

ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ

Журнал

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

Издается с 2002 года
Выходит четыре раза в год



Редакционный совет:

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

Редколлегия:

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

Редакция журнала:

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

Фото на обложке И. А. Панина

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 13.09.2023.
Дата выхода в свет 20.09.2023.
Формат 60×84/8. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 11,76. Усл. печ. л. 14,88.
Тираж 100 экз. (1-й завод 36 экз.).
Заказ № 7718

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», 2023

К сведению авторов

Внимание!

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

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

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

Недоукомплектованный пакет материалов не рассматривается.

Плата за публикацию рукописей не взимается.

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

2. Структура представляемого материала следующая.

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

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

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

(Выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.)

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

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

Благодарности. Заполняется по желанию авторов.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Адрес электронной почты – journal_fr@m.usfeu.ru

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

Содержание

Котова В. С., Корчагин И. Е., Розинкина Е. П., Петров А. И., Осипенко Р. А., Годовалов Г. А. Определение перспективности сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) для создания карбоновых ферм	4
Уразов П. Н., Демидова А. В., Уразова А. Ф. Использование метода флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой для оценки качества среды в защитных лесных полосах	14
Кожевников А. П. Относительные значения параметров листьев потомства черемухи 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' как показатель генетического разнообразия коллекции на Среднем Урале	21
Григорьев А. А., Клям Р. С., Вьюхин С. О., Громов А. М., Балакин Д. С., Воробьев И. Б., Шалаумова Ю. В. Пространственно-временная динамика продвижения древесной и кустарниковой растительности в горную тундру Дальнего Таганая (Южный Урал)	28
Суслов А. В., Нагимов З. Я., Крючкова А. И., Шестаков А. В., Хафизов В. А. Оценка обеспечения непрерывности и неистощительности использования лесов на основе имитационного моделирования их возрастной структуры	39
Усольцев В. А., Цепордей И. С., Уразова А. Ф., Борников А. В. Биомасса подроста лесобразующих видов Урала и ее аллометрические модели	51
Мохначев П. Е., Махнева С. Г., Потапенко А. М., Бартыш А. А., Клеткин А. А. Основные показатели качества семян сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.), сформированных в условиях аэропромвыбросов разного химического состава	65
Фролова Т. И., Мухлынина Т. А. К вопросу о необходимости разработки приемов благоустройства буферных зон ООПТ областного значения на примере ООПТ УУОЛ в п. Северка	74
Аткина Л. И., Москаленко Е. В. Особенности озеленения храмового комплекса во имя Преображения Господня Екатеринбурга	82
Годовалов Г. А., Залесов С. В., Сураев П. Н., Мишкина И. А. Критерии подбора насаждений для опытных рубок	95
Вихарев С. Н. Исследование потоков волокнистой массы в гарнитуре ротора мельницы	106
Попова С. В. Изменчивость сеянцев сосны кедровой сибирской назаровского и мининского происхождения при разных условиях стратификации семян	116
Сергей Вениаминович Залесов	125

Content

Kotova V. S., Korchagin I. Well. It's Rosinkina. P., Petrov A. And., Osipenko R. A., Godovalov G. A.

Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) perspectiveness determination to create the carbon forms 5

Urazov P. N., Demidova A. V., Urazova A. F.

Using the method of fluctuating asymmetry of hanging birch leaves to assess the quality of the environment in protective forest strips 15

Kozhevnikov A. P.

Relative values of parameters of leaves of bird cherry progeny 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' as an indicator of genetic diversity of the collection in Middle Urals 22

Grigoriev A. A., Klyam R. S., Vyukhin S. O., Gromov A. M., Balakin D. S., Vorobyev I. B., Shalamova Yu. V.

Spatial-temporal dynamics of tree and shrub vegetation in the mountain tundra of Dalniy Taganay (Southern Urals) 29

Suslov A. V., Nagimov Z. Ya., Kryuchkova A. I., Shestakov A. V., Hafizov V. A.

Assessment of ensuring the continuity and sustainability of forest use based on the simulation of their age structure 40

Usoltsev V. A., Tsepordei I. S., Urazova A. F., Bortnikov A. V.

Biomass of the undergrowth plants in the ural forests and its allometric models 52

Mokhnachev P. E., Makhneva S. G., Potapenko A. M., Bartysh A. A., Kletkin A. A.

The main indicators of the quality of common pine seeds (*Pinus sylvestris* L.) formed under conditions of aerotechnogenic emissions of different chemical composition 66

Frolova T. I., Mukhlynina T. A.

To the question of the need to develop methods of improvement of buffer zones of protected areas of regional significance on the example of UUOL protected areas in the Severka 75

Atkina L. I., Moskalenko E. V.

Temple landscaping of the complex in the name of the Transfiguration of God of the city features of Yekaterinburg 83

Godovalov G. A., Zalesov S. V., Suraev P. N., Mishkina I. A.

Criteria for selection of stands for experimental cuttings 96

Vikharev S. N.

Research of streams of fibrous weight in plate of rotor refiner 107

Popova S. V.

Seed stratification variability seedlings of siberian cedar pine of nazarov and mininsky origin under different conditions 117

Sergey Veniaminovich Zalesov 125

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 4–13.

Forest of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 4–13.

Научная статья

УДК 630.174.754:504.06

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.001

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРБОНОВЫХ ФЕРМ

Вероника Сергеевна Котова¹, Иван Евгеньевич Корчагин²,
Екатерина Павловна Розинкина³, Александр Иванович Петров⁴,
Регина Александровна Осипенко⁵, Геннадий Александрович Годовалов⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Вероника Сергеевна Котова,

Veronikakotova880@gmail.com

Аннотация. По показателю значений флуктуирующей асимметрии хвои подроста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) предпринята попытка определения перспективности использования данной породы-лесообразователя для создания карбоновых ферм на нарушенных землях. Объектом исследований служил подрост сосны обыкновенной, произрастающий на выработанной части Исетского гранитного карьера и на прилегающих территориях. Район проведения исследований относится к Средне-Уральскому таежному лесному району.

У экземпляров подроста отбирались образцы парных хвоинок 2022 и 2021 гг. У каждой пары в лабораторных условиях замерялась длина хвоинок с целью установления показателя флуктуирующей асимметрии. Сравнение полученных показателей у подроста, произрастающего на выработанной части карьера и на опушке леса, показало отсутствие статистически достоверных различий в показателях флуктуирующей асимметрии. Таким образом, на бедном питательными элементами субстрате выработанного гранитного карьера сосна обыкновенная прекрасно себя чувствует и не испытывает стрессового состояния. Последнее позволяет рекомендовать сосну обыкновенную в качестве главной древесной породы при создании карбоновых ферм на нарушенных землях. Главным при выборе сосны является тот факт, что она хорошо растет даже на субстратах, бедных питательными веществами.

Ключевые слова: депонирование углерода, рекультивация, карбоновая плантация, выработанный карьер, сосна обыкновенная

Для цитирования: Определение перспективности сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) для создания карбоновых ферм / В. С. Котова, И. Е. Корчагин, Е. П. Розинкина, А. И. Петров, Р. А. Осипенко, Г. А. Годовалов // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 4–13. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.001.

Scientific article

SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) PERSPECTIVENESS DETERMINATION TO CREATE THE CARBON FORMS

Veronika S. Kotova¹, Ivan E. Korchagin², Ekaterina P. Rozinkina³,
Aleksandr I. Petrov⁴, Regina A. Osipenko⁵, Gennadiy A. Godovalov⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Veronika Sergeevna Kotova,

Veronikakotova880@gmail.com

Abstract. In terms of the fluctuating asymmetry value of scots pine undergrowth needess (*Pinus sylvestris* L.) an attempt was made to determine the prospets to use this type of forest former for creating carbon forms on disturbed lands. The object of research was the scots pine undergrowth growing on the developed part of the iset granite quarry and on the adjacent territories. The study area belongs to the middle Ural taiga forest region.

From specimens of undergrowth, samples of paired needess of 2022 and 2021 years, were taken. For lach pair in laboratory conditions it was measured the length of the needles in order to determine the fluctuating asymmetry indicator. Comparison of indicators of undergrowth growing on the developed part of the quarry and on the edge of the forest showed the absence of statistically significant differences in fluctuating asymmetry indicators. Thus, on a nutrient-poor substarate of a worked out granite quarry. Scots pine fleels perfectly well and does not experience a stressful state. The latter maxed it possible to recommend scots pine as a main tree species in the creation of carbon farms on disturbed lands when choosing pine, the main fact is fact that it grows well even on substrates poor in nutrients.

Keywords: carbon storage, carbon plantation, reclamation, worked out quarry, scots pine

For citation: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) perspectiveness determination to create the carbon forms / V. S. Kotova, I. T. Korchagin, E. P. Rozinkina, A. I. Petrov, R. A. Osipenko, G. A. Godovalov // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 4–13. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.001.

Введение

Длительная разведка, добыча и переработка полезных ископаемых в Уральском регионе привела к тому, что здесь накопились значительные площади нарушенных земель. Указанные нарушенные земли подвергаются эрозии, ухудшая экологическую обстановку и условия жизни населения (Качество жизни..., 2013; Жилищно-коммунальное хозяйство..., 2017).

Проблема минимизируется проведением рекультивационных работ, в частности созданием искусственных насаждений в процессе биологического этапа рекультивации. При этом накоплен опыт рекультивации отвалов и карьеров на месторождениях хризотил-асбеста (Подрост..., 2021; Залесов и др., 2022), тантал-бериллия (Рекультива-

ция..., 2018), золоотвалов (Формирование..., 2013; Zalesov et al., 2020), нарушенных земель в зоне влияния медеплавильного производства (Бачурина и др., 2020; Bachurina et al., 2022). Однако данные работы требуют больших трудовых и финансовых затрат, поэтому очень важно правильно выбрать главные породы для создания искусственных насаждений на нарушенных землях.

В целях определения перспективности древесных пород для создания лесных культур может быть использован показатель флуктуирующей асимметрии, хорошо зарекомендовавший себя при оценке состояния березы повислой, произрастающей в различных лесорастительных условиях (Использование..., 2014; Залесов и др., 2017а; Данчева и др., 2022).

Актуальность установления перспективности конкретных видов древесных растений для рекультивации нарушенных земель возрастает в связи с проблемой необходимости депонирования углерода лесной растительностью как альтернативы сжиганию углеводородов. Работы в данном направлении уже ведутся (Полигон..., 2021; Залесов, 2021).

Цель, объекты и методика исследований

Цель работы – определение перспективности сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) для создания карбоновых ферм по показателю флуктуирующей асимметрии при рекультивации выработанного гранитного карьера в Средне-Уральском таежном лесном районе.

Объектом исследований служил Исетский карьер добычи гранита, расположенный на территории Уральского учебно-опытного лесхоза (УУОЛ) Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ). Согласно схеме лесорастительного районирования (Колесников и др., 1974),



Рис. 1. Выходы гранита рядом с выработанной частью карьера

Fig. 1. Granite outcrops near the worked-out part of the quarry

территория УУОЛ относится к южно-таежному округу Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области.

В соответствии с действующими нормативными документами район проведения исследований относится к Средне-Уральскому таежному району, а в соответствии с рекомендациями ученых УГЛТУ (Годовалов и др., 2011; К вопросу..., 2016) – к горному подрайону Средне-Уральского таежного лесного района.

Исетское месторождение гранита занимает вершину и сравнительно крутые южный и северо-восточный склоны г. Толстик с выходами гранита на дневную поверхность (рис. 1).

Первые геолого-разведочные работы на Исетском месторождении гранита проводились в 1939 г., после чего начались добыча строительного камня и производство щебня. На сегодняшний день добыча гранита продолжается. Однако часть карьера уже выработана и требует рекультивации. На выработанной части карьера ведется технический этап рекультивации, заключающийся в отсыпке поверхности карьерной выемки слоем грунта.

На рекультивируемой части карьера планируется создание опытных карбоновых ферм путем посадки семян высокопроизводительных древесных пород и формирования в будущем высокопроизводительных насаждений.

Одной из наиболее перспективных древесных пород для создания карбоновых ферм является сосна обыкновенная, характеризующаяся устойчивостью против неблагоприятных природных факторов, низкой требовательностью к почвенному плодородию, быстрым ростом. Данная древесная порода прекрасно зарекомендовала себя при рекультивации других видов нарушенных земель, что было отмечено ранее. Однако в научной литературе отсутствуют данные о ее использовании при рекультивации выработанных карьеров гранита.

Поскольку на территории выработанной части карьера имеются экземпляры подроста сосны обыкновенной (рис. 2), нами предпринята попытка анализа состояния подроста сосны, произрастающего на выработанной части карьера, склоне г. Толстик с выходами гранита и на опушке леса

по показателю флуктуирующей асимметрии. Известно (Использование..., 2014; Залесов и др., 2017б; Осипенко Р. А., Осипенко А. Е., 2018), что указанный показатель хорошо зарекомендовал себя при оценке состояния насаждений в различных лесорастительных условиях. Последнее позволило разработать и утвердить методику по оценке качества среды на основании показателей флуктуирующей асимметрии (Методические рекомендации..., 2003).

Выбор сосны обыкновенной для создания карбоновых ферм обусловлен также анализом древесной растительности, формирующейся на выработанной части карьера (Характеристика..., 2022).

Исследования заключались в замере длины парных хвоинок у 4-летнего подростка сосны обыкновенной согласно методическим рекомендациям (Скрипальщикова, Стасова, 2014; Данчева и др., 2023).

Индекс флуктуирующей асимметрии (ИФА) определялся по формуле

$$\text{ИФА} = \frac{2(L - R)}{L + R}, \quad (1)$$

где L – длина левой хвоинки, см; R – длина правой хвоинки, см.

Стабильность подростка сосны обыкновенной устанавливалась по специальной шкале (табл. 1).



Рис. 2. Подрост и всходы сосны в выработанной части гранитного карьера

Fig. 2. Undergrowth and shoots of pine in the developed part of the granite quarry

Таблица 1

Table 1

Шкала оценки стабильности развития сосны обыкновенной по ИФА

(Данчева и др., 2023)

The scale of assessment of the stability of the development of scots pine according to IFA

(Dancheva et al., 2023)

Величина ИФА The value of the IFA	Оценка влияния антропогенного фактора Assessment of the impact of the anthropogenic factor	Балл Mark
0,00–0,003	Нормальное Normal	1
0,0031–0,004	Слабое Weak	2
0,0041–0,005	Умеренное Moderate	3
0,0051–0,006	Высокое High	4
0,0061–0,009	Очень высокое Very high	5
>0,009	Критическое Critical	6

Результаты и обсуждение

Выполненные исследования показали, что длина хвои первого и второго года у подростка сосны обыкновенной, произрастающего в разных лесорастительных условиях, существенно различается (табл. 2).

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что хвоя первого года длиннее всего у подростка, произрастающего на опушке леса. При этом данный подрост характеризуется минимальной длиной хвои второго года, а лидерство переходит к подросту, произрастающему на горе. Различия в длине хвои статистически достоверны на 95 %-ном уровне значимости. Так, в частности, длина хвои первого года у подростка, произрастающего на дне выработанного карьера гранита, меньше, чем у аналогичной хвои подростка, выросшего на опушке леса, в 1,6 раза. При этом для показателя длины хвои второго года характерна обратная закономерность: у подростка на карьере длина хвои второго года превышает таковую у подростка, произрастающего на опушке леса, в 1,4 раза.

Наиболее благоприятные лесорастительные условия для произрастания подростка сосны обыкновенной складываются на опушке леса. Однако на длину хвои здесь оказывают влияние дополнительные факторы, такие как конкуренция со стороны живого напочвенного покрова.

Более объективную характеристику об условиях произрастания позволяет получать показатель флуктуирующей асимметрии. Исследования показали, что данный показатель довольно стабилен у подростка, произрастающего на опушке леса, вершине горы и на дне выработанного гранитного карьера (табл. 3).

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что влияние природных и антропогенных факторов проявляется на показателях флуктуирующей асимметрии хвои подростка сосны обыкновенной как текущего, так и прошлого года. Так, величина ИФА варьируется от 0,00008 до 0,0067, т. е. оценка влияния факторов изменяется от нормальной до очень высокой. При этом у хвои текущего (первого) года худшие показатели зафиксированы не у подростка, произрастающего на дне карьерной выемки, а у подростка на вершине горы. Последнее, на наш взгляд, объясняется недостатком влаги на вершине горы с мелкими неполно развитыми почвами на гранитной плите, что наглядно было показано на рис. 1.

Хвоя второго года характеризуется более низкими показателями ИФА. При этом худшие показатели ИФА наблюдаются у хвои подростка, произрастающего на дне карьера, а лучшие – на опушке леса.

Таблица 2

Table 2

Длина хвои у подростка сосны обыкновенной,
произрастающего в различных условиях
The length of needles in the undergrowth of the common pine,
growing in various conditions

Место произрастания Place of growth	Длина хвои по годам, см Length of needles by years, cm	
	Первого года The first year	Второго года Second year
Опушка леса The edge of the forest	6,42 ± 0,08	5,04 ± 0,07
Вершина горы Top of the mountain	4,72 ± 0,03	8,41 ± 0,08
Карьер Quarry	4,05 ± 0,06	6,92 ± 0,13

Таблица 3
Table 3

Состояние подроста сосны обыкновенной по индексу
флуктуирующей асимметрии (ИФА)
The state of the undergrowth of scots pine according to the index
of fluctuating asymmetry (IFA)

Место произрастания Place of growth	Хвоя первого года Needles of the first year		Хвоя второго года Needles of the second year	
	Величина ИФА The value of the IFA	Оценка влияния фактора Assessment of the influence of the factor	Величина ИФА The value of the IFA	Оценка влияния фактора Assessment of the influence of the factor
Опушка леса The edge of the forest	0,0042	Умеренное Moderate	0,0008	Нормальное Normal
Вершина горы Top of the mountain	0,0067	Очень высокое Very high	0,0048	Умеренное Moderate
Карьер Quarry	0,0058	Высокое High	0,0054	Высокое High

В целом можно отметить, что даже в экстремальных условиях гранитного карьера степень влияния природных и антропогенных факторов не является для подроста сосны обыкновенной критической. Другими словами, сосна обыкновенная является на Урале весьма перспективным видом для создания карбоновых ферм на нарушенных землях, в частности на территории выработанных карьеров добычи гранита. Данная древесная порода в состоянии даже при выращивании на бедных питательными элементами субстратах создавать устойчивые высокопроизводительные насаждения. Последнее подтверждается материалами выполненных нами исследований флуктуирующей асимметрии хвои у подроста, а также данными других авторов, изучавших производительность искусственных сосновых насаждений на нарушенных землях (Залесов и др., 2017а; Рекультивация..., 2018; Zalesov et al., 2020).

Выводы

1. Депонирование углерода из атмосферного воздуха наиболее эффективно можно производить путем создания карбоновых ферм на нарушенных землях.
2. Учитывая низкую требовательность сосны обыкновенной к плодородию почвы и широкий ареал ее произрастания, следует изучить перспективность использования культур сосны на карбоновых фермах.
3. Анализ показателей длины хвои и флуктуирующей асимметрии показал, что подрост сосны обыкновенной характеризуется высокой устойчивостью и хорошим состоянием в различных лесорастительных условиях и в частности на дне выработанного карьера гранита.
4. Проведенные исследования подтвердили гипотезу о высокой перспективности сосны обыкновенной для создания карбоновых ферм на Урале.

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). С. 67–71. DOI: 10.18412-1816-0395-2020-6-67-71.
- Годовалов Г. А., Залесов С. В., Лежнина Е. Н. Районирование лесов Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2011. № 8 (87). С. 35–36.

- Данчева А. В., Залесов С. В., Назарова В. В. Оценка состояния среды придорожных территорий города Тюмень на основе использования методов биоиндикации // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 240. С. 47–63. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.240.47-63.
- Данчева А. В., Залесов С. В., Попов А. С. Лесной экологический мониторинг. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. 146 с.
- Жилищно-коммунальное хозяйство и качество жизни в XXI веке: экономические модели, новые технологии и практики управления / Л. С. Азаренков, Г. В. Астратова, Я. П. Силин, Г. С. Ахыбаева и др. М. ; Екатеринбург : Науковедение, 2017. 600 с.
- Залесов С. В. Роль болот в депонировании углерода // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 7 (109). Ч. 2. С. 6–9. DOI: 10.23670/IRJ.2021.109.7.033.
- Залесов С. В., Заринов Ю. В., Осипенко Р. А. Опыт лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных земель при разработке месторождений глины, хризотил-асбеста и редкоземельных руд. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2022. 282 с.
- Залесов С. В., Заринов Ю. В., Фролова Е. А. Анализ состояния подроста березы повислой (*Betula pendula* Roth.) на отвалах месторождений хризотил-асбеста по показателю флуктуирующей асимметрии // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2017а. № 1 (46). С. 71–77.
- Залесов С. В., Заринов Ю. В., Залесова Е. С. Естественная рекультивация отвала вскрышных пород и отходов обогащения асбестовых руд // Аграрный вестник Урала. 2017б. № 3 (157). С. 35–38.
- Использование показателя флуктуирующей асимметрии березы повислой для оценки ее состояния / С. В. Залесов, Б. О. Азбаев, Л. А. Белов, Ж. О. Суюндиков, Е. С. Залесова, А. С. Оплетаев // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: www.science-education.ru/119-14518 (дата обращения: 10.12.2022).
- Качество жизни: проблемы и перспективы XXI века / А. В. Мехренцев, М. И. Хрущева, С. В. Залесов, В. А. Леонгардт и др. Екатеринбург : Стратегия позитива™, 2013. 532 с.
- К вопросу о необходимости уточнения перечня лесных районов Свердловской области / Г. А. Годовалов, С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. И. Черных // Леса России и хозяйство в них. 2016. № 3 (58). С. 12–19.
- Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1974. 177 с.
- Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур) : утв. распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 г. № 460-р. URL: [https:// base.garant.ru/2159808](https://base.garant.ru/2159808) (дата обращения: 10.12.2022).
- Осипенко Р. А., Осипенко А. Е. Флуктуирующая асимметрия хвои сосны обыкновенной как индикатор загрязнения окружающей среды горнодобывающим предприятием // Леса России и хозяйство в них. 2018. № 4. С. 30–37.
- Подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах месторождения хризотил-асбеста / Ю. В. Заринов, С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. С. Попов, Е. П. Платонов, Н. П. Стародубцева // Известия вузов. Лесной журнал. 2021. № 5. С. 22–33.
- Полигон «Урал-Карбон» (Северка) / С. В. Залесов, В. В. Фомин, Е. П. Платонов, Г. А. Годовалов, К. А. Башегуров, П. Н. Сураев // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3 (78). С. 4–14. DOI: 10.51318/FRET.2021.89.34.001.
- Рекультивация нарушенных земель на месторождении тантал-бериллия / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, Ю. В. Заринов, А. С. Оплетаев, О. В. Толкач // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 12. С. 63–67.

- Скрипальщикова Л. Н., Стасова В. З. Биоиндикационные показатели стабильности развития насаждений в нарушенных ландшафтах // Сибирский лесной журнал. 2014. № 2. С. 62–72.
- Формирование искусственных насаждений на золоотвале Рефтинской ГРЭС / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. А. Зверев, А. С. Оплетаев, А. А. Терин // ИВУЗ. Лесной журнал. 2013. № 2 (332). С. 66–73.
- Характеристика древесной и кустарниковой растительности, произрастающей на Исетском гранитном карьере / А. Е. Осипенко, К. А. Башегуров, И. Е. Корчагин, И. А. Панин, Р. А. Осипенко, П. В. Щеплягин, Е. С. Искандерова, В. С. Котова // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 3. С. 39–48.
- Bachurina A. V., Zalesov S. V., Ayan S. Characteristics of plantations on disturbed lands in copper smelting zone in urals, Russia // Forest, 2022. P. 1–9. DOI: 10.5152/forestist.2022.22019.
- Zalesov S. V., Ayan S., Zalesova E. S., Opletaev A. S. Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia // Alinteri Journal of Agriculture Sciences. 2020. № 35 (1). DOI: 10/28955/alinterizbd. 696559.

References

- Bachurina A. V., Zalesov S. V., Ayan S. Characteristics of plantations on disturbed lands in copper smelting zone in urals, Russia // Forest, 2022. P. 1–9. DOI: 10.5152/forestist.2022.22019.
- Bachurina A. V., Zalesov S. V., Tolkach O. V. Efficiency of forest reclamation of disturbed lands in the zone of influence of copper smelting // Ecology and industry of Russia. 2020. № 24 (6). P. 67–71. DOI: 10.18412-1816-0395-2020-6-67-71. (In Russ.)
- Characteristics of woody and shrubby vegetation growing on the Iset granite quarry / A. E. Osipenko, K. A. Bashegurov, I. E. Korchagin, I. A. Panin, R. A. Osipenko, P. V. Shcheplyagin, E. S. Iskanderova, V. S. Kotova // Forests of Russia and the economy in them. 2022. № 3. P. 39–48. (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Nazarova V. V. Assessment of the state of the environment of the roadside territories of the city of Tyumen based on the use of bioindication methods // Izvestiya of the St. Petersburg Forestry Academy. 2022. Issue 240. P. 47–63. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.240.47-63. (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V., Popov A. S. Forest ecological monitoring. Yekaterinburg : UGLTU, 2023. 146 p. (In Russ.)
- Formation of artificial plantings at the ash dump of Reftinskaya GRES / S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. A. Zverev, A. S. Opletaev, A. A. Terin // IVOZ. Forest magazine. 2013. № 2 (332). P. 66–73. (In Russ.)
- Godovalov G. A., Zalesov S. V., Lezhnina E. N. Zoning of forests of the Sverdlovsk region // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. № 8 (87). P. 35–36. (In Russ.)
- Housing and communal services and quality of life in the XXI century: economic models, new technologies and management practices / L. S. Azarenkov, G. V. Astratova, Ya. P. Silin, G. S. Akhybayeva, etc. Moscow, Yekaterinburg : Publishing Center “Science Studies”. 2017. 600 p. (In Russ.)
- Kolesnikov B. P., Zubareva R. S., Smolonogov E. P. Forest growing conditions and types of forests of the Sverdlovsk region. Sverdlovsk : UNC of the USSR Academy of Sciences, 1974. 177 p. (In Russ.)
- Methodological recommendations for assessing the quality of the environment according to the state of living beings (assessment of the stability of living organisms by the level of asymmetry of morphological structures). Approved. By the Order of Rosecology dated 16.10.2003 № 460-R. URL: <http://base.garant.ru/2159808> (accessed: 10.12.2022). (In Russ.)
- On the need to clarify the list of forest areas of the Sverdlovsk region / G. A. Godovalov, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. I. Chermnykh // Forests of Russia and the economy in them. 2016. № 3 (58). P. 12–19. (In Russ.)
- Osipenko R. A., Osipenko A. E. Fluctuating asymmetry of pine needles as an indicator of environmental pollution by a mining enterprise // Forests of Russia and the economy in them. 2018. № 4. P. 30–37. (In Russ.)

