2009 г., т. е. практически до ухода на заслуженный отдых. За период работы А. Я. Зюсько организовал несколько экспедиций студентов в Забайкальский национальный парк, участвовал в организации природных парков «Таганай», «Белсу», «Зюраткуль», «Сибирские Увалы», «Самаровский Чугас», собрал великолепную флористическую коллекцию лесных зверей и птиц, которая позднее позволила создать учебный класс по биологии зверей и птиц. Под его руководством начала работать лаборатория таксодермии.

Особо следует отметить запомнившиеся сотням выпускников университета прекрасные лекции по биологии зверей и птиц, участие в открытии новой для университета специальности «Социально-культурный сервис и туризм», продолжение работы Сада лечебных культур им. проф. Л. И. Вигорова.

Ученики А. Я. Зюсько работают на руководящих должностях во многих субъектах РФ, часто приезжают к своему учителю, консультируются по разным вопросам. Анатолий Яковлевич прекрасный человек, семьянин, ученый. Хочется от всей души поздравить его с 75-летием и пожелать всего самого-самого наилучшего, а главное – крепкого здоровья на долгие годы.

*Зав. кафедрой лесоводства  
д-р с.-х. наук, проф.  
заслуженный лесовод РФ  
С. В. Залесов*