- Quality of life: problems and prospects of the XXI century / A. V. Mehrentsev, M. I. Khrushchev, S. V. Zalesov, V. A. Leonhardt, etc. Yekaterinburg : Publishing house of the Group of Companies "Strategy positivaTM", 2013. 532 p. (In Russ.)
- Recultivation of disturbed lands at the tantalum-beryllium deposit / S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, Yu. V. Zaripov, A. S. Opletaev, O. V. Tolkach // Ecology and industry of Russia. 2018. Vol. 22. № 12. P. 63–67. (In Russ.)
- Skripalshchikova L. N., Stasova V. Z. Bioindicational indicators of the stability of the development of plantings in disturbed landscapes // Siberian Forest Journal. 2014. № 2. P. 62–72. (In Russ.)
- The use of the indicator of fluctuating asymmetry of the hanging birch to assess its condition / S. V. Zalesov, B. O. Azbaev, L. A. Belov, Zh. O. Suyundikov, E. S. Zalesova, A. S. Opletaev // Modern problems of science and education. 2014. № 5. URL: www.science-education.ru/119-14518 (accessed: 10.12.2022). (In Russ.)
- Undergrowth of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on the dumps of the chrysotile-asbestos deposit / Yu. V. Zaripov, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. S. Popov, E. P. Platonov, N. P. Starodubtseva // News of universities. Lesnoy Zhurnal. 2021. № 5. P. 22–33. (In Russ.)
- Ural-Carbon Landfill (Severka) / S. V. Zalesov, V. V. Fomin, E. P. Platonov, G. A. Godovalov, K. A. Bashegurov, P. N. Suraev // Forests of Russia and agriculture in them. 2021. № 3 (78). P. 4–14. DOI: 10.51318/FRET.2021.89.34.001. (In Russ.)
- Zalesov S. V. The role of swamps in hydrocarbon deposition // International Scientific Research Journal. 2021. № 7 (109). Part 2. P. 6–9. DOI: 10.23670/IRJ.2021.109.7.033. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Zaripov Yu. V., Frolova E. A. Analysis of the undergrowth of hanging birch (*Betula pendula* Roth.) on the dumps of chrysotile-asbestos deposits according to the indicator of fluctuating asymmetry // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, 2017. № 1 (46). P. 71–77. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Zaripov Yu. V., Osipenko R. A. Experience in the forestry direction of recultivation of disturbed lands during the development of clay, chrysotile-asbestos and rare earth ores. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2022. 282 p. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Zaripov Yu. V., Zalesova E. S. Natural recultivation of the dump of overburden rocks and waste from the enrichment of asbestos ores // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. № 3 (157). P. 35–38. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Ayan S., Zalesova E. S., Opletaev A. S. Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia // Alinteri Journal of Agriculture Sciences, 2020, № 35 (1). DOI: 10/28955/alinterizbd. 696559.

Информация об авторах

В. С. Котова – учащаяся, Уральский лесной колледж
Уральского государственного лесотехнического университета,
Veronikakotova880@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-7342-5577>;

И. Е. Корчагин – аспирант,
Vankorch92@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1272-8579>;

Е. П. Розинкина – аспирант,
rozinkinaep@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8000-9122>;

А. И. Петров – аспирант,
PetrovAI2009@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2409-481x>;

Р. А. Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук,
Osipenkora@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3359-3079>;

Г. А. Годовалов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Godovalovga@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2309-2302>.

Information about the authors

*V. S. Kotova – student, Ural Forestry College of the Ural State Forest Engineering University,
Veronikakotova880@gmail.com , <http://orcid.org/0000-0001-7342-5577>;*

*I. E. Korchagin – Postgraduate student,
Vankorch92@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1272-8579>;*

*E. P. Rozinkina – Postgraduate student,
rozinkinaep@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8000-9122>;*

*A. I. Petrov – Postgraduate student,
PetrovAI2009@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2409-481x>;*

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

*G. A. Godovalov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Godovalovga@m.usfeu.ru , [http://orcid.org / 0000-0002-2309-2302](http://orcid.org/0000-0002-2309-2302).*

Статья поступила в редакцию 17.04.2023; принята к публикации 20.05.2023.

The article was submitted 17.04.2023; accepted for publication 20.05.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 14–20.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 14–20.

Научная статья

УДК 574.3

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.002

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ

Павел Николаевич Уразов¹, Анастасия Владимировна Демидова²,
Алина Флоритовна Уразова³

^{1, 2, 3} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

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

² dnastay03@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3531-175X>

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

Аннотация. С индустриальным развитием регионов увеличивается и техногенная нагрузка на экосистемы. Такую нагрузку на лесную экосистему в Свердловской области оказывает Свердловская железная дорога. Железная дорога влияет на придорожные лесные полосы, ухудшая их санитарное состояние. Это указывает на необходимость оценки и контроля за их состоянием.

В целях мониторинга за состоянием насаждений вдоль железнодорожных путей можно использовать простые, но эффективные методы биоиндикации, в частности на основе флуктуирующей асимметрии листовой пластинки. С помощью этого метода была проведена оценка состояния защитных лесных насаждений березы повислой (*Betula pendula* Roth.) на участках пути Свердловской железной дороги Екатеринбург – Каменск-Уральский. Для исследования были выбраны три участка – 28-й, 51-й и 53-й километры пути.

На основании полученных данных была сделана оценка качества. Исследование показало, что уровень флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.) чувствителен к действию загрязнений от железной дороги. Спектр загрязнения защитных лесных насаждений вдоль железной дороги промышленными поллютантами разнообразен. Об этом свидетельствуют результаты исследования. В процессе работы выявлено, что защитные лесные полосы на 51-м километре пути железной дороги Екатеринбург – Каменск-Уральский имеют уже критический балл экологического состояния. В целом состояние защитных лесных полос характеризуется относительно однородным уровнем со значительными отклонениями от нормы показателей флуктуирующей асимметрии березы повислой (*Betula pendula* Roth.) – 0,046–0,053. Это указывает на необходимость дальнейшего контроля за состоянием защитных лесных полос.

Ключевые слова: защитные лесные полосы, береза повислая (*Betula pendula* Roth.), флуктуирующая асимметрия, интегральный показатель асимметрии, биоиндикация, качество среды

Для цитирования: Уразов П. Н., Демидова А. В., Уразова А. Ф. Использование метода флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой для оценки качества среды в защитных лесных полосах // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 14–20. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.002.

Scientific article

USING THE METHOD OF FLUCTUATING ASYMMETRY OF HANGING BIRCH LEAVES TO ASSESS THE QUALITY OF THE ENVIRONMENT IN PROTECTIVE FOREST STRIPS

Pavel N. Urazov¹, Anastasia V. Demidova², Alina F. Urazova³

^{1, 2, 3} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

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

² dnastay03@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3531-175X>

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

Abstract. With the industrial development of the regions, the anthropogenic load on ecosystems is also increasing. Such a load on the forest ecosystem in the Sverdlovsk region is exerted by the Sverdlovsk Railway. The railway affects roadside forest strips, worsening their sanitary condition. This indicates the need to assess and monitor their condition.

In order to monitor the condition of plantings along railway tracks, simple but effective bioindication methods can be used, in particular, based on the fluctuating asymmetry of the leaf blade. With the help of this method, the assessment of the state of protective forest stands of hanging birch (*Betula pendula* Roth.) on the sections of the Yekaterinburg – Kamensk-Uralsky railway of the Sverdlovsk Railway was carried out. Three sections were selected for the study – 28, 51 and 53 kilometers of the way.

Based on the data obtained, a quality assessment was made. The study showed that the level of fluctuating asymmetry of the leaves of the hanging birch (*Betula pendula* Roth.) is sensitive to the effects of pollution from the railway. The spectrum of contamination of protective forest stands along the railway by industrial pollutants is diverse. This is evidenced by the results of the study. In the course of the work, it was revealed that the protective forest strips on 51 kilometers of the Yekaterinburg – Kamensk-Uralsky railway track already have a critical score of ecological condition. In general, the condition of protective forest strips is characterized by a relatively uniform level with significant deviations from the norm of the fluctuating asymmetry of the hanging birch (*Betula pendula* Roth.) – 0.046–0.053. This indicates the need for further monitoring of the condition of protective forest strips.

Keywords: protective forest strips, hanging birch (*Betula pendula* Roth.), fluctuating asymmetry, integral indicator of asymmetry, bioindication, environmental quality

For citation: Urazov P. N., Demidova A. V., Urazova A. F. Using the method of fluctuating asymmetry of hanging birch leaves to assess the quality of the environment in protective forest strips // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 14–20. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.002.

Введение

В последние десятилетие экологическая обстановка приобретает особое значение в обеспечении качества жизни (Жилищно-коммунальное хозяйство..., 2017). К сожалению, в индустриально развитых регионах сложно поддерживать благоприятную экологическую обстановку. Важная роль в улучшении экологической обстановки принадлежит лесным насаждениям. Они вырабатывают

кислород и очищают воздух от вредных загрязнителей, снижают уровень шума на окружающую среду и человека. Но также лесные насаждения страдают от антропогенного влияния.

Свердловская железная дорога является одним из крупнейших территориальных филиалов ОАО «РЖД», обслуживает железнодорожную инфраструктуру Урала и Западной Сибири и, к сожалению, вносит определенный негативный вклад

в экологическую обстановку региона, являясь источником неблагоприятных химических, физических и биологических факторов. Поскольку большинство продуктов выбросов транспортных средств не разлагаются ни биологически, ни химически, они могут негативно влиять на рост растений и экосистем (Влияние..., 2023).

Вдоль железных дорог для их защиты от неблагоприятных природных явлений высаживают защитные лесные полосы (ЗЛП). Они защищают линейные объекты, которыми являются железные дороги, от неблагоприятного воздействия, мешающего их функционированию. Но, как говорилось выше, железнодорожная инфраструктура оказывает на защитные лесные насаждения негативное влияние.

В таком случае крайне необходима оценка стабильности биологических систем. И это диктует необходимость в мониторинге состояния окружающей среды и различных ее компонентов. Наиболее чувствительны к тем или иным изменениям среды виды-индикаторы (Рассаина, 2007).

Индикаторами степени загрязненности окружающей среды (биоиндикаторами) могут служить различные виды живых организмов, в том числе деревья, произрастающие вдоль железнодорожных линий. ЗЛП вдоль линейных объектов являются отличным «поглотителем» всех загрязняющих веществ, поступающих от подвижного состава (Матвеева, 2009). В целях мониторинга за состоянием насаждений вдоль путей можно использовать простые, но эффективные методы биоиндикации, в частности на основе флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.). Под флуктуирующей асимметрией понимают отклонения от идеальной симметрии морфологических признаков, которые вызваны в том числе стрессами окружающей среды. Появление асимметрии или уменьшение площади листовой пластины происходит под воздействием антропогенных факторов (Залесов и др., 2017; Бачурина, Куликова, 2019). Они характеризуют мелкие нарушения стабильности развития организма, вызванные состоянием окружающей среды. Благодаря анализу величины флуктуирующей асимметрии можно оценить состояние придорожных защитных полос.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью исследования являлась оценка качества среды в придорожных ЗЛП вдоль участка Свердловской железной дороги методом флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.).

Объектами исследований были выбраны посадки березы повислой (*Betula pendula* Roth.), нашедшие широкое применение в оценке состояния окружающей среды (Здоровье..., 2000). Отобранные деревья произрастают на различных участках пути Екатеринбург – Каменск-Уральский – 28-м, 51-м и 53-м километрах. Участки находятся на территории Белоярского городского округа. 28-й километр располагается в непосредственной близости к д. Поварня, а 51-й, 53-й – около д. Логиново. Древесная растительность на этих участках в основном представлена березой повислой. Деревья в данных рядовых посадках характеризуются различным возрастом (от 70 до 80 лет), расстоянием между рядами (от 3 до 5 м).

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха на данных участках являются выхлопные газы дизельных двигателей локомотивов и токсичные вещества, выделяемые тепловыми электростанциями, производящими электроэнергию для электротранспорта, а также предприятиями по производству и ремонту подвижного состава.

Самые большие загрязнители: сажа, оксиды углерода, сера и азот, углеводороды, свинец. Накопление этих веществ в воздухе приводит к значительному ущербу для растительности (кислотные дожди), а также для здоровья человека (смог).

Согласно методике для оценки антропогенной нагрузки, на участках был произведен сбор листьев с учетных деревьев равномерно по окружности нижней части кроны в количестве по 20 шт. (рис. 1). Сорванные листья упаковывались в конверты и маркировались. Количество учетных деревьев на пробных участках принималось равным десяти. Общее количество учетных деревьев составило 30 шт., с которых собрано 600 листьев. Сбор производился после прекращения массового роста листьев в сентябре 2022 г. Измерения проводились сразу после сбора.

Для оценки стабильности развития деревьев у каждого листа были сняты пять морфологических показателей с помощью линейки и транспортира, как показано на рис. 2. Схема замеров для определения показателя флуктуирующей асимметрии: 1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй от основания листа жилки второго порядка; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Первые четыре параметра снимались линейкой, угол между жилками измерялся транспортиром. Длину жилок и расстояние между ними измеряли с точностью до 0,1 мм, угол прикрепления второй жилки к основной – с точностью до 0,5°.

После замеров вычислялась величина асимметричности каждого признака для каждого обмеренного листа Y . Для этого разность значений по одному признаку, измеренному слева X_L и справа X_R , делят на сумму значений этих же признаков:

$$Y = \frac{X_L - X_R}{X_L + X_R}.$$

Подобные вычисления производились по каждому признаку. В результате получалось 5 значений Y для одного листа. Такие же расчеты производились для каждого листа в отдельности.

Затем устанавливалась величина асимметрии каждого листа Z . Для этого сумму относительных различий по всем признакам надо разделить на число признаков N :

$$Z = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{N}.$$

Эти расчеты производились для каждого листа.

И последним вычислялось среднее относительное различие на признак для выборки X . Для этого все значения асимметрии каждого листа складывались $\sum Z$ и делились на число этих значений n :

$$X = \frac{\sum Z}{n},$$

Полученное значение округлялось до третьего знака после запятой.

Этот показатель характеризует степень асимметричности организма.

Для каждого из участков наблюдения определялись интегральный показатель флуктуирующей

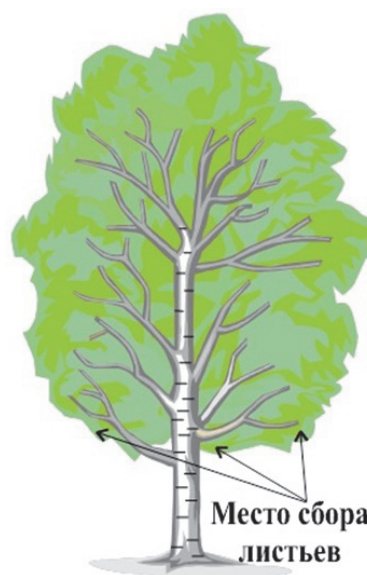


Рис. 1. Место сбора листьев на кроне дерева
Fig. 1. Place of collection of leaves on the crown of a tree

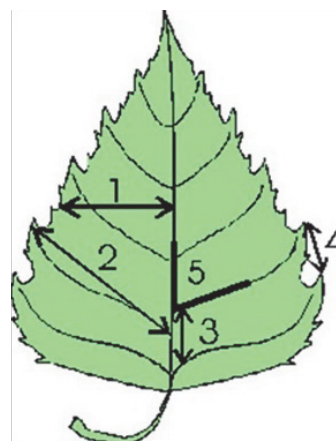


Рис. 2. Схема замеров листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) для определения показателей флуктуирующей асимметрии
Fig. 2. Diagram of measurements of the leaf blade of the hanging birch (*Betula pendula* Roth.) to define indicators fluctuating asymmetry

асимметрии и балл согласно шкале оценки отклонений состояния организма от условий нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой (Здоровье..., 2000). Диапазон между этими пороговыми уровнями ранжируется в порядке возрастания значений показателя: I балл (до 0,040), II (0,040–0,044), III (0,045–0,049), IV (0,050–0,054), V балл (более 0,054). По мере увеличения значения балла качество среды ухудшается. Так, если I балл соответствует условной норме, то при V балле условия среды характеризуются как критические.

Результаты исследования

Интегральные показатели стабильности развития каждого участка и зависимость интегрального показателя асимметрии листьев березы повислой на обследованных участках представлены в таблице.

Материалы таблицы свидетельствуют, что качество окружающей среды Белоярского городского округа и его окрестностей не соответствует норме. Состояние среды на 53-м километре пути оценивается как среднее (III балл), на 28-м километре – близко к критическому (IV балл), на 51-м – как критическое (V балл). Это доказывает, что экологическая ситуация на данных участках соответствует явному неблагоприятному воздействию, и такие изменения приводят к ухудшению санитарного состояния насаждения (Уразова, Герц, 2022).

Использование метода определения состояния окружающей среды по асимметрии листовых пластинок березы повислой позволяет оперативно без дорогостоящих приборов определить экологическую обстановку, осуществлять экологический мониторинг за состоянием окружающей среды. Уникальность метода наряду с простотой применения объясняется возможностью его использования при наличии различных видов негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Для того чтобы повысить устойчивость и долговечность насаждений в ЗЛП, необходимо проводить следующие лесоводственные мероприятия: выполнять реконструктивные работы в разрушенных рядах, защищать насаждение от вредителей и болезней.

Рассчитанные интегральные показатели флуктуирующей асимметрии листовых пластинок
Calculated integral indicators of fluctuating asymmetry of leaf blades

Участок Region	Возраст, лет Age, years	Интегральный показатель асимметрии Integral indicator of asymmetry	Балл состояния (по В. М. Захарову) Status score (according to V. M. Zakharov)	Значение стабильности развития The importance of development stability
28 км (km)	81	0,053	4	Значительное отклонение от нормы Significant deviation from the norm
51 км (km)	71	0,058	5	Критическое состояние Critical condition
53 км (km)	71	0,046	3	Средний уровень отклонения от нормы The average level of deviation from the norm

Выводы

Расчет интегральных показателей флуктуирующей асимметрии березы повислой (*Betula pendula* Roth.) позволяет получить продуктивную оценку качества среды на трех участках пути железной дороги Екатеринбург – Каменск-Уральский. Общее состояние среды оценивается от среднего до критического.

Проведенные исследования показали, что метод флуктуирующей асимметрии листовой пластины березы повислой можно использовать для изучения состояния насаждений в условиях длительного воз-

действия железнодорожного транспорта на прилегающие территории, так как на ЗЛП возложена важная функция защиты прилегающих территорий не только от неблагоприятных природных явлений, но и от всех видов техногенного воздействия.

В целях повышения точности оценки состояния деревьев в искусственных насаждениях березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в ЗЛП необходимо проводить многолетний мониторинг для более полной картины и оценки качества состояния среды в условиях воздействия железнодорожного транспорта.

Список источников

- Бачурина А. В., Куликова Е. А.* Оценка качества среды на территории г. Новотроицка Оренбургской области по состоянию березы повислой // *Леса России и хозяйство в них*. 2019. № 2 (69). С. 30–37.
- Влияние железнодорожного транспорта на природу // *Экология жизни*. 2021. URL: <https://ecoplanet777.com/vliyanie-zheleznodorozhnogo-transporta-na-prirodu/> (дата обращения: 10.04.2023).
- Жилищно-коммунальное хозяйство и качество жизни в XXI веке: экологические модели, новые технологии и практики управления : монография / *Я. П. Силин, Г. В. Астратова* [и др.]. М. : Науковедение, 2017. 600 с.
- Залесов С. В., Бачурина А. В., Шевелина А. О.* Оценка стабильности состояния березы на различном удалении от ОАО «Уфалейникель» // *Леса России и хозяйство в них*. 2017. № 1 (64). С. 21–27.
- Здоровье среды: методика оценки / *В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов, А. В. Валецкий, Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова, А. Т. Чубинишвили*. М. : Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
- Матвеева А. А.* Состояние и экологическая роль защитных лесных насаждений вдоль железных дорог (в пределах г. Волгограда) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Матвеева Анна Александровна. Волгоград, 2009. 22 с.
- Рассадына Е. В.* Биоиндикация и ее место в системе мониторинга окружающей среды // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2007. № 2. С. 48–53.
- Уразова А. Ф., Герц Э. Ф.* Состояние защитных лесных полос железных дорог и их пожарная безопасность // *Успехи современного естествознания*. 2022. № 4. С. 35–41.

References

- Bachurina A. V., Kulikova E. A.* Assessment of environmental quality in the territory of Novotroitsk, Orenburg region on the condition of the overhanging birch // *Forests of Russia and management in them*. 2019. № 2 (69). P. 30–37. (In Russ.)
- Environmental health: assessment methodology / *V. M. Zakharov, A. S. Baranov, V. I. Borisov, A. V. Valetsky, N. G. Kryazheva, E. K. Chistyakova, A. T. Chubinishvili*. Moscow : Center for Russian Environmental Policy, 2000. 68 p. (In Russ.)
- Housing and communal economy and the quality of life in the XXI century: ecological models, new technologies and management practices : monograph / *Ya. P. Silin, G. V. Astratova* [et al.]. Moscow : Naukovedenie, 2017. 600 p. (In Russ.)
- Matveeva A. A.* State and ecological role of protective forest plantations along railroads (within Volgograd): thesis abstract for the degree of candidate of agricultural sciences / Matveeva Anna Alexandrovna. Volgograd, 2009. 22 p. (In Russ.)
- Rassadina E. V.* Bioindication and its place in the system of environmental monitoring // *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2007. P. 48–53. (In Russ.)
- The impact of rail transport on nature // *Ecology of Life*. URL: <https://ecoplanet777.com/vliyanie-zheleznodorozhnogo-transporta-na-prirodu/> (accessed: 10.04.2023).
- Urazova A. F., Hertz E. F.* State of protective forest belts of railroads and their fire safety // *Advances in Modern Natural Science*. 2022. № 4. P. 35–41. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Bachurina A. V., Shevelina A. O.* Assessment of the stability of the birch at different distances from Ufaleynickel OJSC // *Forests of Russia and the economy in them*. 2017. № 1 (64). P. 21–27. (In Russ.)

Информация об авторах

П. Н. Уразов – аспирант;

А. В. Демидова – магистрант;

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

Information about the authors

P. N. Urazov – Postgraduate student;

A. V. Demidova – Master's student;

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

Статья поступила в редакцию 11.04.2023; принята к публикации 10.05.2023.

The article was submitted 11.04.2023; accepted for publication 10.05.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 21–27.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 21–27.

Научная статья

УДК 630*181.61:470.51/.54

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.003

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТЬЕВ ПОТОМСТВА ЧЕРЕМУХИ 'ГИБРИД КРАСНОЛИСТНАЯ 1-17-6' КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КОЛЛЕКЦИИ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Алексей Петрович Кожевников

Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

kozhevnikova_gal@mail.ru, [http:// orcid.org/0000-0002-2716-7252](http://orcid.org/0000-0002-2716-7252)

Аннотация. Коллекция черемухи на основе сортов, форм и гибридов черемухи виргинской (*Padus virginiana* L.) и черемухи обыкновенной (*Prunus padus* L.) создана в Ботаническом саду УрО РАН в середине 90-х годов XX столетия. Одним из перспективных таксонов культуры черемухи на Урале оказался 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. 'Shubert'), полученный В. С. Симагиным в Центральном сибирском ботаническом саду. Он сочетает декоративность пурпурных листьев с хорошими вкусовыми качествами.

Работа с коллекционным материалом древесных растений заключается в поддержании генетического разнообразия образцов коллекции. Для выяснения таксономических различий сеянцев от свободного опыления черемухи 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' и его отборного сеянца в первом и втором поколении от сеянцев черемухи виргинской и обыкновенной использовались величина и индекс формы листовых пластинок. Генетическое разнообразие гибридного потомства первого и второго поколения черемухи 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' связано с различием фенотипических дистанций гибридных сеянцев от среднего значения величины и формы листьев черемухи виргинской и обыкновенной.

Цель работы – дифференциация потомства 'Гибрид Краснолистая 1-17-6', отборного сеянца данного гибрида и сеянцев родительских видов черемухи виргинской и обыкновенной по фенотипической дистанции от среднего значения величины и формы листьев черемухи виргинской и обыкновенной.

Относительные значения параметров листьев информативны в таксономическом разделении гибридного потомства от свободного опыления черемухи 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' по отношению к родительским видам черемухи виргинской и обыкновенной. Образование гибридного потомства первого и второго поколения черемухи 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' способствует поддержанию генетического разнообразия, которое связано с различием фенотипической дистанции от относительных значений параметров листьев сеянцев от свободного опыления до среднего значения относительных показателей величины и формы листьев исходных родительских видов черемухи виргинской и обыкновенной.

Ключевые слова: черемуха 'Гибрид Краснолистая 1-17-6', относительные значения параметров листьев, фенотипическая дистанция, генетическое разнообразие, коллекция

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

Для цитирования: Кожевников А. П. Относительные значения параметров листьев потомства черемухи 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' как показатель генетического разнообразия коллекции на Среднем Урале // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 21–27. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.003.

Scientific article

RELATIVE VALUES OF PARAMETERS OF LEAVES OF BIRD CHERRY PROGENY 'GIBRID KRASNOLISTNAYA 1-17-6' AS AN INDICATOR OF GENETIC DIVERSITY OF THE COLLECTION IN MIDDLE URALS

Alexey P. Kozhevnikov

Botanical Garden of The Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
kozhevnikova_gal@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2716-7252>

Abstract. The collection of bird cherry based on varieties, forms and hybrids of Virginia bird cherry (*Padus virginiana* L.) and common bird cherry (*Prunus padus* L.) was created in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences in the mid-90s of the XX century. One of the promising taxon of the bird cherry culture in the Urals was 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. 'Shubert'), get by V. S. Simagin in the Central Siberian Botanical Garden. It combines decorative purple leaves with good taste qualities.

The work with the collection material of woody plants is to maintain the genetic diversity of the collection samples. To find out the taxonomic differences between seedlings from free pollination of bird cherry 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' and its selected seedling in the first and second generation from seedlings of Virginia bird cherry and common bird cherry, the value and shape index of leaf blades were used. The genetic diversity of the hybrid progeny of the first and second generations of the bird cherry 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' is associated with the difference in the phenotypic distances of hybrid seedlings from the average value and shape of the Virginia bird cherry and common bird cherry leaves.

The purpose of the work is to differentiate the progeny of 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6', the selective seedling of this hybrid and the seedlings of the parent species of Virginia bird cherry and common bird cherry by phenotypic distance from the average value and shape of leaves of Virginia bird cherry and common bird cherry.

The relative values of the leaf parameters are informative in the taxonomic separation of the hybrid progeny from free pollination of bird cherry 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' in relation to the parent species of Virginia bird cherry and common bird cherry. The formation of hybrid progeny of the first and second generations of bird cherry 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' contributes to the maintenance of genetic diversity, which is associated with a difference in phenotypic distance from the relative values of the parameters of the leaves of seedlings from free pollination to the average value of the relative values of the size and shape of the leaves of the original parent species of Virginia bird cherry and common bird cherry.

Keywords: bird cherry 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6', relative values of leaf parameters, phenotypic distance, genetic diversity, collection

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. Relative values of parameters of leaves of bird cherry progeny 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' as an indicator of genetic diversity of the collection in Middle Urals // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 21–27. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.003.

Введение

Коллекция черемухи на основе сортов, форм и гибридов черемухи виргинской (*Padus virginiana* L.) и черемухи обыкновенной (*Prunus padus* L.) создана в Ботаническом саду УрО РАН в середине 90-х годов XX столетия (Кожевников, Залесов, 2018). Работа с коллекционным материалом древесных растений ботанических садов заключается в поддержании генетического разнообразия образцов коллекции и повышении устойчивости их потомства за счет микроэволюционного процесса при аналитической селекции.

Одним из перспективных таксонов культуры черемухи на Урале оказался 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. 'Shubert'), полученный В. С. Симагиным в Центральном сибирском ботаническом саду. Он сочетает декоративность пурпурных листьев с хорошими вкусовыми качествами плодов (Симагин, 2003; Симагин, Локтева, 2012; Каталог древесных растений..., 2017).

Важной биологической особенностью 'Гибрида Краснолистая 1-17-6' является образование 50 % краснолистных сеянцев при семенном размножении.

Цель работы – дифференциация потомства 'Гибрида Краснолистая 1-17-6', отборного сеянца данного гибрида и сеянцев родительских видов черемухи виргинской и обыкновенной по фенотипической дистанции от среднего значения величины и формы листьев черемухи виргинской и обыкновенной. При этом использованы относительные значения параметров листьев (произведение длины на ширину листовых пластинок).

Материалы и методики исследования

Предлагаемый нами способ заключается в разделении таксонов, полученных на основе черемухи 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' и сеянцев родительских видов (черемухи виргинской

и обыкновенной), по относительным значениям параметров листьев, что ранее было показано нами на листьях облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.), листьях сортов груши уссурийской (*Pyrus ussuriensis* Maxim.) и сортов груши уральской селекции (Кожевников, 2001; Кожевников, Шпота, 2008; Кожевников, 2019).

В качестве маточных деревьев черемухи использован 'Гибрид Краснолистая 1-17-6', и его отборный сеянец с десертным вкусом плодов и пурпурными листьями. Для получения относительных значений параметров листьев измерены по 10 листьев у 32 сеянцев от свободного опыления 'Гибрида Краснолистая 1-17-6', у 24 сеянцев от отборного сеянца (F_2), у 8 сеянцев черемухи обыкновенной и 20 сеянцев черемухи виргинской.

Дифференциация таксонов культуры черемухи проведена по относительным значениям параметров листьев и фенотипической дистанции (расстояние от центра относительных значений параметров листьев черемухи виргинской и обыкновенной до значений параметров листьев сеянцев (F_1) 'Гибрида Краснолистая 1-17-6' и сеянцев (F_2) от отборного сеянца 'Гибрида Краснолистая 1-17-6'.

Для каждого таксона в системе координат была поставлена точка, нахождение которой определялось по значению произведения длины на ширину листьев (ДхШ) на вертикальной оси и значению отношения длины к ширине листьев (Д/Ш) на горизонтальной. Полученные точки на графике, соответствующие сеянцам первого и второго поколения, соединены прямой с центральной точкой, соответствующей усредненному значению относительных показателей черемухи виргинской и обыкновенной. Расстояние от значения параметров листьев каждого сеянца до среднего значения видов черемухи указывает на степень его генетической близости к видам, на основе которых они были созданы. Полученные данные обрабатывались в статистико-графической системе Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Векторы фенотипических дистанций относительных значений параметров листьев сеянцев 'Гибрида Краснолистая 1-17-6' и отборного сеянца 'Гибрида Краснолистая 1-17-6' имеют левостороннюю направленность в сравнении с параметрами листьев сеянцев черемухи обыкновенной (рис. 1) и равномерное размещение по периметру поля распределения параметров листьев черемухи виргинской (рис. 2).

В зоне черемухи виргинской находятся восемь сеянцев 'Гибрида Краснолистая 1-17-6' первого поколения и пять сеянцев второго поколения.

В зоне черемухи обыкновенной оказались пять сеянцев первого поколения и четыре сеянца второго поколения.

Данную закономерность можно объяснить возвратом к предковым формам.

Относительные значения параметров листьев 'Гибрида Краснолистая 1-17-6' и его отборного сеянца находятся в зоне относительных значений параметров листьев черемухи виргинской, подтверждая генетическую близость к этому виду, имея симметричное расположение слева и справа от центра относительных значений параметров листьев черемухи виргинской.

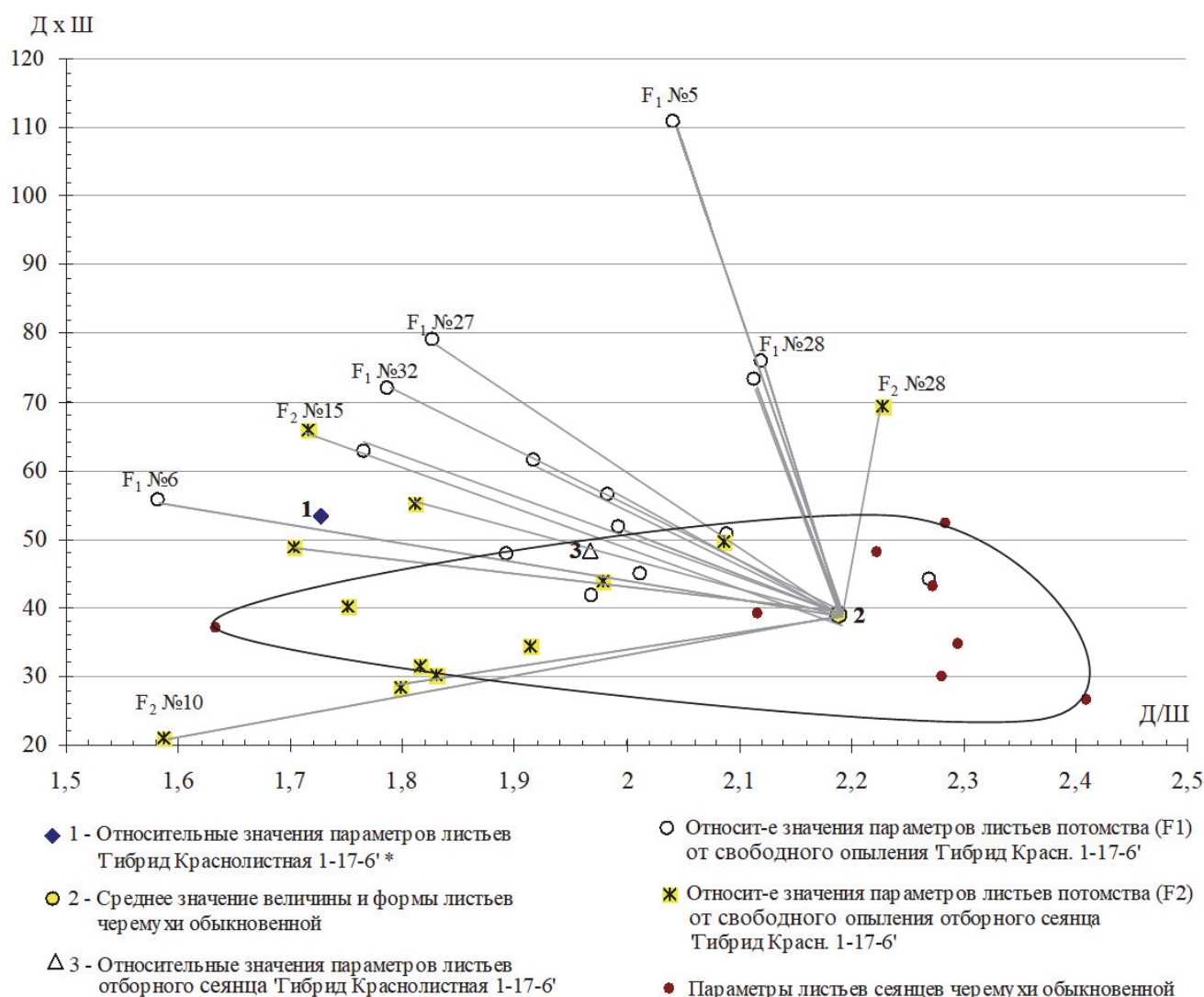


Рис. 1. Величина и форма листовых пластинок потомства F_1 и F_2 черемухи 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' и черемухи обыкновенной
Fig. 1. The size and shape of the leaf blades of the progeny F_1 and F_2 of bird cherry 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' and common bird cherry

Нахождение относительных значений параметров листьев 'Гибрида Краснолистая 1-17-6' вне зоны относительных значений параметров листьев черемухи обыкновенной указывает на фенотипическую отдаленность гибрида и черемухи обыкновенной. Расположение относительных показателей листьев отборного сеянца гибрида

в зоне черемухи обыкновенной свидетельствует об их генетической близости.

В зоне черемухи виргинской оказалось семь сеянцев первого поколения и семь сеянцев второго поколения. Вне зоны черемухи обыкновенной размещены десять сеянцев первого поколения и восемь второго поколения.

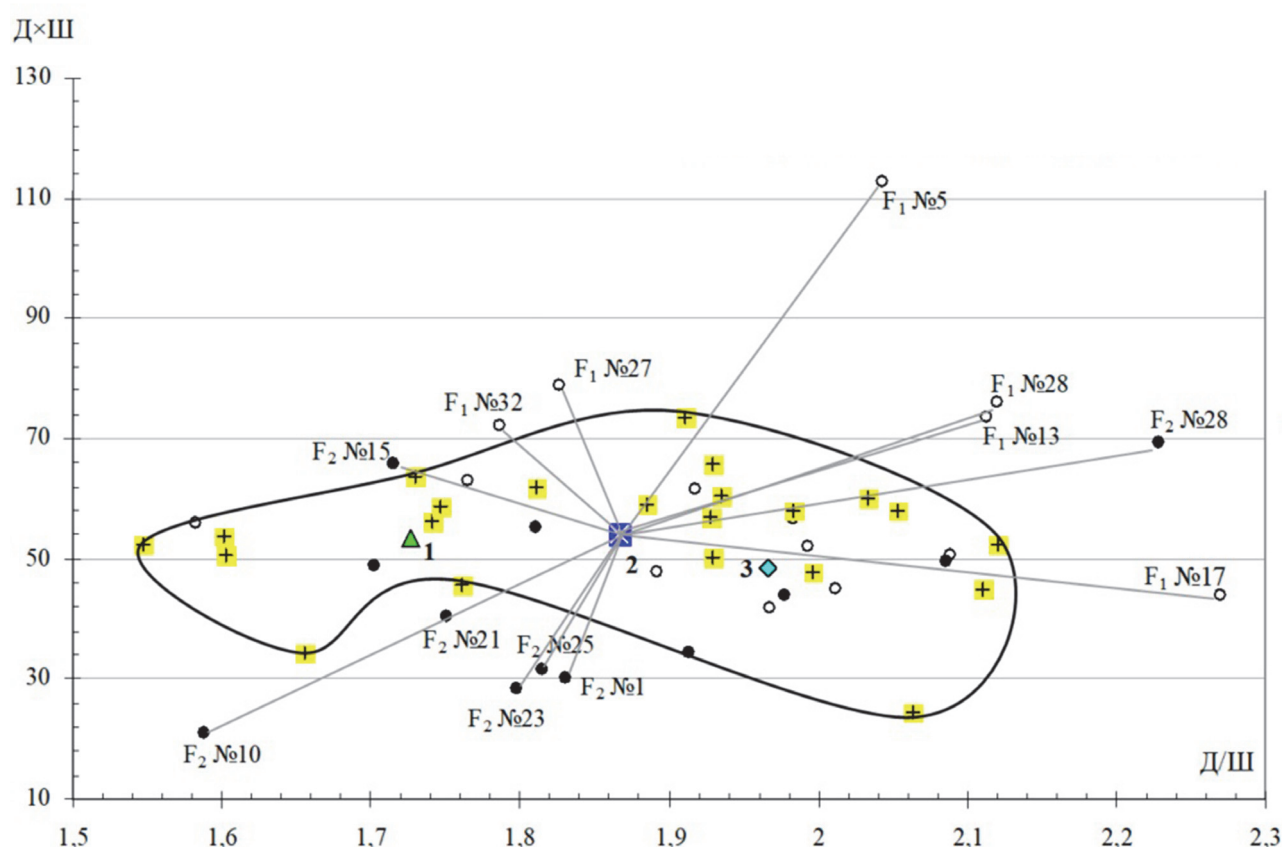


Рис. 2. Величина и форма листовых пластинок потомства F_1 и F_2 черемухи 'Гибрид Краснолистая 1-17-6' и черемухи виргинской:

- ▲ 1 – Относительные значения параметров листьев 'Гибрид Краснолистая 1-17-6'
- ✱ 2 – Среднее значение величины и формы листьев черемухи виргинской
- ◆ 3 – Относительные значения параметров листьев отборного сеянца 'Гибрид Краснолистая 1-17-6'
- Относительные значения параметров листьев потомства (F_1) от свободного опыления 'Гибрид Краснолистая 1-17-6'
- Относительные значения параметров листьев потомства (F_2) от свободного опыления сеянца 'Гибрид Краснолистая 1-17-6'
- ✚ Параметры листьев сеянцев черемухи виргинской

Fig. 2. The size and shape of the leaf blades of the progeny F_1 and F_2 of bird cherry 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' and Virginia bird cherry:

- ▲ 1 – Relative values of leaf parameters 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6'
- ✱ 2 – The average value of size and shape of Virginia bird cherry leaves
- ◆ 3 – Relative values of leaf parameters of selected seedling 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6'
- Relative values of progeny leaves (F_1) from free pollination 'Gibrid Krasn. 1-17-6'
- Relative values of progeny leaves (F_2) from free pollination of selected seedling 'Gibrid Krasn. 1-17-6'
- ✚ Parameters of the leaves of Virginia bird cherry seedlings

Выводы

Относительные значения параметров листьев информативны в определении фенотипических дистанций между отборными сеянцами F_1 и F_2 , между гибридным потомством от свободного опыления по отношению к родительским видам черемухи виргинской и обыкновенной.

Образование гибридного потомства первого и второго поколения черемухи Гибрид Краснолистая 1-17-6' способствует поддержанию генетического разнообразия в коллекциях.

Повышение устойчивости образцов коллекции древесных растений на примере черемухи Гибрид Краснолистая 1-17-6' возможно аналитической селекцией с получением сеянцев от свободного опыления.

Генетическое разнообразие коллекции черемухи связано с различием фенотипической дистанции от относительных значений параметров листьев сеянцев от свободного опыления до среднего значения относительных показателей величины и формы листьев исходных родительских видов черемухи виргинской и обыкновенной.

Список источников

- Каталог древесных растений, выращиваемых в питомниках АППМ. М. : АППМ, 2017. 432 с.
- Кожевников А. П. Облепиха крушиновидная на Урале (интродукция и популяции) : монография. Екатеринбург : УрО РАН, 2001. 128 с.
- Кожевников А. П. Форма листьев сеянцев от свободного опыления черемухи Гибрид Краснолистая 1-17-6' как устойчивый признак при выделении новых таксонов // 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. 186–188.
- 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., Шпота О. Н. Итоги интродукции перспективных сортов груши в Ботаническом саду УрО РАН // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений : матер. XI Междунар. науч. конф. Красноярск : СибГТУ, 2008. С. 39–41.
- Симагин В. С. Особенности биологии генеративной сферы черемухи виргинской, черемухи кистевой и их гибридов // Ботанические исследования в азиатской России : матер. XI съезда Русского ботанического общества (18–22 августа 2003 г. Новосибирск – Барнаул). Барнаул, 2003. Т. 3. С. 112–113.
- Симагин В. С., Локтева А. В. Основные декоративные качества черемух и их генетические источники // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 9 (95). С. 61–65.

References

- Catalog of woody plants grown in APMP nursery-gardens. Moscow : APPM, 2017. 432 p.
- Kozhevnikov A. P. Form of leaves of seedlings from free pollination of bird cherry 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' as a stable feature in the selection of new taxons // 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. 186–188. (In Russ.)
- Kozhevnikov A. P. Sea buckthorn in the Urals (introduction and populations) : monograph. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2001. 128 p.
- Kozhevnikov A. P., Zalesov S. V. Experience in creating a collection of fruit and ornamental crops // Experience in creating a collection of fruit and ornamental crops: monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2018. 206 p.

- Kozhevnikov A. P., Shpota O. N.* Results of the introduction of promising pear varieties in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences // Fruit growing, seed growing, introduction of woody plants. Materials of the XI international scientific conference. Krasnoyarsk : SibGTU, 2008. P. 39–41. (In Russ.)
- Simagin V. S.* Features of the biology of the generative sphere of Virginia bird cherry, common bird cherry and their hybrids // Botanical research in Asian Russia : materials XI Congress of the Russian Botanical Society (August 18–22, 2003 Novosibirsk-Barnaul). Barnaul, 2003. V. 3. P. 112-113. (In Russ.)
- Simagin V. S., Lokteva A. V.* The main decorative qualities of bird cherry and their genetic sources // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2012. № 9 (95). P. 61–65. (In Russ.)

Информация об авторах

А. П. Кожевников – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

E. P. Kozhevnikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Статья поступила в редакцию 20.05.2023; принята к публикации 09.06.2023.

The article was submitted 20.05.2023; accepted for publication 09.06.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 28–38.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 28–38.

Научная статья

УДК 574.42, 574.91, 57.045

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.004

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПРОДВИЖЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ И КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ГОРНУЮ ТУНДРУ ДАЛЬНОГО ТАГАНАЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Андрей Андреевич Григорьев¹, Роман Сергеевич Клям², Сергей Олегович Вьюхин³,
Антон Максимович Громов⁴, Дмитрий Сергеевич Балакин⁵,
Иван Борисович Воробьев⁶, Юлия Валерьевна Шалаумова⁷

^{1, 3, 4, 5, 6, 7} Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

^{2, 3, 4, 5} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ Национальный парк «Таганай», Россия

Автор, ответственный за переписку: Андрей Андреевич Григорьев,

grigoryeva@m.usfeu.ru

Аннотация. Изучение процессов и механизмов трансформации растительного покрова в экотоне лес – горная тундра является актуальной задачей в условиях современного изменения климата. В горах Южного Урала за последние десятилетия произошли значительные сокращения площадей, занятых сообществами горных тундр, вследствие продвижения верхней границы древесной и кустарниковой растительности выше в горы. На части вершин к настоящему времени горные тундры полностью исчезли. В данной работе была проведена оценка смещения верхней границы распространения древесной и кустарниковой растительности на г. Дальний Таганай на основе изучения ее возрастной структуры и сравнения разновременных ландшафтных фотоснимков, кроме того, были проанализированы ряды инструментальных наблюдений метеостанции «Таганай-гора». Установлено, что за последнее столетие происходила интенсивная экспансия древостоев ели сибирской в горную тундру г. Дальний Таганай. Безлесные пространства активно заселялись не только древесной, но и кустарниковой растительностью. Например, можжевельник сибирский начал появляться на исследованном участке во второй половине XX в. Наблюдаемые изменения в растительности происходили на фоне потепления климата в районе исследования, отмечаемого преимущественно в зимнее время года (линейный тренд составил 0,14 °C/10 лет). В связи с наблюдаемыми процессами при условии сохранения устойчивого тренда изменения климатических условий, вероятно, существует угроза исчезновения горных тундр на г. Дальний Таганай уже к середине 50-х годов – второй половине XXI в.

Ключевые слова: *Picea obovata*, *Juniperus sibirica*, горные тундры, верхняя граница древесной и кустарниковой растительности, изменение климата

Благодарности: авторы выражают искреннюю благодарность за консультации проф. С. Г. Шиятову и проф. П. А. Моисееву.

Для цитирования: Пространственно-временная динамика древесной и кустарниковой растительности в горную тундру Дальнего Таганая (Южный Урал) / А. А. Григорьев, Р. С. Клям, С. О. Вьюхин, А. М. Громов, Д. С. Балакин, И. Б. Воробьев, Ю. В. Шалаумова // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 28–38. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.004.

Scientific article

SPATIAL-TEMPORAL DYNAMICS OF TREE AND SHRUB VEGETATION IN THE MOUNTAIN TUNDRA OF DALNIY TAGANAY (SOUTHERN URALS)

Andrey A. Grigoriev¹, Roman S. Klyam², Sergey O. Vyukhin³, Anton M. Gromov⁴, Dmitry S. Balakin⁵, Ivan B. Vorobyov⁶, Yulia V. Shalaumova⁷

^{1, 3, 4, 5, 6, 7} Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

^{2, 3, 4, 5} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ Taganay National Park, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-7446-0654>

Corresponding author: Andrey A. Grigoriev, grigoryevaa@m.usfeu.ru

Abstract. The study of the mechanisms of vegetation cover transformation in the mountain forest-tundra ecotone is an important task in the context of modern climate change. Significant reductions in the areas occupied by mountain tundra communities have occurred on the Southern Urals over the past decades due to upward shifts of the limit of tree and shrub vegetation. On some of the peaks, the mountain tundra has completely disappeared by now. In this article we assessed the shifts of the upper limit of tree and shrub vegetation on the summit of Dalniy Taganay based on the study of the age structure and comparison of similar landscape photographs taken at different times. The series of instrumental observations of the Taganay-Gora station were analyzed. It has been established that the intensive expansion of *Picea obovata* stands into the mountain tundra took place on Dalniy Taganay over the past century. Treeless spaces were actively populated not only by trees, but also by shrubs. For example, *Juniperus sibirica* began to appear in the study area in the second half of the 20th century. The changes in vegetation occurred against the background of climate warming in the study area, which was observed mainly in the cold period (the linear trend was 0,14 °C/10 years). Probably, there is a threat of extinction of the mountain tundra on Dalniy Taganay in the period from the mid-1950s to the second half of the 21st century, which is due to the observed processes, provided that a stable trend of climate change is maintained.

Keywords: *Picea obovata*, *Juniperus sibirica*, mountain tundra, upper limit of tree and shrub vegetation, climate change

Acknowledgments: the authors express their sincere gratitude for the advice of Prof. S. G. Shiyatov and Prof. P. A. Moiseev.

For citation: Spatial-temporal dynamics of tree and shrub vegetation in the mountain tundra of Dalniy Taganay (Southern Urals) / A. A. Grigoriev, R. S. Klyam, Sergey O. Vyukhin, A. M. Gromov, D. S. Balakin, I. B. Vorobyov, Y. V. Shalaumova // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 28–38. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.004.

Введение

В многочисленных исследованиях последних десятилетий было показано, что на фоне современного изменения климата наблюдаются сдвиги границ распространения деревьев во многих горных регионах мира (см. метаанализ (Hansson, Dargusch, Shulmeister, 2021)). Данные процессы в первую очередь сказываются на увеличении биологической продуктивности высокогорных лесов (Latitudinal decline..., 2020) и сокращении биоразнообразия высокогорных регионов (Recent plant diversity..., 2012) вследствие сокращения площадей горных тундр и альпийских лугов. Южный Урал является одним из немногих горных регионов, в котором проблема сокращения горных тундр проявляется наиболее остро. За последние десятилетия произошли беспрецедентные в масштабах истории наблюдений сдвиги границ распространения лесов выше в горы – на части горных вершин Южного Урала отмечается полное исчезновение горных тундр в результате этих процессов

(Шиятов и др., 2020). В связи с этим необходимы глубокие и всесторонние исследования динамических процессов в экотоне лес – горная тундра, особенно на тех вершинах, где существует угроза исчезновения горных тундр в XXI в. Одной из таких вершин является Дальний Таганай.

Цель, методика и объекты исследования

Целью настоящего исследования явилась оценка смещения верхней границы распространения древесной и кустарниковой растительности в горные тундры г. Дальний Таганай за последнее столетие.

Гора Дальний Таганай – плоскообразная вершина высотой 1112 м над ур. м. ($55^{\circ}22'10''$ с.ш., $59^{\circ}54'27''$ в.д.), составляющая хр. Большой Таганай, расположенного в северной части гор Южного Урала (рис. 1). Это самая северная вершина Южного Урала, где распространены горные тундры. Средняя температура января в горной части

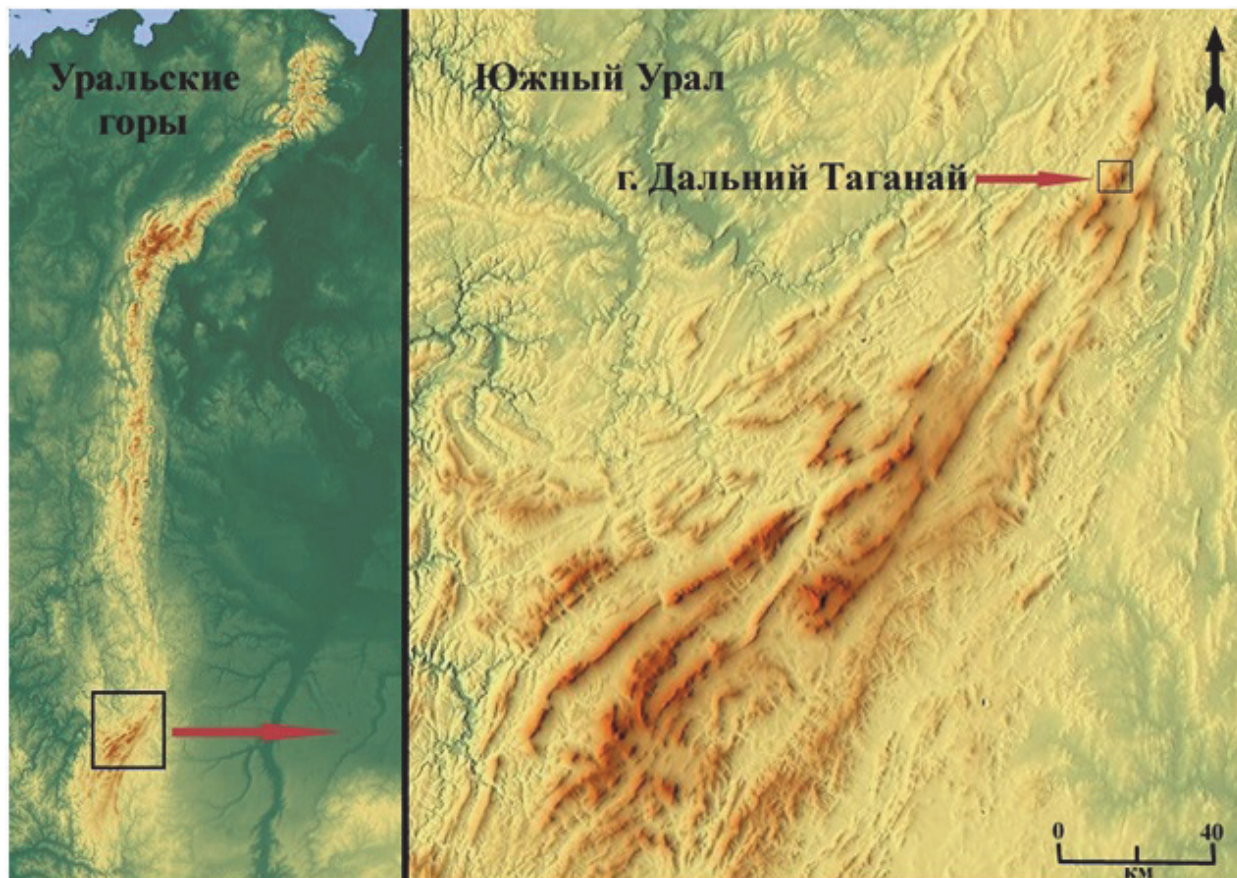


Рис. 1. Карта-схема района исследования
Fig. 1. Location of the study area

составляет -15°C . Годовое количество осадков превышает 800 мм. Скорость ветра в среднем составляет от 9,6 до 13 м/с, зимой может достигать 40 м/с. Температура промерзания почвы на открытых участках (горной тундре) опускается (в январе) до $-20,4^{\circ}\text{C}$ и летом (в августе) повышается до $15,6^{\circ}\text{C}$. Высота снега на открытых участках составляет от 5 до 20 см, в сомкнутом лесу – до 2 м, в надувах может достигать 4 м (Моисеев и др., 2016). Доминирующий древесный вид – *Picea obovata* Ledeb., на отдельных участках *Betula pubescens ssp. tortuosa* Ledeb. Выше границы леса на открытых участках в тундре произрастает *Juniperus sibirica*.

Объектом исследования явились еловые древостои и заросли можжевельника сибирского, произрастающие в экотоне лес – горная тундра.

С целью визуальной оценки изменений высотного и пространственного положения древесной и кустарниковой растительности был проведен поиск мест прежних фотосъемок с последующим

фотографированием растительности с той же точки (Шиятов, 2009). В работе были использованы исторические снимки, сделанные П. Л. Горчаковским в 1961 г. Для осуществления повторного фотографирования находилось точное место, с которого ранее производилось съемка. Обязательными условиями для данных работ являлись: ясная погода и соответствие времени года старого и повторного фотографирования. К сожалению, на некоторых участках прежней фотосъемки уже произрастал сомкнувшийся древостой, поэтому осуществить повторное фотографирование не представлялось возможным. В общей сложности в 2022 г. было сделано 5 повторных фотоснимков.

В июне 2022 г. в экотоне верхней границы древесной растительности, под которым понимается переходный пояс в горах между верхней границей распространения сомкнутых лесов и отдельных деревьев в тундре (Горчаковский, Шиятов, 1985), был заложен высотный профиль на склоне северо-западной экспозиции (рис. 2).

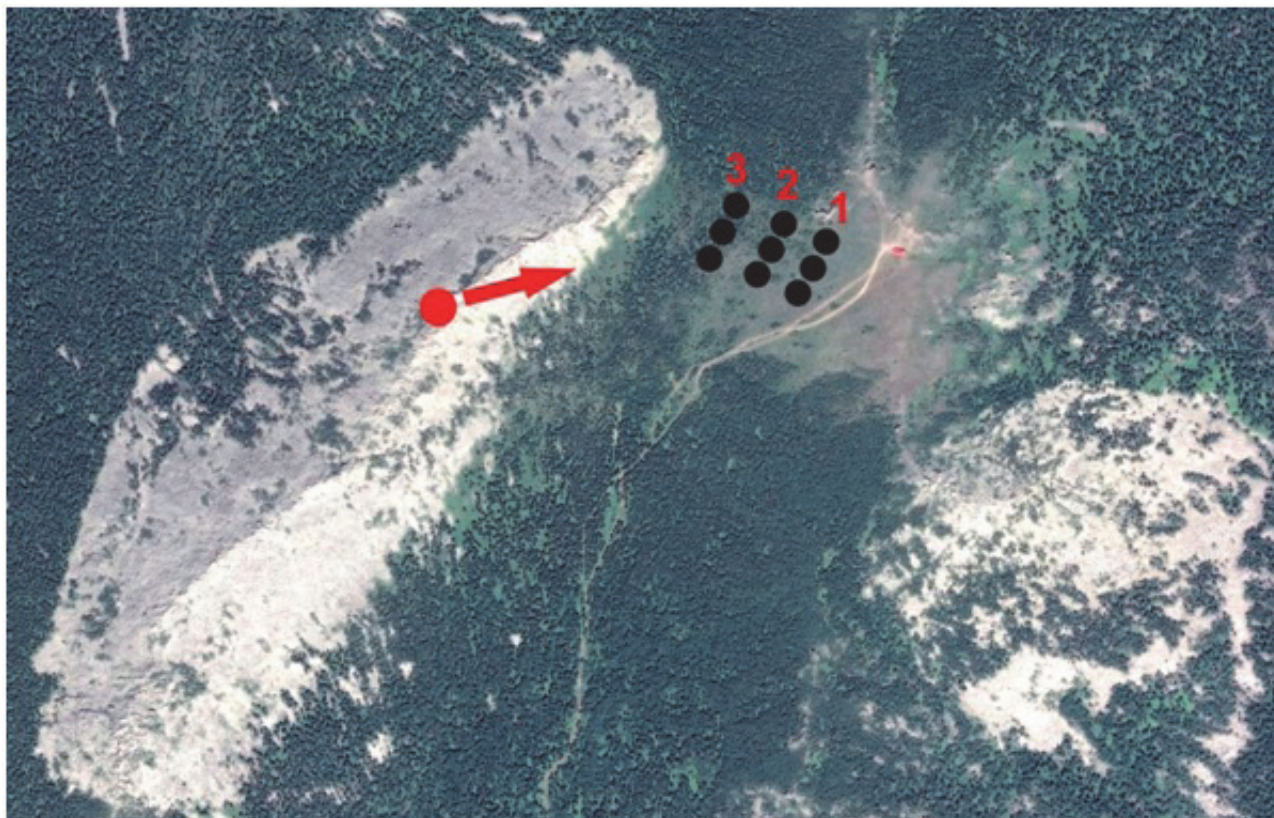


Рис. 2. Схема закладки высотного профиля. Красным кругом и стрелкой обозначено место и направление фотосъемки

Fig. 2. Scheme of the altitudinal transects. The red circle and arrow indicate the location and direction of photography

На профиле фиксировалось три высотных уровня, расположенных вблизи верхней границы распространения различных типов фитоценозов: верхний уровень – отдельные деревья в тундре (1095 м над ур. м.), средний уровень – редины (1090 м над ур. м.), нижний уровень – редколесья (1085 м над ур. м.). На каждом высотном уровне было заложено по 3 постоянных круговых пробных площади размером 0,0227 га.

На каждой пробной площади фиксировалось точное местоположение каждого дерева, диаметр ствола у основания, диаметр на высоте 1,3 м, диаметр кроны в двух взаимно перпендикулярных направлениях, возраст и жизненное состояние. У каждой особи можжевельника сибирского фиксировалось точное местоположение, диаметр кроны, высота и возраст.

Возраст деревьев определяли путем взятия образцов древесины (кернов) в основании ствола либо взятием поперечного спила (менее 3 см в диаметре). Каждый образец древесины был наклеен на деревянную основу, зачищен острым лезвием и для лучшей визуализации годичных колец пигментирован зубным порошком. Подсчет годичных колец и датировку кернов проводили по общепринятой методике (Шиятов и др., 2000) в лабораторных условиях. Все образцы древесины измерены на полуавтоматической установке Lintab 5. Для выявления ложных и выпадающих колец была построена обобщенная древесно-кольцевая хронология по кернам (40 шт.), специально взятым у старых деревьев в районе исследований. К подросту были отнесены деревья высотой не более 1,5 м. Возраст кустов можжевельника определялся путем поиска мест прикрепления самой крупной ветви к основанию стволика с последующим ее спилом. Обработка спилов проводилась апробированными методами (Григорьев и др., 2021) также с использованием методов дендрохронологии.

В целом на общей площади 0,2 га были определены морфометрические параметры 430 деревьев (включая подрост) и крупных кустарников.

Оценка климата в регионе исследования проводилась по данным станции «Таганай-гора», реконструированном по данным станции «Златоуст»

(55°22'00" с.ш., 59°55'00" в.д., 1102 м над ур. м.). Динамика температуры приземного воздуха была изучена за период 1837–2012 гг. суммарных осадков – за период 1876–2012 гг. Уникальность этой станции заключается в том, что она располагалась на вершине г. Дальний Таганай в непосредственной близости от пробных площадей. Климатические данные взяты из базы данных Росгидромета России (ВНИИГМИ-МЦД, 2023). Данные о суммарном количестве осадков были скорректированы поправками на смачивание и смену приборов.

Для анализа климатических данных рассматривались теплый (июнь – август) и холодный (ноябрь – март) сезоны. Выбор теплого периода соответствовал фазе наиболее активного роста древесно-кустарниковой растительности на исследуемых участках, когда дневные температуры превышают 5 °С. К холодному периоду относились месяцы со средней температурой воздуха ниже 0 °С и относительно стабильной высотой снежного покрова. Аномалии климатических параметров в теплый и холодный периоды каждого года определялись по отклонению текущего значения от среднего за базовый период 1961–1990 гг. при группировании данных по пятилетиям. Были построены модели линейной регрессии для оценки трендов климатических аномалий.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве примера приведены фотоснимки, сделанные с северной оконечности юго-западного скалистого гребня (рис. 3). На заднем плане изображен южный склон и вершина г. Дальний Таганай. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским. Сравнение изображений на разновременных фотоснимках показывает, что за последние 63 года произошло формирование еловой редины из многоствольных и одноствольных елей в сомкнутый березово-еловый лес, за исключением участков у подножия гребня и на вершине горы. На южном склоне верхняя граница сомкнутых лесов поднялась выше в горы на 10–20 м. Именно в той части склона, где произошли наиболее заметные изменения в распределении лесопокрываемых площадей, расположен высотный профиль.

Средние таксационные показатели и площадные характеристики еловых и березовых древостоев и кустов можжевельника, произрастающих на заложенных высотных профилях, приведены в таблице. Данные таблицы свидетельствуют, что по мере продвижения в гору (по мере ухудше-

ний условий для роста) закономерно изменяются (уменьшаются) средние и максимальные таксационные показатели деревьев ели. Так, средняя высота уменьшается в 3–6 раз, средняя высота в 2–3 раза, средний диаметр крон в 1,5–2 раза, средний возраст в 2–2,5 раза.

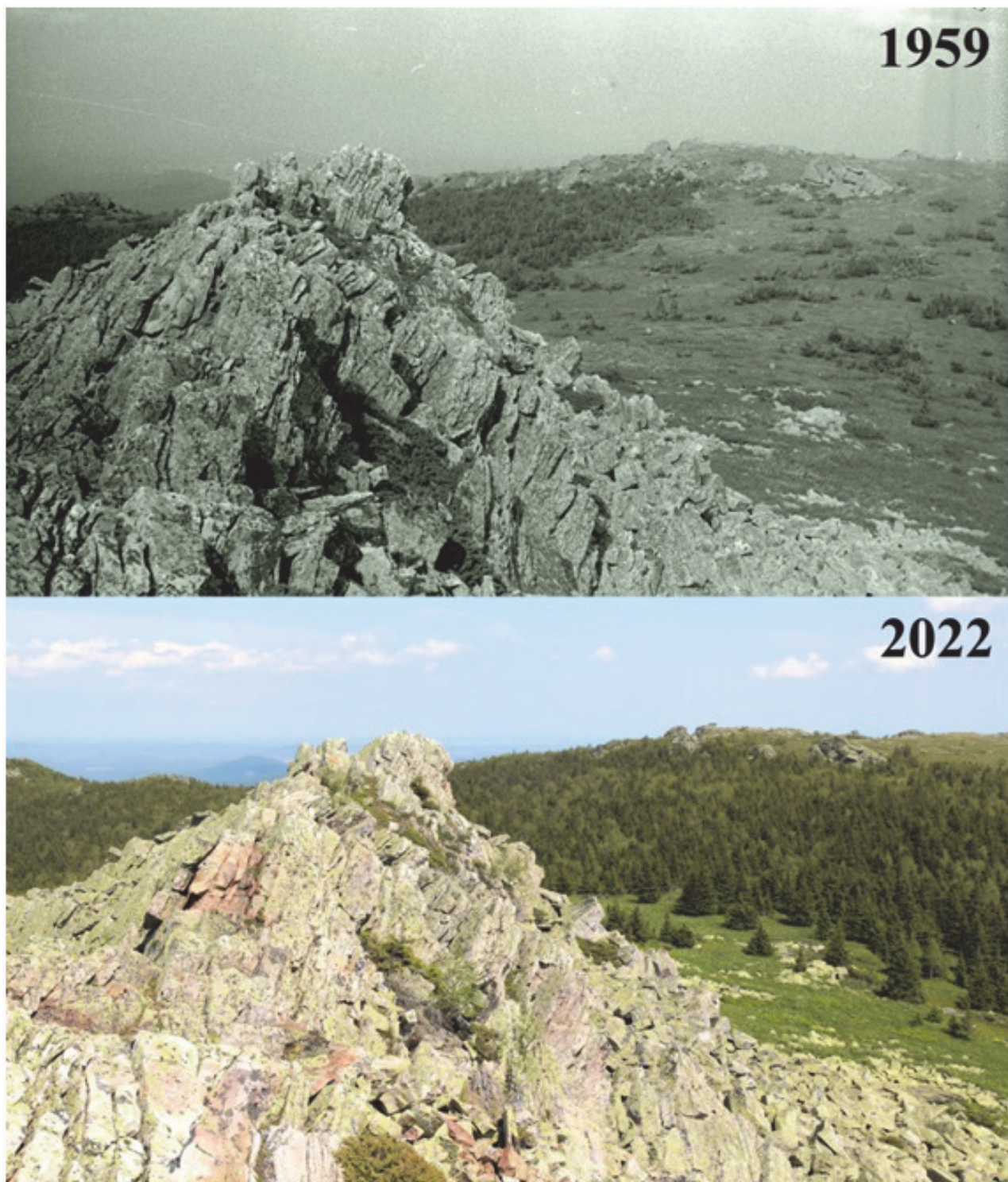


Рис. 3. Разновременные ландшафтные фотоснимки (точка 8)
Fig. 3. Similar landscape photographs taken at different times (point 8)

Средние таксационные показатели и площадные характеристики еловых древостоев и зарослей можжевельника, произрастающих на заложенных высотных профилях
Average morphometric parameters and areal characteristics of spruce forest stands and juniper bushes growing on the established altitudinal transects

Уровень Level	Виды Species	Диаметр на 1,3 м, см Diameter at 1,3 m, cm	Высота ствола, м Stem height, m	Возраст, лет Stem height, m	Диаметр кроны, м Crown diameter, m	Площадь пр. покрытия крон, м²/га Crown projection areas, m²/ha	Опав, шт./га Mortality, pcs/ha	Густота, шт./га Density, pcs/ha	
								< 1,5 м < 1,5 m	> 1,5 м > 1,5 m
Верхний Top	Е S	2,8±2,4	1,9±0,5	25±12	1,4±0,4	128	0	158	78
	Б B	3,1±1,6	2,0±0,5	—	1,6±0,9	42	0	3	33
	Мж J	—	0,32±0,10	31±16	1,3±0,5	111	0	86	
Средний Middle	Е S	8,6±5,4	3,7±1,6	40±18	1,9±0,9	5419	177	3700	1395
	Б B	7,5±2,9	4,1±1,1	35±8	2,2±0,6	1747	0	44	426
	Мж J	—	0,50±0,2	24±10	0,7±0,4	205	0	323	
Нижний Bottom	Е S	14,6±6,1	5,6±1,5	68±19	2,5±1,1	8781	250	602	
	Б B	—	—	—	—	0	0	0	0
	Мж J	—	—	—	—	0	0	0	0

Наиболее значительно уменьшаются площадь проективного покрытия крон и густота древостоев по мере продвижения в гору. Древостои березы на нижнем уровне отсутствуют, произрастают только лишь в качестве небольшой примеси на среднем и верхнем уровнях. Можжевельник распространен только на верхнем уровне на границе отдельных деревьев в тундре, где отсутствует конкуренция с елью.

Исследование распределения количества деревьев по периодам их появления показало, что первые деревья ели на исследованном участке склона стали появляться еще в начале XX в., причем более массово на нижнем высотном уровне (рис. 4). На среднем высотном уровне отдельные деревья появились в 1915–1940 гг. Более массово здесь деревья стали заселяться после 1940-х годов. В целом можно констатировать, что на нижнем и среднем высотных уровнях деревья заселялись достаточно

синхронно («скачкообразно») с четырьмя явными периодами массового заселения: с 1915 по 1940 гг., с 1945 по 1970 гг., с 1980 по 1995 гг. и с 2005 по 2015 гг. Наиболее массово этот процесс происходил в последний период. На верхнем высотном уровне первые деревья появились только в 1980-х годов и продолжают заселяться по настоящее время.

Ныне произрастающие особи можжевельника на исследованном участке склона появились только во второй половине XX в. на верхнем уровне (рис. 5). Наиболее массово на обоих высотных уровнях заселение началось в 1980-е годы и продолжается по настоящее время.

Результаты анализа климатических показателей выявили выраженные тенденции потепления и увлажнения климата в районе исследования (рис. 6). В холодное время года повышение температуры воздуха было практически в 3 раза выше, чем в теплое время года (0,14°C/10 лет

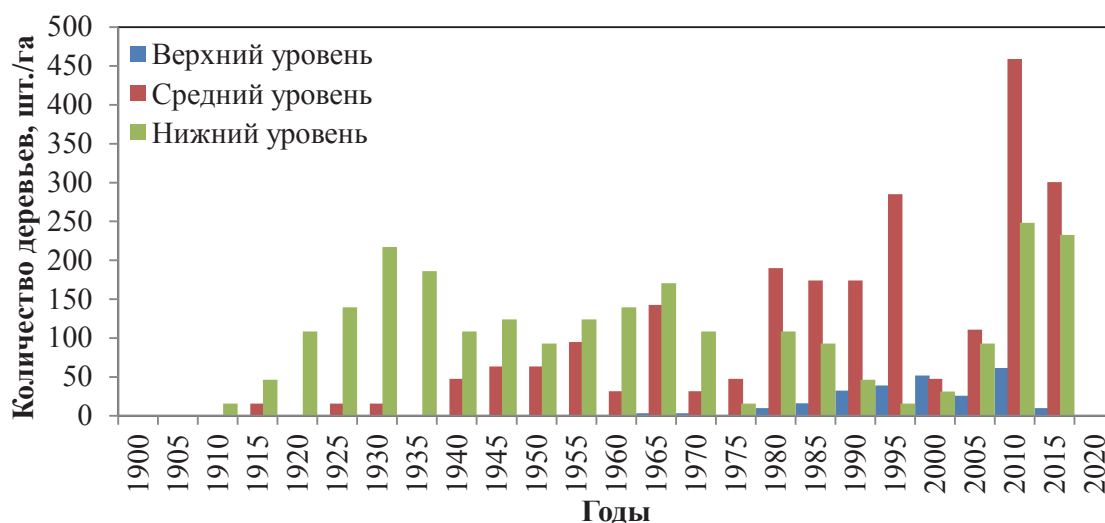


Рис. 4. Распределение количества деревьев ели по периодам их появления на заложенном высотном профиле

Fig. 4. Distribution of the number of spruce trees according to the periods of their appearance on the altitudinal transects

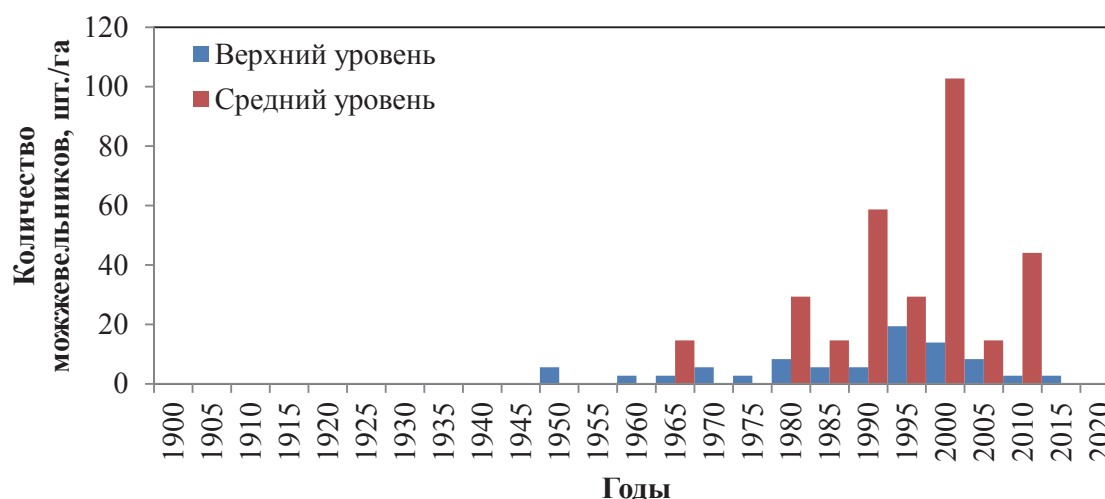


Рис. 5. Распределение количества можжевельников по периодам их появления на заложенном высотном профиле

Fig. 5. Distribution of the number of junipers by the periods of their appearance on the altitudinal transects

против $0,05^{\circ}\text{C}/10$ лет). Прирост осадков также был почти в два раза больше в холодном периоде по сравнению с теплым ($4,9$ мм/10 лет против $2,1$ мм/10 лет).

Таким образом, повторное фотографирование высокогорной древесной и кустарниковой растительности, произрастающей в экотоне верхней границы леса на г. Дальний Таганай, наглядно свидетельствует, что за последние 50–60 лет произошло значительное сокращение площадей, занятых

сообществами горных тундр. Данное обстоятельство обусловлено стремительным продвижением («наступлением») древесной растительности, преимущественно ели сибирской, выше в горы, где она начинает формировать сомкнутые заросли, вытесняя травянистую растительность горных тундр. Это также подтверждается данными по возрастной и таксационной структуре елово-березовых древостоев, произрастающих на заложенных высотных профилях.

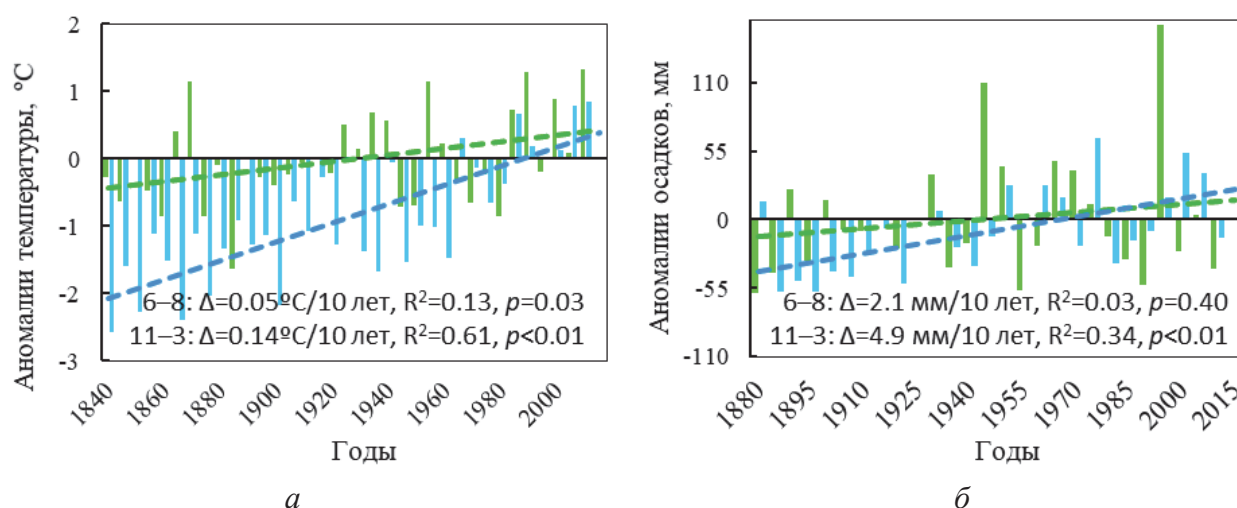


Рис. 6. Аномалии средней температуры воздуха (а) и суммарных осадков (б) в теплом (июнь – август) и холодном (ноябрь – март) периодах, сгруппированные по 5-летиям для метеостанции «Таганай-гора». Пунктирными линиями показаны линейные тренды

Fig. 6. Anomalies of mean air temperature (a) and total precipitation (b) in the warm (June – August) and cold (November – March) periods, grouped by five years for the Taganay-Gora station. Dotted lines show linear trends

Мы предполагаем, что причины наблюдаемых трансформаций природной среды могут быть обусловлены наблюдаемым изменением (потеплением) климата в районе исследования. Преимущественно эти изменения произошли в зимние месяцы: зимы стали теплее и многоснежнее.

Базируясь на полученных оценках, можно предположить, что при сохранении текущих тенденций полное зарастание г. Дальний Таганай возможно в середине 50-х годов этого столетия даже без учета прогнозных моделей (Lawrence et al., 2005; A greener Greenland..., 2013), предсказывающих продолжение потепления климата в глобальном масштабе от 2 до 5°C. Профессор С.Г. Шиятов с коллегами (Изменения климата..., 2001) предполагал, что полное зарастание вершины г. Дальний Таганай произойдет к 2040–2050 гг., однако наличие курумной границы замедляет данный процесс.

Выводы

В горах Южного Урала начиная с 1910-х годов происходило стремительное продвижение верхней границы леса (представленной преимущественно еловыми древостоями) в горную тундру г. Дальний Таганай. Можжевельник сибирский начал заселяться только во второй половине XX в. Наблюдаемые изменения в растительности происходили на фоне изменения (потепления) климата в районе исследования преимущественно в зимнее время года. В результате этих процессов и формирования на ранее безлесных территориях сомкнутых древостоев произошло сокращение площадей, занятых сообществами горных тундр. При сохранении текущих тенденций полное зарастание г. Дальний Таганай возможно уже к середине 50-х годов – второй половине XXI в.

Список источников

- ВНИИГМИ-МЦД. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации. Мировой центр данных : [сайт]. URL: <http://meteo.ru> (дата обращения: 16.01.2023).
- Горчаковский П. Л., Шиятов С. Г. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М. : Наука, 1985. 208 с.
- Григорьев А. А., Шалаумова Ю. В., Балакин Д. С. Современная экспансия *Juniperus sibirica* Burghsd. в горные тундры Северного Урала // Экология. 2021. № 5. С. 1–8.

- Изменения климата и их влияние на горные экосистемы Национального парка «Таганай» за последние столетия / *Шиятов С. Г., Мазепа В. С., Моисеев П. А., Братухина М. Ю.* ; Рос. представительство WWF ; под ред. А. Кокорина, А. Кожаринова, А. Минина // Влияние изменения климата на экосистемы. Охраняемые природные территории России: анализ многолетних наблюдений. М. : Рус. ун-т, 2001. С. 16–31.
- Моисеев П. А., Шиятов С. Г., Григорьев А. А.* Климатогенная динамика древесной растительности на верхнем пределе ее распространения на хребте Большой Таганай за последнее столетие : монография. Екатеринбург : Изд-во УМЦ УПИ, 2016. 136 с.
- Шиятов С. Г.* Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата. Екатеринбург, 2009. 219 с.
- Шиятов С. Г., Ваганов Е. А., Кирдянов А. В.* Методы дендрохронологии. Ч. 1: Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск : КрасГУ, 2000. 80 с.
- Шиятов С. Г., Моисеев П. А., Григорьев А. А.* Фотомониторинг древесной и кустарниковой растительности в высокогорьях Южного Урала за последние 100 лет. Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. 191 с.
- A greener Greenland? Climatic potential and long-term constraints on future expansions of trees and shrub // *S. Normand, C. Randin, R. OhlemUller* [et al.] // *Philosophical transactions of the Royal Society B*. 2013. Vol. 368 (1624). URL: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2012.0479> (accessed: on 11.01.2023).
- Hansson A., Dargusch P., Shulmeister J.* A review of modern treeline migration, the factors controlling it and the implications for carbon storage // *Journal of Mountain Science*. 2021. Vol. 18 (2). P. 291–306.
- Latitudinal decline in stand biomass and productivity at the elevational treeline in the Ural mountains despite a common thermal growth limit / *F. Hagedorn, M. A. Dawes, M. O. Bubnov, N. M. Devi, A. A. Grigoriev, V. S. Mazepa, Z. Y. Nagimov, S. G. Shiyatov, P. A. Moiseev* // *Journal of Biogeography*. 2020. Vol. 47(8). P. 1827–1842.
- Lawrence D. M., Slater A. G.* A projection of severe near-surface permafrost degradation during the 21st century // *Geophysical research letters*. 2005. Vol. 32 (24). URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2005GL025080> (accessed: on 11.01.2023).
- Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits / *H. Pauli, M. Gottfried, S. Dullinger* [et al.] // *Science*. 2012. Vol. 336 (6079). P. 353–355.

References

- A greener Greenland? Climatic potential and long-term constraints on future expansions of trees and shrub // *S. Normand, C. Randin, R. OhlemUller* [et al.] // *Philosophical transactions of the Royal Society B*. 2013. Vol. 368 (1624). URL: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2012.0479> (accessed: 11.01.2023).
- Climate changes and their impact on the mountain ecosystems of the Taganay National Park over the past centuries / *S. G. Shiyatov, V. S. Mazepa, P. A. Moiseev, M. Yu. Bratukhina* ; Russian office of WWF; edited by A. Kokorin, A. Kozharinov, A. Minin // *Impact of climate change on ecosystems. Protected natural territories of Russia: analysis of long-term observations*. Moscow : Russian university, 2001. P. 16–31. (In Russ.)
- Gorchakovsky P. L., Shiyatov S. G.* Phytoindication of environmental conditions and natural processes in high mountain regions. Moscow : Nauka, 1985. 208 p. (In Russ.)
- Grigoriev A. A., Shalamova Yu. V., Balakin. D. S.* Current expansion of *Juniperus sibirica* Burgsd. to the mountain tundras of the Northern Urals // *Russian Journal of Ecology*. 2021. № 5. P. 1–8. (In Russ.)

- Hansson A., Dargusch P., Shulmeister J.* A review of modern treeline migration, the factors controlling it and the implications for carbon storage // *Journal of Mountain Science*. 2021. Vol. 18 (2). P. 291–306.
- Latitudinal decline in stand biomass and productivity at the elevational treeline in the Ural mountains despite a common thermal growth limit / *F. Hagedorn, M. A. Dawes, M. O. Bubnov, N. M. Devi, A. A. Grigoriev, V. S. Mazepa, Z. Y. Nagimov, S. G. Shiyatov, P. A. Moiseev* // *Journal of Biogeography*. 2020. Vol. 47(8). P. 1827–1842.
- Lawrence D. M., Slater A. G.* A projection of severe near-surface permafrost degradation during the 21st century // *Geophysical research letters*. 2005. Vol. 32 (24). URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2005GL025080> (accessed: 11.01.2023).
- Moiseev P. A., Shiyatov S. G., Grigoriev A. A.* Climatogenic Dynamics of Woody Vegetation at the Upper Limit of Its Distribution on the Bolshoy Taganay Ridge over the Past Century : monograph. Yekaterinburg : UMC UPI, 2016. 136 p.
- Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits / *H. Pauli, M. Gottfried, S. Dullinger* [et al.] // *Science*. 2012. Vol. 336 (6079). P. 353–355.
- RIHMI-WDC. All Russian Research Institute of Hydrometeorological Information. World Data Center : [website]. URL: <http://meteo.ru> (accessed: 16.01.2023).
- Shiyatov S. G., Moiseev P. A., Grigoriev A. A.* Photomonitoring of tree and shrub vegetation in the highlands of the Southern Urals over the past 100 years. Yekaterinburg : USFEU, 2020. 191 p.
- Shiyatov S. G., Vaganov E. A., Kirdyanov A. V.* Methods of dendrochronology. Part 1. Fundamentals of dendrochronology. Collecting and obtaining tree-ring information. Krasnoyarsk : KrasGU, 2000. 80 p.
- Shiyatov S. G., Vaganov E. A., Kirdyanov A. V.* Dynamics of tree and shrub vegetation in the mountains of the Polar Urals under the influence of modern climate change. Yekaterinburg, 2009. 219 p.

Информация об авторах

А. А. Григорьев – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;
Р. С. Клям – магистр;
С. О. Вьюхин – младший научный сотрудник;
А. М. Громов – старший лаборант-исследователь;
И. Б. Воробьев – старший инженер;
Ю. В. Шалаумова – кандидат технических наук, научный сотрудник.

Information about the authors

A. A. Grigoriev – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher;
R. S. Klyam – Master's Degree;
S. O. Vyukhin – Junior Researcher;
A. M. Gromov – Senior Laboratory Assistant Researcher;
I. B. Vorobyev – Senior Engineer;
Yu. V. Shalaumova – Candidate of Technical Sciences, Researcher.

Статья поступила в редакцию 05.04.2023; принята к публикации 08.05.2023.
The article was submitted 05.04.2023; accepted for publication 08.05.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 39–50.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 39–50.

Научная статья

УДК 630*624.4

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.005

ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ И НЕИСТОЩИТЕЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИХ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ

Александр Владимирович Суслов¹, Зуфар Ягфарович Нагимов², Алена Ивановна Крючкова³,
Антон Вадимович Шестаков⁴, Вадим Аликович Хафизов⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Александр Владимирович Суслов,

suslovav@m.usfeu.ru

Аннотация. В статье по сосновой высокобонитетной хозсекции Невьянского лесничества отдельно в границах всего лесничества и арендованных на его территории лесных участков представлены результаты оценки действительного состояния насаждений и динамика их возрастной структуры в процессе лесопользования, установленная методом имитационного моделирования. Выявлено, что анализируемая хозсекция по всему лесничеству характеризуется чрезмерным накоплением молодняков, недостаточным объемом приспевающих насаждений и истощенным (на 20 %) эксплуатационным фондом. На арендованных участках она отличается преобладанием приспевающих, спелых и перестойных насаждений и недостаточным количеством молодняков. В лесохозяйственном регламенте лесничества в качестве оптимальной принята первая возрастная лесосека, а на большей части арендованных участков – лесосеки, установленные методами второй возрастной и интегральной лесосек. В настоящее время в анализируемой хозсекции (на ее арендованных и неарендованных частях) допустимый ежегодный объем изъятия древесины составляет 87 354 м³. Он на 8 654 м³ (9,9 %) больше, чем в лесохозяйственном регламенте лесничества. Методом имитационного моделирования выявлены существенные различия в динамике возрастной структуры и характере истощения лесов в границах лесничества и арендованных участков. При принятом размере расчетной лесосеки на арендованных участках принцип непрерывного, неистощительного использования лесов при заготовке древесины не обеспечивается. Стабильное в размере расчетной лесосеки пользование лесом может продолжаться только в течение 40 лет. Организация лесопользования в рамках действующего лесного законодательства должна осуществляться в соответствии с лесохозяйственным регламентом лесничества. Для выполнения этого требования в аренду целесообразно передавать насаждения с возрастной структурой, аналогичной (или близкой) возрастной структуре насаждений лесничества, и применять корректные методы определения ежегодных объемов заготовки древесины как для арендованных лесных участков, так и для лесничества в целом.

Ключевые слова: Невьянское лесничество, хозсекция, возрастная структура насаждений, расчетная лесосека, имитационное моделирование

Для цитирования: Оценка обеспечения непрерывности и неистощительности использования лесов на основе имитационного моделирования их возрастной структуры / А. В. Суслов, З. Я. Нагимов, А. И. Крючкова, А. В. Шестаков, В. А. Хафизов // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 39–50. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.005.

Scientific article

ASSESSMENT OF ENSURING THE CONTINUITY AND SUSTAINABILITY OF FOREST USE BASED ON THE SIMULATION OF THEIR AGE STRUCTURE

Alexander V. Suslov¹, Zufar Y. Nagimov², Alyona I. Kryuchkova³,
Anton V. Shestakov⁴, Vadim A. Hafizov⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Ural State Forest University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Alexander Vladimirovich Suslov,
suslovav@m.usfeu.ru

Abstract. The article on the pine high-priority economic section of the Nevyansky forestry separately within the boundaries of the entire forestry and the forest plots leased on its territory presents the results of the assessment of the actual state of the plantations and the dynamics of their age structure in the process of forest management, established by the method of simulation modeling. It was revealed that the analyzed economic section throughout the forestry is characterized by excessive accumulation of weeds, insufficient volume of ripening plantings and depleted (by 20 %) operational fund. On the leased plots, it is distinguished by the predominance of ripe, ripe and overgrown plantings and an insufficient number of young plants. In the forestry regulations of forestry, the first age-old cutting area was adopted as the optimal one, and in most of the leased plots – the cutting areas established by the methods of the second age and integral cutting areas. Currently, in the analyzed economic section (on its leased and non-leased parts), the permissible annual volume of wood withdrawal is 87 354 m³. It is 8 654 m³ (9.9 %) more than in the forestry regulations of forestry. The simulation method revealed significant differences in the dynamics of the age structure and the nature of forest depletion within the boundaries of forestry and leased plots. With the accepted size of the estimated cutting area on leased plots, the principle of continuous, sustainable use of forests during timber harvesting is not ensured. Stable, in the size of the estimated cutting area, the use of the forest can only last for 40 years. The organization of forest management within the framework of the current forest legislation should be carried out in accordance with the forestry regulations of forestry. To fulfill this requirement, it is advisable to lease plantings with an age structure similar to (or close to) the age structure of forestry plantings and apply correct methods for determining the annual volume of timber harvesting both for leased forest plots and for forestry in general.

Keywords: Nevyansk forestry, economic section, age structure of plantings, estimated cutting area, simulation modeling

For citation: Assessment of ensuring the continuity and sustainability of forest use based on the simulation of their age structure / A. V. Suslov, Z. Ya. Nagimov, A. I. Kryuchkova, A. V. Shestakov, V. A. Hafizov // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 39–50. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.005.

Введение

Современное лесное хозяйство должно основываться на принципах, указанных в первой статье Лесного кодекса РФ (2006). Центральным из них является принцип обеспечения непрерывного, неистощительного использования лесов для удовлетворения потребностей общества в лесах и лесных ресурсах. Однако в нормативно-правовых документах и специальной литературе отсутствуют конкретные предложения о способах реализации данного принципа. С развитием арендных отношений открытым остается вопрос с определением объекта, для которого должны обосновываться и осуществляться мероприятия по непрерывному и неистощительному использованию лесов.

Как известно, территориальной единицей в области управления лесами является лесничество. Основой осуществления мероприятий по использованию, охране, защите и воспроизводству лесов, расположенных в его границах, является лесохозяйственный регламент. В нем указываются виды, объемы и сроки разрешенного использования лесов (приказ МПР РФ № 72 от 27.02.2017). Учитывая исторический опыт ведения лесного хозяйства и административно-управленческую структуру, принципы непрерывности и неистощительности использования лесов должны быть обеспечены именно в границах лесничеств, а их конкретные показатели закреплены в лесохозяйственном регламенте. В соответствии с действующим законодательством расчетная лесосека определяется по каждому лесничеству и устанавливается на срок действия лесохозяйственного регламента (приказ Рослесхоза № 191 от 27.05.2011). При этом заготовка древесины осуществляется на арендованных лесных участках, которые представляют собой отдельные части лесничеств и могут существенно отличаться по лесоводственно-таксационной структуре лесов.

В настоящее время в практике лесного хозяйства расчетные лесосеки зачастую определяют отдельно по каждому лесному (арендованному) участку. Такая ситуация может привести к неравномерному освоению лесов в границах лесничеств, чрезмерной вырубке лесов на арендованных участках и накоплению перестойной древесины

на других территориях. При этом основные принципы лесного законодательства могут быть нарушены.

Цель, методика и объект исследования

Цель работы – оценка соблюдения принципа непрерывного и неистощительного использования лесов при заготовке древесины на основе имитационного моделирования возрастной структуры насаждений на территории отдельно взятого лесничества.

Настоящие исследования проведены в лесном фонде Невьянского лесничества Свердловской области. В соответствии с лесохозяйственным регламентом общая площадь лесничества составляет 229 223,0 га, в том числе лесных земель – 207 279 га. Доля земель, на которых расположены леса, в пределах лесных земель достигает 87 % (Лесохозяйственный регламент..., 2018).

Конкретным объектом исследований явились эксплуатационные леса, площадь которых в лесном фонде Невьянского лесничества составляет 122 548 га (более 50 %). Для них в ходе выполнения работы по материалам лесоустройства была составлена электронная база лесов, которая включала 49 484 выдела. Она содержала сведения об арендованных лесных участках, на которых осуществляется заготовка древесины.

Созданная электронная база взята за основу проведения лесоустроительных расчетов. Дополнительно были проанализированы и изучены документы лесного планирования (лесохозяйственный регламент, проектные документации и проекты освоения лесов).

Для определения средних таксационных характеристик лесных насаждений в программной среде EXCEL были составлены таблицы распределения их площадей и запасов по классам возраста и бонитета, а также полноте (Лесоустроительное проектирование, 2021). Средние таксационные показатели лесных насаждений в эксплуатационных лесах представлены в табл. 1.

Анализ материалов табл. 1 позволяет отметить, что в эксплуатационных лесах преобладают насаждения хвойных пород.

Их площадь составляет 55870,7 га (63,3 % от общей площади эксплуатационных лесов). Среди хвойных пород по площади доминирует сосна. Ее доля в хвойном хозяйстве по этому показателю – 77,7 %. Второе место по распространению занимают насаждения с преобладанием ели (11918,1 га, или 21,3 %). Участие других пород в составе хвойного хозяйства ничтожно мала (менее 1 %). В мягколистном хозяйстве преобладают площади, занятые березой. Удельный вес площадей этой породы в указанном хозяйстве составляет 82,3 %. Сравнительно высокой долей характеризуются насаждения осины (17,1 %).

В целом приведенные в табл. 1 материалы свидетельствуют, что наибольшее хозяйственное значение в эксплуатационных лесах Невьянского лесничества имеют сосновые насаждения. Они определяют основные направления развития и особенности ведения лесного хозяйства. Средний возраст сосняков в исследуемом объекте составляет 77 лет. В их составе преобладают насаждения достаточно высокой производительности (средний класс бонитета II) и средней полноты (полнота 0,7).

Для определения оптимального размера расчетной лесосеки при сплошных рубках ее исчисление осуществлялось следующими методами: лесосеки

Таблица 1
Table 1

Средние таксационные показатели лесных насаждений в эксплуатационных лесах
Average taxation indicators of forest stands in operational forests

Преобладающая порода The predominant breed	Площадь, га Area, ha	Средние таксационные показатели/ Average taxation indicators				
		Возраст, лет Age, years	Класс бонитета Bonitet class	Относительная полнота Relative completeness	Запас насаждений на 1 га, м³ Reserve of plantings per 1 ha, m³	
					покрытых лесами земель forested lands	спелых и перестойных ripe and overripe
Хозяйство хвойное / The farm is coniferous						
Сосна / Pine	43394,4	77	2	0,7	192	263
Ель / Fir	11918,1	72	2	0,7	130	220
Пихта / Silver-fir	466,4	71	2	0,7	231	230
Лиственница / Larch	91,8	59	2	0,7	173	193
Итого хвойных Total conifers	55870,7	76	2	0,7	179	253
Хозяйство мягколиственное / The farm is soft-leaved						
Береза / Birch	26634,0	66	2	0,7	153	184
Осина / Aspen	5542,4	65	2	0,7	161	217
Ольха серая Grey alder	43,0	56	2	0,7	86	57
Липа / Linden	147,1	58	2	0,7	191	260
Итого мягколиственных Total soft – leaved	32366,5	66	2	0,7	154	190
Всего эксплуатационных лесов Total operational forests	88237,2	72	2	0,7	170	230

равномерного пользования, первой возрастной лесосеки, второй возрастной лесосеки, интегральной лесосеки (приказ Рослесхоза от 27.05.2011 №191). Соответствующие исследования нами проводились в наиболее ценной в хозяйственном отношении сосновой высокобонитетной хозсекции (С1а-2) с возрастом рубки 81 год. Общая площадь хозсекции составляет 26 607,8 га.

При определении характера лесопользования проводилось моделирование динамики возрастной структуры насаждений на определенный период времени с вычисленным размером расчетной лесосеки. Для этого использовалась специальная программа для исчисления объема пользования лесом на основе имитационной модели динамики возрастной структуры насаждений, учитывающая полный период их роста и развития – от начальных классов возраста до самых старших (О разработке..., 2014).

Результаты и их обсуждение

Теоретической основой осуществления принципа непрерывного, неистощительного использования лесов является установление своеобразного эквивалента между размером ежегодной рубки

и суммой объемов годичных приращений древесной массы. Рубка леса, не превышающая по своему объему урожая древесины, может быть непрерывной (Анучин, 1991). В специальной литературе из года в год повторяющееся постоянное равномерное пользование лесом (древесиной), равное величине среднего годичного прироста нормального леса, принято считать оптимальным. Важнейшей характеристикой оптимального или нормального леса является равномерная возрастная структура. Лес, в котором гарантирована непрерывность и неистощительность пользования, в пределах оборота рубки в каждой группе возраста должен иметь одинаковую площадь. Причем для обеспечения наибольшего пользования лесом насаждения всех возрастов должны быть предельно полными (Энциклопедия..., 2006).

В лесоустроительной практике для оценки результатов лесопользования действительное распределение насаждений по группам возраста сравнивается с нормальным. Данные такого сравнения по сосновой высокобонитетной хозсекции эксплуатационных лесов Невьянского лесничества представлены на рис. 1.

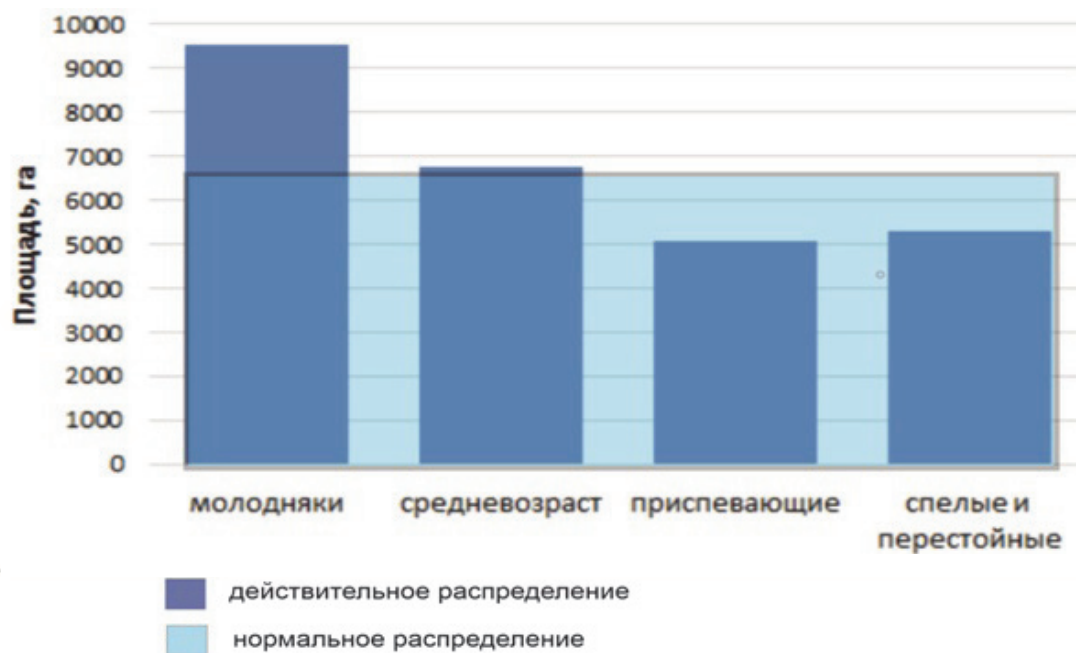


Рис. 1. Распределение площадей насаждений сосновой высокобонитетной хозсекции по группам возраста в эксплуатационных лесах лесничества (действительное распределение; нормальное (равномерное) распределение)

Fig. 1. Distribution of the areas of stands of pine high-priority economic section by age groups in the operational forests of forestry (actual distribution; normal (uniform) distribution)

Данные рис. 1 показывают, что анализируемая хозсекция лесничества характеризуется относительно удовлетворительной возрастной структурой. Несмотря на то, что все возрастные группы представлены значительным объемом насаждений, отмечаются некоторые отклонения в распределении площадей насаждений от равномерного. Как отмечалось выше, общая площадь хозсекции составляет 26 607,8 га. При оптимальной возрастной структуре площадь насаждений в каждой группе возраста должна составлять 6 652 га. В действительности наблюдается чрезмерное накопление молодняков, площадь которых в 1,4 больше, чем при нормальном распределении. Доля приспевающих насаждений, являющихся ближайшим резервом для лесозексплуатации, недостаточна. На 20 % истощен эксплуатационный фонд. В исследуемой хозсекции идет активное накопление корневой массы за счет хорошо продуцирующих молодых и средневозрастных насаждений.

Освоение лесов на территории Невьянского лесничества осуществляется в основном на арендованных лесных участках. В соответствии с материалами государственного лесного реестра заготов-

ка древесины ведется на 22 таких участках общей площадью 81 832,2 га. Возрастная структура арендованных лесов представлена на рис. 2.

В лесничестве общая площадь сосновых высокобонитетных насаждений, переданных в аренду, равняется 12 318,6 га. При оптимальной возрастной структуре в каждой возрастной группе площадь насаждений составляла бы 3 079,4 га. Действительное распределение площадей насаждений по группам возраста заметно отличается от оптимального. Анализируемая хозсекция характеризуется большим накоплением приспевающих, спелых и перестойных насаждений, площади которых заметно превышают оптимальные значения. В то же время площадь молодняков совершенно недостаточна (почти в 2 раза меньше, чем оптимальная величина).

В таком лесу при организации лесопользования с целью выравнивания возрастной структуры необходимо в первое десятилетие активно вырубать спелые и перестойные насаждения и увеличивать площадь молодых насаждений. Объем заготовки в настоящее время меньше, чем величина годового прироста.

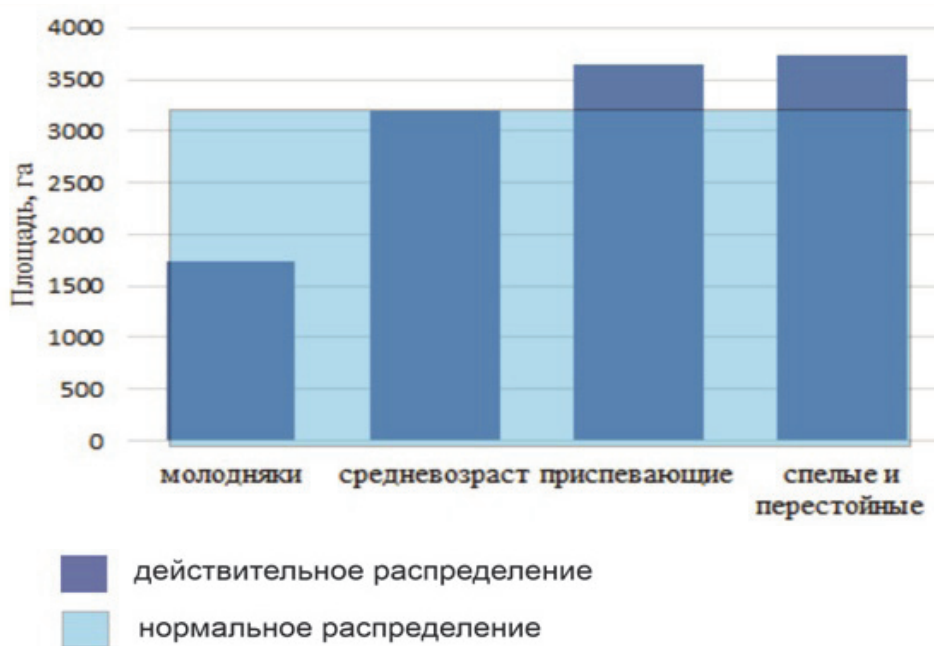


Рис. 2. Распределение насаждений высокобонитетной сосновой хозсекции по группам возраста на территории арендованных лесов (действительное распределение; нормальное (равномерное) распределение)

Fig. 2. Distribution of plantations of high-priority pine farm section by age groups on the territory of leased forests (actual distribution; normal (uniform) distribution)

В целом представленные материалы свидетельствуют, что возрастная структура насаждений на арендованных участках существенно различается от возрастной структуры эксплуатационных лесов всего лесничества. Следует отметить, что расчетная лесосека в целом по лесничеству и на арендованных лесных участках определялась по одной и той же методике (приказ Рослесхоза от 27.05.2011 № 191). В лесохозяйственном регламенте Невьянского лесничества по сосновой высокобонитетной хозсекции рекомендована к принятию первая возрастная лесосека с объемом заготовки древесины 78 700 м³. С учетом различий арендованных участков по возрастной структуре лесов для некоторых из них допустимый ежегодный объем изъятия древесины установлен другими методами: лесосеки равномерного пользования (на трех участках), второй возрастной (на четырех) и интегральной (на девяти) лесосек (табл. 2).

Расчетная лесосека, исчисленная методом лесосеки равномерного пользования, является опти-

мальной в лесах с относительно равномерным распределением площади лесных насаждений и их запасов по группам возраста. На арендованных участках с большими запасами древесины спелых и перестойных лесных насаждений за расчетную приняты лесосеки, установленные методами второй возрастной и интегральной лесосек. Известно, что эти методы применяются в лесах, где запасы древесины спелых и перестойных лесных насаждений составляют более 50 % от общего запаса древесины (приказ Рослесхоза № 191 от 27.05.2011).

Общая расчетная лесосека по арендованным участкам равняется 47 440 м³, что составляет более 60 % от возможной заготовки древесины в сосновых высокобонитетных насаждениях в пределах эксплуатационных лесов лесничества. При этом площадь данной хозсекции на переданных в аренду участках, равная 12 625 га, составляет всего 47,4 % от площади эксплуатационных лесов.

Таблица 2

Table 2

Сведения о расчетных лесосеках на территории Невьянского лесничества
Information about the estimated logging areas on the territory of the Nevyansky forestry

Территориальный объект Territorial object	Наименование расчетной лесосеки Name of the settlement cutting area	Количество лесных участков, шт. Number of forest plots, pcs		Площадь, га Area, ha	Запас, тыс. м ³ Stock, thousand cubic meters
		шт. / pcs	%		
Арендованные лесные участки Leased forest plots	Равномерного пользования Uniform use	3	15	10,9	3,380
	1-я возрастная 1st age group	6	27	23,3	6,234
	2-я возрастная 2st age group	4	18	13,6	3,726
	Интегральная Integral	9	40	108,4	34,100
	Всего / Total	22	100	156,2	47,440
Неарендованные леса Unrended forests	1-я возрастная 1st age group	1	100	111,2	39,914
Арендованные и неарендованные леса Leased and non-leased forests	—	—	—	267,4	87,354
Территория лесничества The territory of the forestry	1-я возрастная 1st age group	1	100	259,0	78,700

С учетом принятых размеров расчетной лесосеки на арендуемых участках для получения полной картины об объемах ежегодной заготовки древесины в анализируемой хозсекции нами рассчитан оптимальный размер лесосеки для ее неарендованной части.

Установлено, что на неарендованной территории хозсекция характеризуется преобладанием молодых и средневозрастных насаждений. Поэтому соответствующее исчисление, как и в лесохозяйственном регламенте, производилось методом первой возрастной лесосеки. Допустимый ежегодный объем изъятия древесины оказался равным 39914 м³.

Таким образом, в настоящее время в анализируемой хозсекции (на ее арендованных и неарендованных частях) допустимый ежегодный объем изъятия древесины составляет 87354 м³. Он на 8654 м³ (9,9 %) больше, чем в лесохозяйственном регламенте лесничества.

Приведенные материалы свидетельствуют, что действующая система организации заготовки древесины при передаче лесов в аренду, применение методов исчисления размеров расчетной лесосеки на арендованных участках (как правило, характеризующихся преобладанием спелых и перестойных насаждений), отличающихся от принятого метода при определении допустимого ежегодного объема заготовки древесины в целом по лесничеству, приводит к неравномерному освоению лесов в границах лесничества и нарушает лесное законодательство.

Размер расчетной лесосеки должен обеспечивать непрерывность и неистощительность лесопользования. В лесу, в котором обеспечивается постоянное пользование им, на протяжении определенного (заданного) периода или в постоянном режиме определенная часть древостоев должна быть спелой, пригодной для рубки. Очевидно, чем короче планируемый период лесопользования, тем выше уровень использования лесов. Перспективным направлением при оценке состояния лесных ресурсов и характера их истощения является разработка имитационных моделей динамики возрастной структуры насаждений лесничества (лесных участков) с учетом исчисленного разме-

ра расчетной лесосеки. Она воссоздает процесс истощения лесов в деталях относительно всех разновозрастных групп деревьев при любой их изначальной возрастной структуре. В числовой форме устанавливаются возрастная структура насаждений данного объекта и ее изменения при лесопользовании на протяжении любого отрезка времени. При этом вырубки рассматриваются как территориально локализованное изменение возрастной структуры насаждений, а модель рассчитывает их последствия (Новый подход..., 2014; О разработке..., 2014).

С учетом представленных выше материалов моделирование возрастной структуры насаждений и оценка характера истощения лесных ресурсов в анализируемой хозсекции нами проводились отдельно в границах лесничества (территориальной единицы в сфере управления лесами) и границах арендованных участков (объектов лесопользования).

Результаты данных исследований по арендованным участкам показывают, что при существующей возрастной структуре насаждений и объеме заготовки древесины 47400 м³ в год полное освоение лесосечного фонда произойдет за 71 год (рис. 3). Период лесопользования меньше возраста рубки. Стабильное в размере расчетной лесосеки пользование лесом может продолжаться только в течение первых 40 лет.

В последующем эксплуатационный фонд будет стремительно уменьшаться до полного его истощения. Возрастная структура насаждений будет характеризоваться доминированием молодняков, площадь которых составит более 50 %. К концу арендных отношений площадь лесоводственного фонда снизится до уровня 80 %, что существенно сократит рентабельность заготовки древесины. При этом следует отметить, что по некоторым договорам аренды период лесопользования составляет не более 30 лет. Таким образом, принцип непрерывного и неистощительного лесопользования лесов на арендованных лесных участках не соблюдается.

Результаты подобных исследований, проведенных в границах лесничества, существенно отличаются от рассмотренных выше (рис. 4).

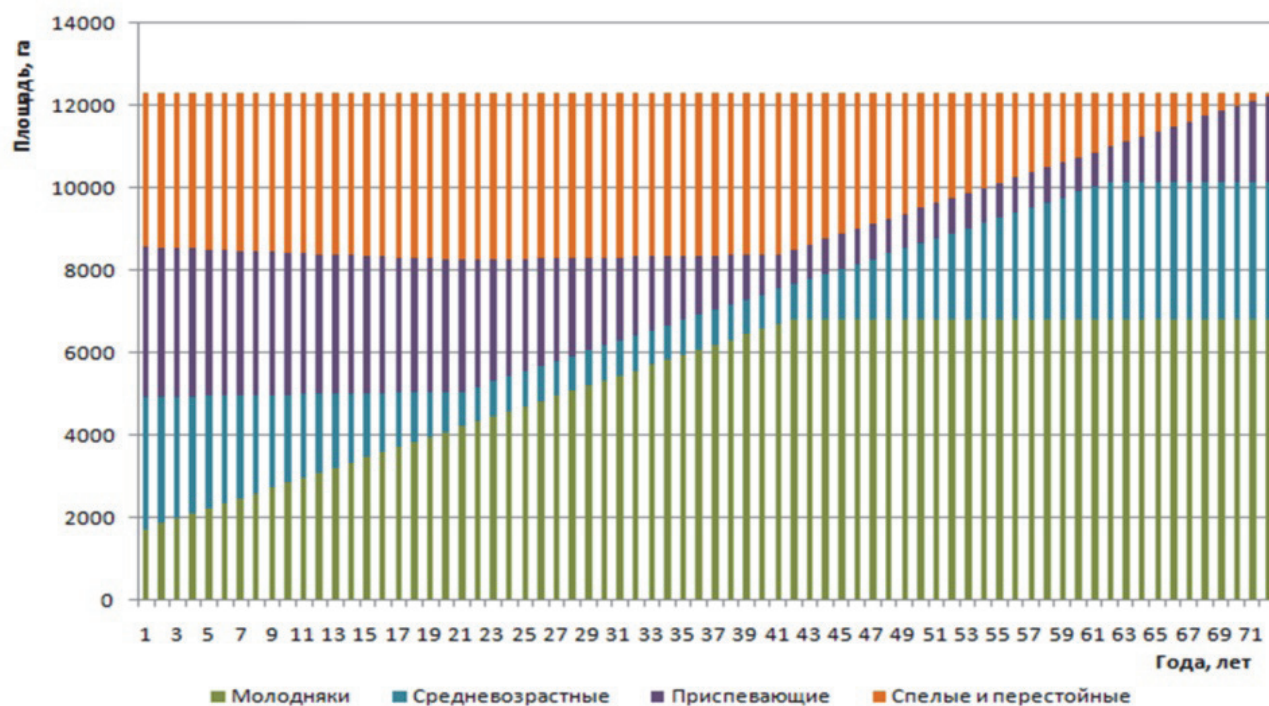


Рис. 3. Имитационная модель динамики площадей насаждений различных групп возраста анализируемой хозсекции на арендованных лесных участках

Fig. 3. Simulation model of the dynamics of the areas of plantings of various age groups of the analyzed economic section on leased forest plots (years)

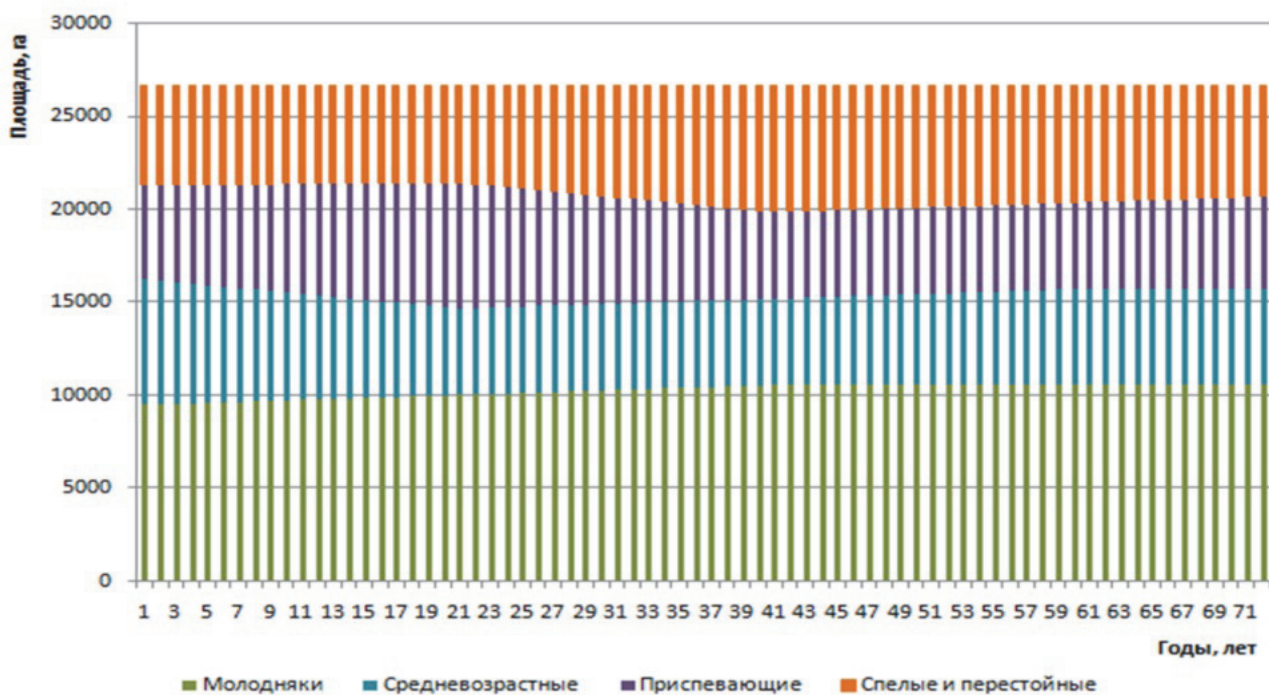


Рис. 4. Имитационная модель динамики площадей насаждений различных групп возраста анализируемой хозсекции в целом по лесничеству

Fig. 4. Simulation model of the dynamics of the areas of plantings of various age groups of the analyzed economic section as a whole in forestry

При сложившейся возрастной структуре насаждений в анализируемой хозсекции и размере расчетной лесосеки 78 700 м³ на территории лесничества достигается непрерывность и неистощительность лесопользования на бесконечный по времени период (период лесопользования не ограничивается 71 годом, как на арендованных участках). С целью улучшения возрастной структуры насаждений можно рекомендовать небольшую корректировку лесопользования, направленную на увеличение эксплуатационного фонда и сокращение площади молодых насаждений. Для ее достижения в первое десятилетие необходимо уменьшить расчетный объем заготовки древесины на 7–9 тыс. м³.

В целом результаты имитационного моделирования свидетельствуют о существенных различиях в динамике возрастной структуры и характере истощения лесов в границах лесничества и арендованных участков. Причем при принятом размере расчетной лесосеки на арендованных участках принцип непрерывного, неистощительного использования лесов при заготовке древесины не обеспечивается.

Выводы

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие обобщения и выводы.

На территории Невьянского лесничества основная высокобонитетная хозсекция характеризуется чрезмерным накоплением молодняков, недостаточным объемом приспевающих насаждений и истощенным (на 20 %) эксплуатационным фондом. С учетом особенностей возрастной структуры в лесохозяйственном регламенте лесничества в качестве оптимальной принята первая возрастная лесосека с объемом заготовки древесины 78 700 м³.

На арендованных участках действительное распределение площадей насаждений по группам возраста заметно отличается от оптимального. Оно характеризуется накоплением приспевающих, спелых и перестойных насаждений и недостаточным количеством молодняков, площадь которых почти в два раза меньше оптимальных

величин. На большей части арендованных участков за расчетную приняты лесосеки, установленные методами второй возрастной и интегральной лесосек.

В настоящее время в анализируемой хозсекции (на ее арендованных и неарендованных частях) допустимый ежегодный объем изъятия древесины составляет 87 354 м³. Он на 8 654 м³ (9,9 %) больше, чем в лесохозяйственном регламенте лесничества. Таким образом, действующая система организации заготовки древесины при передаче лесов в аренду, применение методов исчисления размеров расчетной лесосеки на арендованных участках, отличающихся от принятого метода в целом для лесничества, приводит к неравномерному освоению лесов в границах лесничества и нарушению лесного законодательства.

Результаты имитационного моделирования свидетельствуют о существенных различиях в динамике возрастной структуры и характере истощения лесов в границах лесничества и арендованных участков. Причем при принятом размере расчетной лесосеки на арендованных участках принцип непрерывного, неистощительного использования лесов при заготовке древесины не обеспечивается. Стабильное в размере расчетной лесосеки пользование лесом может продолжаться только в течение первых 40 лет.

Организация освоения лесов в рамках действующего лесного законодательства должна осуществляться в соответствии с лесохозяйственным регламентом лесничества. Для выполнения этого требования в аренду целесообразно передавать насаждения с возрастной структурой, аналогичной (или близкой) возрастной структуре насаждений лесничества, и применять корректные методы определения ежегодных объемов заготовки древесины для арендованных лесных участков и лесничества в целом. В частности, в качестве оптимального можно рекомендовать размер расчетной лесосеки, имеющий промежуточное значение между размерами, исчисленными разными методами, если он наиболее полно отвечает необходимым условиям.

Список источников

- Анучин Н. П. Лесоустройство. М. : Экология, 1991. 399 с.
- Лесной кодекс Российской Федерации : принят Государственной Думой 08 ноября 2006 г. : одобрен Советом Федерации 24 ноября 2006 г. // КонсультантПлюс : [сайт]. URL.: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: 13.03.2023).
- Лесоустроительное проектирование : учеб. пособие / А. В. Суслов, И. С. Сальникова, А. А. Григорьев, А. А. Бартыш. Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. 90 с.
- Лесохозяйственный регламент Невьянского лесничества Свердловской области : утв. приказом Департамента лесного хозяйства Свердловской области от 01.02.2018 № 53. URL: <https://mprso.midural.ru/article/show/id/10187> (дата обращения: 13.03.2023).
- Новый подход к исчислению расчетной лесосеки / В. Голубев, А. Зародов, А. Коросов, А. Марковский, А. Родионов // Устойчивое лесопользование. 2014. № 3 (40). С. 5–12.
- О разработке нового подхода для исчисления параметров расчетной лесосеки неистощительного пользования / А. В. Коросов, А. В. Родионов, В. Е. Голубев, А. Ю. Зародов, А. В. Марковский // Принципы экологии. 2014. Т. 3. № 2. С. 4–20.
- Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.02.2017 г. № 72 (с изменениями на 27 февраля 2020 г.) «Об утверждении состава лесохозяйственных регламентов, порядка их разработки, сроков их действия и порядка внесения в них изменений». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420395322> (дата обращения: 13.03.2023).
- Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 27.05.2011 г. № 191 «Об утверждении порядка исчисления расчетной лесосеки». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902283266> (дата обращения: 03.03.2023).
- Энциклопедия лесного хозяйства : в 2 т. / М-во природных ресурсов Российской Федерации, Федеральное агентство лесного хозяйства ; [Антипенко Т. А. и др.]. М. : ВНИИЛМ, 2006. Т. 2 : М – Я. 416 с.

References

- A new approach to the calculation of the calculated cutting area / V. Golubev, A. Zaronov, A. Korosov, A. Markovsky, A. Rodionov // Sustainable forest use. 2014. № 3 (40). P. 5–12. (In Russ.)
- Anuchin N. P. Forest management. Moscow : Ekologiya, 1991. 399 p.
- Encyclopedia of Forestry : [in 2 volumes] / Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, Federal Forestry Agency; [Antipenko T. A. et al.]. Moscow : VNIILM, 2006. Vol. 2 : M – Ya. 416 p.
- Forest management design : textbook / A. V. Suslov, I. S. Salnikova, A. A. Grigoriev, A. A. Bartysch. Yekaterinburg : UGLTU, 2021. 90 p.
- Forestry regulations of the Nevyansky forestry of the Sverdlovsk region. Approved. By Order of the Forestry Department of the Sverdlovsk Region dated 01.02.2018 № 53. URL : <https://mprso.midural.ru/article/show/id/10187> (accessed: 13.03.2023).
- On the development of a new approach for calculating the parameters of the design library of sustainable use / A. V. Korosov, A. V. Rodionov, V. E. Golubev, A. Yu. Zarodov, A. V. Markovsky // Principles of Ecology. 2014. Vol. 3. № 2. P. 4–20. (In Russ.)
- Order of the Federal Forestry Agency № 191 dated 27.05.2011 “On approval of the procedure for calculating the estimated cutting area”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902283266> (accessed: 03.03.2023).
- Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation № 72 dated 27.02.2017 (as amended on February 27, 2020) “On approval of the composition of forestry Regulations, the Procedure

for their Development, the timing of their actions and the procedure for making changes to them”.
URL: <https://docs.cntd.ru/document/420395322> (accessed: 13.03.2023).

The Forest Code of the Russian Federation: LC: adopted by the State Duma on November 08, 2006: approved by the Federation Council on November 24, 2006 // ConsultantPlus : [website]. URL. : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299 // (accessed: 13.03.2023)

Информация об авторах

А. В. Суслов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
suslovav@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2640-7274>;

З. Я. Нагимов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
nagimovzy@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6853-2375>;

А. И. Крючкова – магистр,
kryu4kova2007@yandex.ru;

А. В. Шестаков – магистр,
tosha_shestakov@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2385-1575>;

В. А. Хафизов – магистр,
vadimhafizov980404@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0006-7403-8716>.

Information about the authors

A. V. Suslov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
suslovav@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2640-7274>;

Z. Ya. Nagimov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
nagimovzy@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6853-2375>;

A. I. Kryuchkova – master,
kryu4kova2007@yandex.ru;

A. V. Shestakov – master,
tosha_shestakov@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2385-1575>;

V. A. Hafizov – master,
vadimhafizov980404@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0006-7403-8716>.

Статья поступила в редакцию 07.04.2023; принята к публикации 07.06.2023.

The article was submitted 07.04.2023; accepted for publication 07.06.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 51–64.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 51–64.

Научная статья

УДК 630*52

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.006

БИОМАССА ПОДРОСТА ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ УРАЛА И ЕЕ АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Владимир Андреевич Усольцев¹, Иван Степанович Цепордей²,
Алина Флоритовна Уразова³, Александр Вячеславович Борников⁴

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

^{1,2} Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

⁴ Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

^{1,2} Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

² ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>

³ ura-alina@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

⁴ bornikov87@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6193-3889>

Аннотация. Оценка биомассы деревьев и древостоев представляет интерес для многих дисциплин, связанных с лесной экологией и поведением экосистем в условиях изменения климата. Прямая оценка биомассы в полевых условиях очень сложна и трудозатратна. Наиболее распространенным подходом для оценки биомассы деревьев является использование взаимосвязей между биомассой и легко измеряемыми параметрами дерева, главным образом диаметром ствола на высоте груди и/или высотой дерева. Однако большинство опубликованных моделей биомассы относятся к крупным деревьям основного полога. Эмпирические данные о биомассе растений подроста представлены лишь в единичных работах. В нашем исследовании получены фактические данные о структуре надземной биомассы и ее годичном приросте у растений подроста лесобразующих видов, произрастающих в условиях средней и южной тайги Урала, разработаны аллометрические модели для оценки биомассы и ее годичного прироста и выполнено ранжирование видов по величине относительной высоты (сбежистости) растений подроста. На примере подроста подтверждено положение Я. С. Медведева (1910) о связи относительной высоты растений со степенью светолюбия видов.

Ключевые слова: нижний ярус, виды растений, лесобразующие виды, надземная биомасса, годичный прирост биомассы, фракции биомассы, аллометрические модели

Благодарности: публикация подготовлена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН. Авторы благодарят канд. с.-х. наук И. Е. Бергмана, А. С. Касаткина и А. С. Жанабаеву за активное участие в получении экспериментальных данных на пробных площадях.

Для цитирования: Биомасса подроста лесобразующих видов Урала и ее аллометрические модели / В. А. Усольцев, И. С. Цепордей, А. Ф. Уразова, А. В. Борников // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 51–64. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.006.

Scientific article

BIOMASS OF THE UNDERGROWTH PLANTS IN THE URAL FORESTS AND ITS ALLOMETRIC MODELS

Vladimir A. Usoltsev¹, Ivan S. Tsepordey², Alina F. Urazova³, Aleksandr V. Bornikov⁴

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

^{1,2} Botanical Garden, Ural Branch Yekaterinburg, Russia

⁴ Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia,

^{1,2} Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

² ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>

³ ura-alina@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

⁴ bornikov87@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6193-3889>

Abstract. Estimating the biomass of trees and stands is of interest for many disciplines related to forest ecology and ecosystem behavior under climate change. Direct assessment of biomass in the field is very difficult and labor-consuming. The most common approach for estimating tree biomass is to use the relationships between biomass and easily measurable tree parameters, mainly stem diameter at breast height and/or tree height. However, the most of the published biomass models relate to large trees of the main canopy. Empirical data on the biomass of undergrowth plants are presented only in seldom works. In our study, actual data on the structure of aboveground biomass and its annual growth in undergrowth plants of forest-forming species growing in the conditions of the middle and southern taiga of the Urals were obtained, allometric models were developed to assess biomass and its annual growth, and species were ranked according to the relative height (slenderness) of undergrowth plants. On the example of undergrowth, the opinion of Ya. S. Medvedev (1910) on the relationship of the relative height of plants with the degree of their light-requiring is confirmed.

Keywords: undergrowth story, plant species, forest-forming species, aboveground biomass, annual biomass growth, biomass fractions, allometric models

Acknowledgements: the publication was prepared as part of the state assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. The authors thank the Candidate of Agricultural Sciences I. E. Bergman, A. S. Kasatkin and A. S. Zhanabaev for their active participation in obtaining experimental data on trial areas.

For citation: Biomass of the undergrowth plants in the ural forests and its allometric models / V.A. Usoltsev, I.S. Tsepordey, A.F. Urazova, A.V. Bornikov // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 51–64. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.006.

Введение

Оценка продуктивности лесов в лесном хозяйстве и лесной экологии имеет давнюю традицию. За последние десятилетия интерес к продуктивности лесов сместился с ориентации на выращивание древесины на оценку надземной и подземной биомассы деревьев и древостоев (Уткин, 1995; Parresol, 1999). Точная оценка биомассы деревьев и древостоев представляет интерес для многих дисциплин, связанных с лесной экологией и ведением экосистем в условиях изменения климата,

начиная от популяционной экологии и заканчивая дистанционным зондированием, моделированием наземных экосистем и ведением хозяйства в управляемых лесах (Jenkins et al., 2003; Замолотчиков и др., 2007). Прямая оценка биомассы в полевых условиях очень сложна и трудозатратна (Sah et al., 2004). Наиболее распространенным подходом для оценки биомассы деревьев является использование взаимосвязей между биомассой и легко измеряемыми параметрами дерева, главным образом диаметром ствола на высоте груди и/или высотой дерева

(Djomo et al., 2010; Annighöfer et al., 2012). Формируются базы данных как эмпирических показателей биомассы, полученных на пробных площадях, так и результатов их обработки в виде аллометрических моделей (Ter-Mikaelian, Korzukhin, 1997; Jenkins et al., 2003; Wirth et al., 2004; Zianis et al., 2005; Falster et al., 2015; Rojas-Garcia et al., 2015; Usoltsev, 2020; Усольцев и др., 2022). Однако большинство опубликованных моделей биомассы относятся к крупным деревьям основного полога.

Эмпирические данные о биомассе растений подроста и подлеска представлены лишь в единичных работах (Bergman, Nesterkov, 2021; приложение: <https://www.gbif.org/dataset/61384edd-2d0a-437b-8cf0-ff4d2dfcc0da>; Биомасса..., 2023). Зато активно публикуются аллометрические модели биомассы для растений подроста и подлеска, саженцев и сеянцев (Chroust, 1985; Norgren et al., 1995; Bartelink, 1997; Sah et al., 2004; Pilli et al., 2006; Pajtik et al., 2008; Berner et al., 2015; Annighöfer et al., 2016; Биомасса..., 2023), но их количество несопоставимо меньше по сравнению с количеством моделей для деревьев основного яруса. Это может быть связано с малыми размерами растений в нижнем ярусе, не соответствующими размерам коммерческой древесины, а также с их небольшой долей в общей биомассе древостоев и связанных с ней запасах углерода (Brown, 2002; Chave et al., 2001). Точные оценки биомассы подроста, сеянцев и саженцев тем не менее необходимы при лесоразведении и лесовосстановлении и при моделировании будущего развития лесов (Schroeder et al., 1997). В частности, точные оценки биомассы подроста и подлеска имеют центральное значение для понимания и прогнозирования динамики круговорота углерода в лесах (Galik et al., 2009; Gonzalez-Benecke et al., 2014). В локальных условиях местообитаний даются сведения о биомассе подроста и подлеска в расчете на единицу площади (Li et al., 2019; Пристова, 2020) и публикуются соответствующие модели (Bolte et al., 2009; Heinrichs et al., 2010; Усольцев и др., 2012), но подобные данные и модели экстраполировать на другие местообитания довольно проблематично.

Подрост (*undergrowth*) в отличие от подлеска (*underwood*) в перспективе формирует основной

полог. Для прогнозирования его роста и биомассы важны условия светового режима, в связи с чем важную роль играет степень теневыносливости того или иного вида (Bebre et al., 2021). Сравнительная онтогенетическая аллометрия роста дерева в высоту и по диаметру (Мина, Клевезаль, 1976; Усольцев, 1978) определяет продуктивность растение и выявляет компромисс между способностью растения конкурировать с соседями (получаемой за счет увеличения его высоты) и механической устойчивостью (достигаемой за счет увеличения его диаметра ствола) (Sumida et al., 1997; Lines et al., 2012; Hulshof et al., 2015). Аллометрия роста растений под пологом может различаться у покрытосеменных и голосеменных видов, существенно меняться вследствие различий по их теневыносливости и конкурентным отношениям (Becker, 2000; Amoroso, Turnblom, 2006). Голосеменные виды обычно имеют более высокий прирост диаметра на единицу роста в высоту, чем покрытосеменные (King, 1991; Hulshof et al., 2015). Требовательные к свету виды часто рискуют потерей статической устойчивости в погоне за светом, и при подобной стратегии роста на увеличение диаметра ствола выделяется меньше ресурсов (Henry, Aarssen, 1999). Доступность света зависит от характеристик полога и конкурирующей растительности и может влиять на формирование растений подроста в течение многих последующих лет (Montoro et al., 2018).

Относительная высота отражает степень освещенности, при которой выросли деревья, изменяясь в обратном отношении с количеством получаемого ими света. Светлюбивые виды имеют более высокие относительные высоты, а теневыносливые, напротив, более низкие. Установив закономерность снижения относительной высоты по мере увеличения теневыносливости видов, Я.С. Медведев (1910) выполнил ранжирование видов по степени теневыносливости в порядке ее увеличения в такой последовательности: береза, сосна, ясень, осина, дуб, липа, граб, ель, бук, пихта. В предыдущей работе (Биомасса..., 2023) путем рангового корреляционного анализа (Митропольский, 1971) мы соотнесли ранее предложенные классификации (Geyer, 1856; Kraft, 1884; Gayer, 1886; Турский, 1892; Любименко, 1905; Wiesner, 1907)

с классификацией Я.С. Медведева и получили средний коэффициент ранговой корреляции 0,93 (в диапазоне от 0,83 до 0,99).

Для Уральского региона предложены аллометрические модели для оценки биомассы основного яруса лесобразующих видов (Усольцев и др., 2022), а также модели для оценки биомассы и ее годовичного прироста подлеска (Биомасса..., 2023), но для подроста подобные модели отсутствуют.

Цель, методика и объекты исследования

Целью наших исследований было:

- получить фактические данные о структуре надземной биомассы и ее годовичном приросте у растений подроста лесобразующих видов, произрастающих в условиях средней и южной тайги Урала;
- разработать аллометрические модели для оценки биомассы и ее годовичного прироста;

– выполнить ранжирование видов по величине относительной высоты (сбежистости) растений подроста и проверить положение Я.С. Медведева (1910) о связи относительной высоты со степенью светолюбия видов.

Исследования проведены в градиентах загрязнений от Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ) и Карабашского медеплавильного комбината (КМК) в спелых елово-пихтовых, сосновых и березовых насаждениях.

Характеристика объектов исследований, а также методика получения экспериментальных данных о биомассе и годовичном приросте растений подроста были детально изложены ранее (Усольцев и др., 2012), и здесь они не приводятся. Полная характеристика полученных данных о 134 модельных растениях подроста 7 лесобразующих видов дана в табл.1.

Таблица 1
Table 1

Характеристика исходных данных
Characteristics of the experimental data

D_0	A	H	P_f	P_a	Z_f	Z	D_0	A	H	P_f	P_a	Z_f	Z_a
Сосна обыкновенная / Pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.)							Пихта европейская / European abies (<i>Abies sibirica</i>)						
12	12	80	0,02617	0,05040	0,00872	0,01074	10	10	41	0,02112	0,03684	0,00422	0,00580
65	26	410	1,06090	4,13275	0,35363	0,47178	19	38	80	0,07331	0,25640	0,01222	0,01704
12,5	8	82	0,03193	0,06713	0,01596	0,02036	4	7	12	0,00084	0,00124	0,00028	0,00034
8,5	7	48	0,01201	0,02182	0,00600	0,00741	42	26	265	0,69842	1,59305	0,11640	0,15081
8	8	55	0,01201	0,02086	0,00600	0,00711	32	43	132	0,01530	0,50904	0,00255	0,01403
4	4	30,5	0,00034	0,00095	0,00017	0,00032	56	49	373	0,94025	3,63611	0,15671	0,21173
13	8	71	0,03157	0,05693	0,01578	0,01895	7	9	33	0,00571	0,01224	0,00143	0,00215
18	8	196	0,06244	0,10427	0,03122	0,03645	4	6	17	0,00052	0,00143	0,00017	0,00032
11,5	6	47	0,02505	0,03979	0,01252	0,01498	32	31	172	0,36964	0,92842	0,06161	0,07963
31,5	11	180	0,20586	0,54762	0,10293	0,13400	16	30	66	0,08143	0,18253	0,01357	0,01694
26	13	170	0,08578	0,28618	0,04289	0,05830	58	40	332	0,56581	2,91069	0,09430	0,15292
32	17	220	0,15440	0,57272	0,07720	0,10180	22	35	88	0,08378	0,29770	0,01396	0,02008
24	10	210	0,10293	0,40581	0,05147	0,08175	3	3	15	0,00065	0,00135	0,00033	0,00056
47	16	413	0,29164	1,76980	0,14582	0,23820	7	7	37	0,00418	0,00794	0,00139	0,00193
15,5	9	120	0,03808	0,09999	0,01904	0,02592	17	24	78	0,04658	0,13035	0,00776	0,01125

Продолжение табл. 1
Continuation table 1

D_0	A	H	P_f	P_a	Z_f	Z	D_0	A	H	P_f	P_a	Z_f	Z_a
5	4	43	0,00274	0,00378	0,00137	0,00163	23	32	145	0,10631	0,39605	0,01772	0,02677
20	15	132	0,05147	0,16691	0,02573	0,03343	58	63	558	0,59380	4,18526	0,09897	0,15597
14	11	160	0,01716	0,07644	0,00858	0,01397	41	51	250	0,23158	1,39421	0,03860	0,06139
36	18	180	0,17155	0,50035	0,08578	0,10404	12	14	64	0,00965	0,04375	0,00161	0,00404
13	13	74	0,01818	0,04617	0,00909	0,01125	34	57	444	0,17342	1,64070	0,02890	0,05464
23	14	130	0,05147	0,21491	0,02573	0,03741	8	10	48	0,00531	0,01675	0,00089	0,00203
30	18	215	0,08578	0,45418	0,04289	0,06335	42	38	274	0,93338	1,63607	0,15556	0,17405
9	11	77	0,00480	0,01862	0,00240	0,00366	53	73	415	0,56421	2,71807	0,08060	0,11011
35	21	280	0,30879	0,78543	0,15440	0,17709	Липа мелколистная / Linden (<i>Tilia cordata</i>)						
7	8	57	0,00343	0,01049	0,00172	0,00260	7	3	65	0,00428	0,01108	0,00428	0,00654
40	17	285	0,24017	0,90689	0,12009	0,15930	4	2	38	0,00087	0,00229	0,00087	0,00158
32	12	220	0,15440	0,54872	0,07720	0,11006	12	8	147	0,00724	0,02755	0,00724	0,00978
4,5	6	34	0,00206	0,00380	0,00103	0,00132	14	7	127	0,00249	0,02403	0,00249	0,00557
13	14	114	0,00686	0,05265	0,00343	0,00670							
Ель сибирская / Siberian spruce (<i>Picea obovata</i>)							Береза повислая / birch (<i>Betula pendula</i>)						
8	12	27	0,01122	0,02086	0,00187	0,00267	18	16	189	0,03623	0,14675	0,03623	0,04313
44	41	168	0,46641	1,64656	0,07774	0,10652	12	15	150	0,00679	0,05013	0,00679	0,00968
3	10	14	0,00035	0,00088	0,00007	0,00012	7	11	90	0,00387	0,01182	0,00387	0,00460
30	42	143	0,06614	0,54474	0,01102	0,02242	45	33	533	0,06671	1,75155	0,06671	0,11777
57	55	227	0,73412	2,67464	0,12235	0,15764	30	23	355	0,04827	0,48793	0,04827	0,06738
74	58	220	0,96615	4,95596	0,16103	0,22982	3	3	30	0,00077	0,00116	0,00077	0,00090
10	10	51	0,02251	0,04370	0,00450	0,00662	9	5	112	0,00071	0,00135	0,00062	0,00072
3	7	19	0,00081	0,00151	0,00027	0,00037	15	14	154	0,00614	0,05984	0,00614	0,00997
31	23	194	0,32327	0,79626	0,05388	0,07444	19	19	298	0,03664	0,19929	0,03182	0,03870
68	32	393	1,34733	4,46700	0,22455	0,32204	47	31	481	0,14880	1,47872	0,14880	0,19170
23	25	84	0,14759	0,32148	0,02460	0,03155	6	5	122	0,00138	0,00705	0,00134	0,00245
16	20	64	0,03991	0,13405	0,00665	0,01136	5	5	75	0,00193	0,00623	0,00188	0,00272
4	7	22	0,00126	0,00367	0,00042	0,00076	4	4	41	0,00119	0,00193	0,00097	0,00119
7	12	43	0,00951	0,02094	0,00190	0,00285	3	2	38	0,00050	0,00150	0,00050	0,00100
14	17	63	0,03753	0,10535	0,00625	0,01024	5	4	47	0,00138	0,00490	0,00138	0,00226
22	22	110	0,15989	0,40658	0,02665	0,03786	3,5	2	30	0,00152	0,00233	0,00152	0,00192
40	29	236	0,19739	1,12775	0,03290	0,06498	6,5	4	55	0,00363	0,00846	0,00363	0,00484

Окончание табл. 1
The end of table 1

D_0	A	H	P_f	P_a	Z_f	Z	D_0	A	H	P_f	P_a	Z_f	Z_a
28	20	156	0,08441	0,61691	0,01407	0,04069	14	6	200	0,00780	0,08200	0,00780	0,02017
6	5	29	0,00347	0,00714	0,00116	0,00189	20	9	183	0,01850	0,16850	0,01850	0,03517
52	50	338	0,26881	2,49473	0,04480	0,08932	7	7	90	0,00702	0,01898	0,00702	0,00873
38	37	230	0,07296	1,40964	0,01216	0,04829	18	12	165	0,01800	0,17400	0,01800	0,03100
20	29	155	0,04247	0,40589	0,00708	0,01961	5	2	53	0,00072	0,00280	0,00072	0,00176
Ольха черная / Black alder (<i>Alnus glutinosa</i>)							9,5	8	105	0,00720	0,04360	0,00720	0,01175
4	4	50	0,00280	0,00652	0,00280	0,00373	16	10	120	0,01296	0,04624	0,01296	0,01629
8	4	52	0,00320	0,00878	0,00320	0,00460	15	7	225	0,01833	0,11532	0,01833	0,03219
17	10	120	0,02000	0,14400	0,02000	0,03240	8,5	4	130	0,00888	0,02838	0,00888	0,01376
8	6	91	0,00920	0,02842	0,00920	0,01240	8	6	130	0,00507	0,02044	0,00507	0,00763
12	8	120	0,00360	0,03956	0,00360	0,00810	21	12	270	0,03700	0,26200	0,03700	0,05575
30	15	334	0,04000	0,66000	0,04000	0,08133	25	15	380	0,03900	0,42900	0,03900	0,06500
25	11	240	0,06000	0,30800	0,06000	0,08255	12	6	160	0,00819	0,03734	0,00819	0,01305
							8,5	4	100	0,00333	0,01183	0,00333	0,00546
							5	3	85	0,00117	0,00637	0,00117	0,00290
Осина Aspen (<i>Populus tremula</i>)													
10	6	107	0,00364	0,02506	0,00364	0,00721	6	5	75	0,00273	0,00803	0,00273	0,00379
9	3	96	0,00048	0,01328	0,00048	0,00474	26	14	385	0,07800	0,58150	0,07800	0,11396
8	6	76	0,00308	0,01377	0,00308	0,00486	13	9	154	0,01950	0,09900	0,01950	0,02833
5	4	72	0,00082	0,00425	0,00082	0,00168	9	3	95	0,00429	0,01914	0,00429	0,00924
6	3	57	0,00154	0,00580	0,00154	0,00296	5	2	52	0,00117	0,00392	0,00117	0,00255
10	5	134	0,00897	0,04077	0,00897	0,01533	16	8	210	0,05850	0,14100	0,05850	0,06881
23	14	350	0,09750	0,62750	0,09750	0,13536	11,5	6	135	0,00975	0,04000	0,00975	0,01479
15	13	225	0,00780	0,09790	0,00780	0,01473	19	8	226	0,05850	0,14100	0,05850	0,06881
4	3	45	0,00044	0,00196	0,00044	0,00094							

Примечание. D_0 – диаметр у основания, мм; A – возраст растения, лет; H – высота растения, см; P_f – масса хвои (листвы) в абсолютно сухом состоянии, кг; P_a – надземная масса в абсолютно сухом состоянии, кг; Z_f – масса годовичного прироста хвои (листвы), кг; Z_a – годовичный прирост надземной массы, кг.

Note. D_0 – diameter at the base, mm; A – age of the plant, years; H – height of the plant, cm; P_f – mass of needles (foliage) in an absolutely dry state, kg; P_a – aboveground mass in an absolutely dry state, kg; Z_f – mass of annual growth of needles (foliage), kg; Z_a – annual increase in above-ground mass, kg.

Результаты и их обсуждение

По исходным данным табл. 1 рассчитаны аллометрические модели трех видов:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D_0; \quad (1)$$

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln H; \quad (2)$$

$$\ln Z_a = a_0 + a_1 \ln P_a, \quad (3)$$

где P_i – биомасса растения i -й фракции, в данном случае это биомасса надземная (P_a) и листвы (P_f).

В некоторых случаях может быть более удобно измерять высоту растения, а не диаметр у основания, поэтому в качестве варианта рассчитываем модель (2). Ранее было установлено, что годичный прирост (первичная продукция) описывается

более адекватно по связи с соответствующей биомассой, а не с морфологическими показателями древостоя (Усольцев, 2016), и этим обусловлен выбор структуры модели (3). В табл. 2 и 3 приведены результаты расчета моделей (1), (2) и (3) с коррекцией на логарифмическую трансформацию (Baskerville, 1972). Коэффициенты детерминации моделей (1)–(3) оказались значимыми на уровне $p < 0,001$, за исключением моделей (1) и (2) для массы листвы липы мелколистной (помечена *), по-видимому, вследствие недостаточного количества исходных данных. Коэффициенты детерминации моделей (2) оказались существенно ниже, чем модели (1).

Таблица 2

Table 2

Характеристика моделей (1) и (2)
Characteristics of models (1) and (2)

P_i	Модель (1) Model (1)				Модель (2) Model (2)			
	a_0	a_1	R^2	SE	a_0	a_1	R^2	SE
Сосна обыкновенная / Pine								
P_a	–9,7702	2,6745	0,983	0,254	–14,1566	2,5330	0,896	0,630
P_f	–9,9029	2,3725	0,927	0,482	–13,4356	2,1845	0,797	0,805
Ель сибирская / Siberian spruce								
P_a	–9,2495	2,6007	0,989	0,271	–13,0700	2,5519	0,951	0,580
P_f	–9,3781	2,2363	0,939	0,568	–12,2923	2,1373	0,854	0,880
Пихта сибирская / European abies								
P_a	–10,0372	2,8423	0,987	0,306	–12,0886	2,2657	0,952	0,596
P_f	–10,2513	2,5485	0,963	0,472	–11,7810	1,9828	0,890	0,814
Береза повислая / Birch								
P_a	–9,4902	2,6427	0,916	0,594	–15,1414	2,4742	0,866	0,751
P_f	–9,3654	1,9091	0,869	0,549	–13,2543	1,7510	0,787	0,701
Осина / Aspen								
P_a	–10,5208	3,0704	0,975	0,271	–15,9359	2,6091	0,969	0,304
P_f	–11,5558	2,9145	0,824	0,739	–16,6324	2,4657	0,811	0,766
Ольха черная / Black alder								
P_a	–8,6898	2,3823	0,916	0,510	–14,1486	2,3954	0,938	0,439
P_f	–8,2138	1,5545	0,720	0,668	–11,7349	1,5572	0,731	0,655
Липа мелколистная / Linden								
P_a	–8,5369	1,9480	0,913	0,337	–12,2200	1,7684	0,912	0,338
P_f	–7,8652	1,1019*	0,219*	0,800	–10,4839	1,1067*	0,379*	0,713

Таблица 3

Table 3

Характеристика моделей (3)

Characteristics of models (3)

Зависимая переменная Dependent variable	Модель (3) Model (3)							
	a_0	a_1	R^2	SE	a_0	a_1	R^2	SE
Сосна обыкновенная / Pine					Осина / Aspen			
Z_a	-1,7301	0,8746	0,978	0,254	-1,4791	0,8543	0,958	0,306
Ель сибирская / Siberian spruce					Ольха черная / Black alder			
Z_a	-2,7284	0,8059	0,977	0,320	-1,9793	0,7192	0,947	0,296
Пихта сибирская / European abies					Липа мелколистная / Linden			
Z_a	-2,7317	0,7729	0,979	0,305	-2,3877	0,6426	0,804	0,348
Береза повислая / Birch								
Z_a	-2,0573	0,7320	0,978	0,223				

Для анализа относительной высоты деревьев подроста по данным табл. 1 получены значения H/D (при одной и той же размерности высоты и диаметра) и для каждого вида рассчитаны их средние значения, которые показаны в виде диаграммы ранжирования видов по величине H/D (рисунок).

Сопоставив полученные нами ранги светолюбия видов подроста по величине H/D (соответствующие номерам видов на диаграмме в порядке снижения H/D) с упомянутыми рангами видов Я. С. Медведева (1910), мы получили коэффициент ранговой корреляции 0,76. Названная связь оказалась значимой на уровне $p < 0,05$ ($t = 2,3 > t_{95} = 1,96$).

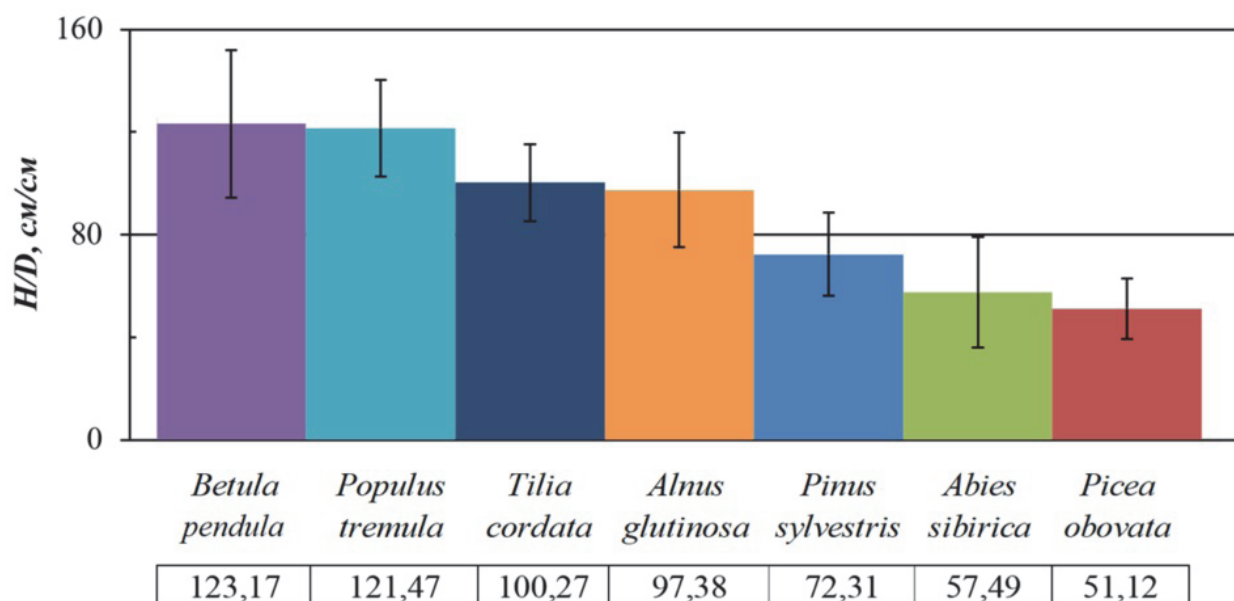


Диаграмма распределения 7 лесообразующих видов Урала по величине относительной высоты растений
Diagram of the distribution of 7 forest-forming species of the Urals by the relative height of plants

Из предложенного Я.С. Медведевым ряда в нашем ряду светолюбия выбивается сосна, которая Я.С. Медведевым отнесена к светолюбивым видам, а в нашем случае подрост сосны тяготеет, скорее, к теневыносливым.

Заключение

Таким образом, впервые для лесов Урала получены фактические данные о биомассе и годовом приросте подроста 7 лесообразующих видов Урала в количестве 134 растений. Предложенные аллометрические модели для фракций надземной биомассы растений подроста характеризуются высокими показателями адекватности исходным данным на уровне вероятности $p < 0,001$. Из двух предложенных структур модели для оценки над-

земной биомассы более адекватной оказалась зависимость от диаметра у основания растения, ее коэффициенты детерминации существенно выше, чем в зависимости от высоты растения. Полученный ряд распределения видов по относительной высоте (сбежистости) растений подроста на статистически значимом уровне подтвердил положение Я.С. Медведева (2010) о показателе относительной высоты как характеристике степени светолюбия видов в составе подпологового подроста. Аллометрические модели биомассы и ее годового прироста дают возможность оперативной оценки биомассы и чистой первичной продукции подроста на единице площади лесов Урала, а также для оценки вклада нижних ярусов в их углерод-депонирующую способность.

Список источников

- Биомасса подлесочных видов Урала и ее аллометрические модели / В. А. Усольцев, И. С. Цепордей, А. Ф. Уразова, А. В. Борников // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 30–40.
- Замолотчиков Д. Г., Коровин Г. Н., Гитарский М. Л. Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации // Лесоведение. 2007. № 6. С. 23–34.
- Любименко В. Н. О чувствительности хлорофиллоносного аппарата светолюбивых и теневыносливых растений. СПб. : Тип. СПб. градоначальства, 1905. 27 с.
- Медведев Я. С. Опыт исследования гущины леса // Лесной журнал. 1910. Вып. 4–5. С. 432–438.
- Мина М. В., Клевезаль Г. А. Рост животных: анализ на уровне организма. М. : Наука, 1976. 291 с.
- Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М. : Наука, 1971. 576 с.
- Пристова Т. А. Фитомасса древесных растений в листовенных фитоценозах послерубочного происхождения // Лесной вестник. 2020. Т. 24. № 1. С. 5–13.
- Турский М. К. Лесоводство. М. : Изд. В. Н. Маракуева, 1892. 356 с.
- Усольцев В. А. Биологическая продуктивность лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов). Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 384 с.
- Усольцев В. А. О закономерностях роста березы порослевого и семенного происхождения // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1978. № 6. С. 87–93.
- Усольцев В. А., Воробейчик Е. Л., Бергман И. Е. Биологическая продуктивность лесов Урала в условиях техногенного загрязнения: исследование системы связей и закономерностей. Екатеринбург : УГЛТУ, 2012. 365 с.
- Усольцев В. А., Цепордей И. С., Норицин Д. В. Аллометрические модели биомассы деревьев лесообразующих пород Урала // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 1. С. 4–14.
- Уткин А. И. Углеродный цикл и лесоводство // Лесоведение. 1995. № 5. С. 3–20.
- Amoroso M. M., Turnblom E. C. Comparing productivity of pure and mixed Douglas-Fir and western hemlock plantations in the Pacific Northwest // Canadian Journal of Forest Research. 2006. Vol. 36. P. 1484–1496.
- Annighöfer P., Ameztegui A., Ammer C. et al. Species-specific and generic biomass equations for seedlings and saplings of European tree species // European Journal of Forest Research. 2016. Vol. 135. P. 313–329.

- Annighöfer P., Mölder I., Zerbe S. et al.* Biomass functions for the two alien tree species *Prunus serotina* Ehrh. and *Robinia pseudoacacia* L. in floodplain forests of Northern Italy // *European Journal of Forest Research*. 2012. Vol. 131. P. 1619–1635.
- Bartelink H. H.* Allometric relationships for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L.) // *Annals of Forest Science*. 1997. Vol. 54. P. 39–50.
- Baskerville G. L.* Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // *Canadian Journal of Forest Research*. 1972. Vol. 2 (1). P. 49–53.
- Bebre I., Riebl H., Annighöfer P.* Seedling growth and biomass production under different light availability levels and competition types // *Forests*. 2021. Vol. 12. Article 1376.
- Becker P.* Competition in the regeneration niche between conifers and angiosperms: Bond's slow seedling hypothesis // *Functional Ecology*. 2000. Vol. 14. P. 401–412.
- Bergman I., Nesterkov A.* Biomass and mortmass of woody vegetation in metal-contaminated areas (Southern Urals, Russia) // *Biodiversity Data Journal*. 2021. Vol. 9. Article e75510.
- Berner L. T., Alexander H. D., Loranty M. M. et al.* Biomass allometry for alder, dwarf birch, and willow in boreal forest and tundra ecosystems of far northeastern Siberia and north-central Alaska // *Forest Ecology and Management*. 2015. Vol. 337. P. 110–118.
- Bolte A., Czajkowski T., Bielefeldt J. et al.* Schätzung der oberirdischen Biomassevorräte des Baum- und Strauchunterwuchses in Wäldern auf der Basis von Vegetationsaufnahmen // *Forstarchiv*. 2009. Vol. 80(5). P. 222–228.
- Brown S.* Measuring carbon in forests: current status and future challenges // *Environmental Pollution*. 2002. Vol. 116. P. 363–372.
- Chave J., Riera B., Dubois M. A.* Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability // *Journal of Tropical Ecology*. 2001. Vol. 17. P. 79–96.
- Chroust L.* Above ground biomass of young pine forest (*Pinus sylvestris*) and its determination // *Communicationes Instituti Forestalis Cechosloveniae*. 1985. Vol. 14. P. 127–145.
- Djomo A. N., Ibrahima A., Saborowski J., Gravenhorst G.* Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa // *Forest Ecology and Management*. 2010. Vol. 260. P. 1873–1885.
- Falster D. S., Duursma R. A., Ishihara M. I. et al.* BAAD : a Biomass And Allometry Database for woody plants // *Ecology*. 2015. Vol. 96. P. 1445.
- Galik C. S., Mobley M. L., Richter D.* A virtual “field test” of forest management carbon offset protocols: the influence of accounting // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2009. Vol. 14. P. 677–690.
- Gayer K.* Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Berlin : Verlag P. Parey, 1886. 168 p.
- Geyer G.* Lehrbuch der forstlichen Bodenkunde und Klimatologie. Erlangen: Verlag von F. Enke, 1856. 569 p.
- Gonzalez-Benecke C. A., Gezan S. A., Albaugh T. J. et al.* Local and general above-stump biomass functions for loblolly pine and slash pine trees // *Forest Ecology and Management*. 2014. Vol. 334. P. 254–276.
- Heinrichs S., Bernhardt-Römermann M., Schmidt W.* The estimation of aboveground biomass and nutrient pools of understorey plants in closed Norway spruce forests and on clearcuts // *European Journal of Forest Research*. 2010. Vol. 129. P. 613–624.
- Henry H. A. L., Aarssen L. W.* The interpretation of stem diameter-height allometry in trees: biomechanical constraints, neighbour effects, or biased regressions? // *Ecology Letters*. 1999. Vol. 2. P. 89–97.
- Hulshof C. M., Swenson N. G., Weiser M. D.* Tree height-diameter allometry across the United States // *Ecology and Evolution*. 2015. Vol. 5. P. 1193–1204.

- Jenkins J. C., Chojnacky D. C., Heath L. S., Birdsey R. A. National scale biomass estimators for United States tree species // *Forest Science*. 2003. Vol. 49. P. 12–35.
- King D. A. Tree allometry, leaf size and adult tree size in old-growth forests of Western Oregon // *Tree Physiology*. 1991. Vol. 9. P. 369–381.
- Kraft G. Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Hannover: Klindworth's Verlag, 1884. 147 p.
- Li J., Zhang Q., Wen J., Wei Y. Diversity and biomass of understory plants in *Larix gmelinii* forest under different reconstruction methods // *Journal of Botanical Research*. 2019. Vol. 1 (1). P. 20–27.
- Lines E. R., Zavala M. A., Purves D. W., Coomes D. A. Predictable changes in aboveground allometry of trees along gradients of temperature, aridity and competition // *Global Ecology and Biogeography*. 2012. Vol. 21. P. 1017–1028.
- Montoro G. M., Lussier J.-M., Morin H., Thiffault N. Conifer regeneration after experimental shelterwood and seed-tree treatments in boreal forests: Finding silvicultural alternatives // *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. Article 1145.
- Norgren O., Elfving B., Olsson O. Non-destructive biomass estimation of tree seedlings using image analysis // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 1995. Vol. 10. P. 347–352.
- Pajtik J., Konopka B., Lukac M. Biomass functions and expansion factors in young Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) trees // *Forest Ecology and Management*. 2008. Vol. 256. P. 1096–1103.
- Parresol B. R. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons // *Forest Science*. 1999. Vol. 45. P. 573–593.
- Pilli R., Anfodillo T., Carrer M. Towards a functional and simplified allometry for estimating forest biomass // *Forest Ecology and Management*. 2006. Vol. 237. P. 583–593.
- Rojas-Garcia F., De J., Bernardus H. J. et al. Database of 478 allometric equations to estimate biomass for Mexican trees and forests // *Annals of Forest Science*. 2015. Vol. 72. P. 835–864.
- Sah J. P., Ross M. S., Koptur S., Snyder J. R. Estimating aboveground biomass of broadleaved woody plants in the understory of Florida keys pine forests // *Forest Ecology and Management*. 2004. Vol. 203. P. 319–329.
- Schroeder P., Brown S., Mo J., Birdsey R., Cieszewski C. Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data // *Forest Science*. 1997. Vol. 43. P. 424–434.
- Sumida A., Ito H., Isagi Y. Trade-off between height growth and stem diameter growth for an evergreen oak, *Quercus glauca*, in a mixed hardwood forest // *Functional Ecology*. 1997. Vol. 11. P. 300–309.
- Ter-Mikaelian M. T., Korzukhin M. D. Biomass equations for sixty-five North American tree species // *Forest Ecology and Management*. 1997. Vol. 97. P. 1–24.
- Usoltsev V. A. Single-tree biomass data for remote sensing and ground measuring of Eurasian forests: digital version. The second edition, enlarged. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University; Botanical Garden of Ural Branch of RAS, 2020. URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9647>
- Wiesner J. Der Lichtgenuss der Pflanzen: photometrische und physiologische Untersuchungen mit besonderer Rücksichtnahme auf Lebensweise, geographische Verbreitung und Kultur der Pflanzen. Leipzig: Verlag von W. Engelmann, 1907. 322 p.
- Wirth C., Schumacher J., Schulze E.-D. Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe: a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation // *Tree Physiology*. 2004. Vol. 24. P. 121–139.
- Zianis D., Muukkonen P., Mäkipää R., Mencuccini M. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe // *Silva Fennica Monographs*. 2005. Vol. 4. 63 p.

References

- Amoroso M. M., Turnblom E. C.* Comparing productivity of pure and mixed Douglas-Fir and western hemlock plantations in the Pacific Northwest // *Canadian Journal of Forest Research*. 2006. Vol. 36. P. 1484–1496.
- Annighofer P., Ameztegui A., Ammer C.* et al. Species-specific and generic biomass equations for seedlings and saplings of European tree species // *European Journal of Forest Research*. 2016. Vol. 135. P. 313–329.
- Annighofer P., Molder I., Zerbe S.* et al. Biomass functions for the two alien tree species *Prunus serotina* Ehrh. and *Robinia pseudoacacia* L. in floodplain forests of Northern Italy // *European Journal of Forest Research*. 2012. Vol. 131. P. 1619–1635.
- Bartelink H. H.* Allometric relationships for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L.) // *Annals of Forest Science*. 1997. Vol. 54. P. 39–50.
- Baskerville G. L.* Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // *Canadian Journal of Forest Research*. 1972. Vol. 2 (1). P. 49–53.
- Bebre I., Riebl H., Annighofer P.* Seedling growth and biomass production under different light availability levels and competition types // *Forests*. 2021. Vol. 12. Article 1376.
- Becker P.* Competition in the regeneration niche between conifers and angiosperms: Bond's slow seedling hypothesis // *Functional Ecology*. 2000. Vol. 14. P. 401–412.
- Bergman I., Nesterkov A.* Biomass and mortmass of woody vegetation in metal-contaminated areas (Southern Urals, Russia) // *Biodiversity Data Journal*. 2021. Vol. 9. Article e75510.
- Berner L. T., Alexander H. D., Loranty M. M.* et al. Biomass allometry for alder, dwarf birch, and willow in boreal forest and tundra ecosystems of far northeastern Siberia and north-central Alaska // *Forest Ecology and Management*. 2015. Vol. 337. P. 110–118.
- Bio-mass of understory species of the Urals and its allometric models / *V. A. Usoltsev, I. S. Tsepordei, A. F. Urazova, A. V. Bornikov* // *Forests of Russia and the economy in them*. 2023. № 1. P. 30–40. (In Russ.)
- Bolte A., Czajkowski T., Bielefeldt J.* et al. Estimation of the above-ground biomass reserves of tree and shrub undergrowth in forests based on vegetation surveys // *Forest archive*. 2009. Vol. 80(5). P. 222–228.
- Brown S.* Measuring carbon in forests: current status and future challenges // *Environmental Pollution*. 2002. Vol. 116. P. 363–372.
- Chave J., Riera B., Dubois M. A.* Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability // *Journal of Tropical Ecology*. 2001. Vol. 17. P. 79–96.
- Chroust L.* Above ground biomass of young pine forest (*Pinus sylvestris*) and its determination // *Communicationes Instituti Forestalis Cechosloveniae*. 1985. Vol. 14. P. 127–145.
- Djomo A. N., Ibrahima A., Saborowski J., Gravenhorst G.* Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa // *Forest Ecology and Management*. 2010. Vol. 260. P. 1873–1885.
- Falster D. S., Duursma R. A., Ishihara M. I.* et al. BAAD : a Biomass And Allometry Database for woody plants // *Ecology*. 2015. Vol. 96. P. 1445.
- Galik C. S., Mobley M. L., Richter D.* A virtual “field test” of forest management carbon offset protocols: the influence of accounting // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2009. Vol. 14. P. 677–690.
- Gayer K.* Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Berlin : Verlag P. Parey, 1886. 168 p.
- Geyer G.* Lehrbuch der forstlichen Bodenkunde und Klimatologie. Erlangen: Verlag von F. Enke, 1856. 569 p.
- Gonzalez-Benecke C. A., Gezan S. A., Albaugh T. J.* et al. Local and general above-stump biomass functions for loblolly pine and slash pine trees // *Forest Ecology and Management*. 2014. Vol. 334. P. 254–276.

- Heinrichs S., Bernhardt-Romermann M., Schmidt W.* The estimation of aboveground biomass and nutrient pools of understorey plants in closed Norway spruce forests and on clearcuts // *European Journal of Forest Research*. 2010. Vol. 129. P. 613–624.
- Henry H. A. L., Aarssen L. W.* The interpretation of stem diameter-height allometry in trees: biomechanical constraints, neighbour effects, or biased regressions? // *Ecology Letters*. 1999. Vol. 2. P. 89–97.
- Hulshof C. M., Swenson N. G., Weiser M. D.* Tree height-diameter allometry across the United States // *Ecology and Evolution*. 2015. Vol. 5. P. 1193–1204.
- Jenkins J. C., Chojnacky D. C., Heath L. S., Birdsey R. A.* National scale biomass estimators for United States tree species // *Forest Science*. 2003. Vol. 49. P. 12–35.
- King D. A.* Tree allometry, leaf size and adult tree size in old-growth forests of Western Oregon // *Tree Physiology*. 1991. Vol. 9. P. 369–381.
- Kraft G.* Contributions to the theory of thinning, striking positions and lightening strokes. Hanover : Klindworth's Verlag, 1884. 147 p.
- Li J., Zhang Q., Wen J., Wei Y.* Diversity and biomass of understory plants in *Larix gmelinii* forest under different reconstruction methods // *Journal of Botanical Research*. 2019. Vol. 1 (1). P. 20–27.
- Lines E. R., Zavala M. A., Purves D. W., Coomes D. A.* Predictable changes in aboveground allometry of trees along gradients of temperature, aridity and competition // *Global Ecology and Biogeography*. 2012. Vol. 21. P. 1017–1028.
- Lyubimenko V. N.* On the sensitivity of the chlorophyll-bearing apparatus of light-loving and shade-tolerant plants. St. Petersburg : tip. Spb. gra-donachalstva, 1905. 27 p. (In Russ.)
- Medvedev Ya. S.* The experience of researching the thick of the forest // *Forest Journal*. 1910. Issue 4–5. P. 432–438. (In Russ.)
- Mina M. V., Klevezal G. A.* Animal growth: analysis at the organ level. M. : Science, 1976. 291 p.
- Mitropolsky A. K.* Technique of statistical computing. M. : Science, 1971. 576 p.
- Montoro G. M., Lussier J.-M., Morin H., Thiffault N.* Conifer regeneration after experimental shelterwood and seed-tree treatments in boreal forests: Finding silvicultural alternatives // *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. Article 1145.
- Norgren O., Elfving B., Olsson O.* Non-destructive biomass estimation of tree seedlings using image analysis // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 1995. Vol. 10. P. 347–352.
- Pajtik J., Konopka B., Lukac M.* Biomass functions and expansion factors in young Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) trees // *Forest Ecology and Management*. 2008. Vol. 256. P. 1096–1103.
- Parresol B. R.* Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons // *Forest Science*. 1999. Vol. 45. P. 573–593.
- Pilli R., Anfodillo T., Carrer M.* Towards a functional and simplified allometry for estimating forest biomass // *Forest Ecology and Management*. 2006. Vol. 237. P. 583–593.
- Pristova T. A.* Phytomass of woody plants in deciduous phytocenoses of post-harvest origin // *Lesnoy Vestnik*. 2020. Vol. 24. № 1. P. 5–13. (In Russ.)
- Rojas-Garcia F., De J., Bernardus H. J. et al.* Database of 478 allometric equations to estimate biomass for Mexican trees and forests // *Annals of Forest Science*. 2015. Vol. 72. P. 835–864.
- Sah J. P., Ross M. S., Koptur S., Snyder J. R.* Estimating aboveground biomass of broadleaved woody plants in the understory of Florida keys pine forests // *Forest Ecology and Management*. 2004. Vol. 203. P. 319–329.
- Schroeder P., Brown S., Mo J., Birdsey R., Cieszewski C.* Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data // *Forest Science*. 1997. Vol. 43. P. 424–434.
- Sumida A., Ito H., Isagi Y.* Trade-off between height growth and stem diameter growth for an evergreen oak, *Quercus glauca*, in a mixed hardwood forest // *Functional Ecology*. 1997. Vol. 11. P. 300–309.

- Ter-Mikaelian M. T., Korzukhin M. D.* Biomass equations for sixty-five North American tree species // *Forest Ecology and Management*. 1997. Vol. 97. P. 1–24.
- Tursky M. K.* Forestry. M. : Publishing house of V. N. Marakuev, 1892. 356 p.
- Usoltsev V. A.* Biological productivity of forest-forming species in the climatic gradients of Eurasia (on the management of biospheric functions of forests). Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2016. 384 p.
- Usoltsev V. A.* On the regularities of the growth of birch of overgrown and seed origin // *Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan*. 1978. № 6. P. 87–93. (In Russ.)
- Usoltsev V. A.* Single-tree biomass data for remote sensing and ground measuring of Eurasian forests: digital version. The second edition, enlarged. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University; Botanical Garden of Ural Branch of RAS, 2020. URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9647>
- Usoltsev V. A., Vorobeychik E. L., Bergman I. E.* Biological productivity of Ural forests in conditions of technogenic pollution: Investigation of the system of connections and patterns. Yekaterinburg : UGLTU, 2012. 365 p.
- Usoltsev V. A., Tsepordei I. S., Noritsin D. V.* Allometric models of biomass of trees of forest-forming rocks of the Urals // *Forests of Russia and the economy in them*. 2022. № 1. P. 4–14. (In Russ.)
- Utkin A. I.* Carbon cycle and forestry // *Forest science*. 1995. № 5. P. 3–20. (In Russ.)
- Wiesner J.* Der Lichtgenuss der Pflanzen: photometrische und physiologische Untersuchungen mit besonderer Rücksichtnahme auf Lebensweise, geographische Verbreitung und Kultur der Pflanzen. Leipzig: Verlag von W. Engelmann, 1907. 322 p.
- Wirth C., Schumacher J., Schulze E.-D.* Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe: a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation // *Tree Physiology*. 2004. Vol. 24. P. 121–139.
- Zamolodchikov D. G., Korovin G. N., Guitarsky M. L.* Budget of coal-fed managed forests of the Russian Federation // *Forest science*. 2007. № 6. P. 23–34. (In Russ.)
- Zianis D., Muukkonen P., Makipaa R., Mencuccini M.* Biomass and stem volume equations for tree species in Europe // *Silva Fennica Monographs*. 2005. Vol. 4. 63 p.

Информация об авторах

- В. А. Усольцев* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
- И. С. Цепордей* – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник;
- А. Ф. Уразова* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
- А. В. Борников* – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель.

Information about the authors

- V. A. Usoltsev* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
- I. S. Tsepordei* – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher;
- A. F. Urazova* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
- A. V. Bortnikov* – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer.

Статья поступила в редакцию 27.02.2023; принята к публикации 27.03.2023.

The article was submitted 27.02.2023; accepted for publication 27.03.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 65–73.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 65–73.

Научная статья

УДК 504.054*574.24*631.53.011

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.007

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.), СФОРМИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ АЭРОПРОМВЫБРОСОВ РАЗНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Павел Евгеньевич Мохначев¹, Светлана Георгиевна Махнева², Антон Михайлович Потапенко³, Александр Александрович Бартыш⁴, Александр Алексеевич Клеткин⁵

^{1,2} ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

³ ГНУ Институт леса Национальной академии наук Беларуси, Гомель, Республика Беларусь

^{4,5} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Павел Евгеньевич Мохначев,

Mohnachev74@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты исследования основных показателей качества семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающей в условиях воздействия аэротехногенного загрязнения трех крупных промышленных предприятий Среднего и Южного Урала, характеризующихся разными по типу и химическому составу выбросами. Выявлено снижение массы семян в импактных зонах магнезитового (ПАО «Комбинат Магнезит») и медеплавильного производств (ПАО «СУМЗ»). В условиях импактной зоны комбината «Магнезит» происходит существенное увеличение (в 1,8–2,9 раза) индивидуальной изменчивости показателя массы 1000 семян относительно фоновых условий, а также импактных зон СУМЗа и криолитового (ПКЗ) заводов. Возможными причинами могут являться снижение охвоенности и продолжительности жизни хвои, ухудшение санитарного состояния древостоя, а также воздействие аэрополлютантов на ростовые процессы в семяпочках. В настоящее время отмечено возрастание энергии прорастания и всхожести семян сосны обыкновенной, произрастающей в условиях влияния выбросов СУМЗа и ПКЗ, что связано со снижением текущего объема аэротехногенных выбросов указанных предприятий. В условиях аэротехногенных выбросов комбината «Магнезит» данные показатели находятся, как и ранее, на высоком уровне. Таким образом, в условиях влияния современного объема выбросов всех изученных промышленных предприятий энергия прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной находятся на уровне условий фона и видового уровня в целом.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, посевные качества семян, аэротехногенное загрязнение

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада Уральского отделения Российской академии наук.

Для цитирования: Основные показатели качества семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), сформированных в условиях аэропромвыбросов разного химического состава / П. Е. Мохначев, С. Г. Махнева, А. М. Потапенко, А. А. Бартыш, А. А. Клеткин // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 65–73. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.007.

Scientific article

THE MAIN INDICATORS OF THE QUALITY OF COMMON PINE SEEDS (*PINUS SYLVESTRIS* L.) FORMED UNDER CONDITIONS OF AEROTECHNOGENIC EMISSIONS OF DIFFERENT CHEMICAL COMPOSITION

Pavel E. Mokhnachev¹, Svetlana G. Makhneva², Anton M. Potapenko³,
Alexander A. Bartysh⁴, Alexander A. Kletkin⁵

^{1,2} FGBUN Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

³ SE Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Republic of Belarus

^{4,5} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Pavel E. Mokhnachev,
mohnachev74@mail.ru

Abstract. The results of the study of the main indicators of the quality of the seeds of scots pine (*Pinus sylvestris* L.), growing under the influence of aerotechnogenic pollution of three large industrial enterprises of the Middle and Southern Urals, characterized by emissions of different types and chemical composition, are presented. A decrease in seed weight was revealed in the impact zones of the magnesite (PJSC “Magnezit Combine”) and copper smelting industries (PJSC “SUMZ”). In the conditions of the impact zone of the Magnezit combine, there is a significant increase (by 1,8–2,9 times) in the individual variability of the mass index of 1000 seeds relative to background conditions, as well as the impact zones of the SUMZ and cryolite (PCP) plants. Possible reasons may be a decrease in the number of needles and the life expectancy of needles, deterioration of the sanitary condition of the stand, as well as the effect of aeropollutants on the growth processes in the ovules. At present, there has been an increase in the germination energy and germination of the seeds of scots pine, growing under the influence of emissions of SUMZ and PCP, which is associated with a decrease in the current volume of aerotechnogenic emissions of these enterprises. In the conditions of aerotechnogenic emissions of the Magnezit combine, these indicators are at a high level as before. Thus, under the influence of the current volume of emissions of all studied industrial enterprises, the germination energy and germination of the seeds of scots pine is at the level of background conditions and the species level as a whole.

Keywords: scots pine, seed sowing qualities, aerotechnogenic pollution

Funding: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

For citation: The main indicators of the quality of common pine seeds (*Pinus sylvestris* L.) Formed under conditions of aerotechnogenic emissions of different chemical composition / P. E. Mokhnachev, S. G. Makhneva, A. M. Potapenko, A. A. Bartysh, A. A. Kletkin // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 65–73. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.007.

Введение

Семя – особая многоклеточная структура сложного строения, служащая для размножения и расселения семенных растений. В лесоводстве семенное возобновление является более перспективным по сравнению с вегетативным. Согласно биологическим особенностям многих видов древесных растений, в том числе большинства хвойных, только

семена являются исходным материалом для возобновления. Важным условием возобновления природных лесных сообществ является качество семян, которое во многом определяется условиями произрастания материнских деревьев (Козубов, 1974). Леса Урала длительное время подвержены интенсивному действию промышленно-транспортных эмиссий, которые приняли характер постоянно

действующего экологического фактора. Аэротехногенное загрязнение способно существенно воздействовать на процессы формирования семян и их качество (Шкарлет, 1974; Аникеев и др., 2000; Носкова, Третьякова, 2006; Ангальт, Жамурина, 2014; Бажина, Скрипальщикова, 2014; Вахнина, Макаров, 2014 и др.), что во многом может определять успешность возобновления лесных территорий.

Цель, методика и объект исследования

Цель работы – проанализировать качество семян сосны обыкновенной, сформированных в условиях воздействия промышленных выбросов разного химического состава.

Исследования проведены в ценопопуляциях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих в условиях влияния выбросов крупных промышленных предприятий Урала: комбината «Магnezит», Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ), Полевского криолитового завода (ПКЗ). В районе каждого источника аэротехногенных выбросов заложены опытные участки (ОУ) и постоянные пробные площади (ППП), на которых научные сотрудники лаборатории экологии техногенных растительных сообществ Ботанического сада УрО РАН ведут многолетние исследования состояния растительного покрова, вегетативной и репродуктивной систем сосны, содержания токсичных элементов в снеге, почве и лесной подстилке (Махнева, 2017; Mohnachev P. et al., 2018; Zavyalov et al., 2018; Makhniova et al., 2019).

Комбинат «Магnezит» основан в 1901 г., расположен в районе города Сатка (Южный Урал). Основу его аэротехногенных выбросов составляет магнезитовая пыль, которая представлена $MgO(K,NaO)2SO_4$ (твёрдый раствор), $Na_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2MgSO_4$, MgF_2 , Mg_2SO_4 , Mg_2CO_3 . Пыль имеет сильнощелочную реакцию – $pH > 10$. Исследования были проведены в импактной (ОУ-2) и буферной зонах (ОУ-5 – средний уровень загрязнения, ОУ-4 – слабый уровень загрязнения) и в фоновых условиях (ОУ-К). На момент исследования возраст древостоев составил 35 лет.

СУМЗ действует с 1940 г., расположен вблизи города Ревда (Средний Урал). Основу его

газообразных выбросов составляет двуокись серы (SO_2), в составе твёрдых выбросов доминируют тяжёлые металлы (Cu, Zn, Pb, Hg и др.). Исследования были проведены в импактной зоне (ППП 5) и в фоновых условиях (ППП 7). Возраст древостоев на момент исследования составил 55 лет.

ПКЗ действует с 1907 г. (закрыт в 2018 г.), расположен около города Полевской (Средний Урал). В составе выбросов преобладают соединения фтора, двуокись серы и диоксид азота. Исследования проведены в импактной зоне (ППП 1) и в фоновых условиях (ППП К). На момент исследования возраст древостоя составил 55 лет.

Отбор шишек сосны обыкновенной для исследований проводили весной (март) после прохождения семенами естественной стратификации. Образцы шишек собирали в верхней и средней части кроны модельных деревьев. Каждый участок включает не менее 25–30 модельных деревьев, с каждого из которых отбирали не менее 40 шишек. В лабораторных условиях шишки высушивали, механическим способом разбирали на чешуи, извлекали все семена индивидуально для каждого модельного дерева. Посевные качества семян (абсолютная всхожесть и энергия прорастания) определяли в трехкратной повторности методом проращивания в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге (ГОСТ 13056.6–97, 1998) с использованием климатической камеры Sanyo MLR-351H. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программ Statistica.

Результаты исследований

Согласно литературным данным, у сосны обыкновенной, произрастающей в условиях аэротехногенного загрязнения, возможно как снижение (Шкарлет, 1974), так и увеличение массы семян (Аникеев и др., 2000; Носкова, Третьякова, 2006; Махнева, Менщиков, 2012; Бажина, Скрипальщикова, 2014), а также отсутствие различий с фоновыми условиями (Казанцева, 2005; Махнева, Менщиков, 2012). Таким образом, направление изменения показателя массы 1000 семян и его степень определяются уровнем отклонения условий от оптимальных для вида.

В результате наших исследований выявлено, что в древостоях сосны, произрастающих в импактных зонах комбината «Магнезит» и СУМЗа, формируются семена достоверно меньшей массы (при $p < 0,05$) относительно фонового уровня. В условиях зоны сильного загрязнения ПКЗ, напротив, масса 1000 семян незначительно увеличивается относительно фонового уровня (таблица).

Снижение массы семян в импактных зонах комбината «Магнезит» и СУМЗа было отмечено нами ранее (Мохначев и др., 2013; Махнева, Менщиков, 2012). Мы предполагаем, что возможными причинами данного явления могут быть снижение продолжительности жизни хвои и охвоенности, ухудшение санитарного состояния древостоя, наблюдаемые нами в зонах загрязнения указанных объектов (Менщиков, Ившин, 2006; Мохначев и др., 2015), а также замедление ростовых процес-

сов в семяпочках (Шкарлет, 1974), обусловленные воздействием аэрополлютантов.

В импактной зоне ПКЗ увеличение массы семян, вероятно, связано со значительным ($>47\%$ по сравнению с фоновыми условиями) снижением выхода семян из шишек за счет генетических повреждений (Аникеев и др., 2000).

Известно, что масса семян сосны является стабильным популяционным признаком, отражающим наследственный, эволюционно-приспособительный характер вида, и в многолетнем цикле ее индивидуальная (внутрипопуляционная) изменчивость имеет низкий уровень (Мамаев, 1973; Макаров, Милютин, 2015). В условиях импактной зоны комбината «Магнезит» происходит существенное увеличение (в 1,8–2,9 раза) индивидуальной изменчивости показателя массы 1000 семян относительно фоновых условий, а также импактных зон

Характеристика посевных качеств семян сосны обыкновенной
Characteristics of sowing qualities of common pine seeds

ОУ (ППП) / расстояние до источника выбросов, км PS (PTA) / distance to the source of emissions, km	Показатели (в числителе – $\bar{X} \pm m$, в знаменателе – C_v , %) Indicators (in the numerator – $\bar{X} \pm m$, in the denominator – C_v , %)		
	Масса 1000 семян, г Weight of 1000 seeds, g	Энергия прорастания, % Germination energy, %	Всхожесть, % Germination, %
Комбинат «Магнезит» Magnezit Plant			
ОУ-2/1	$\frac{5,04 \pm 0,32}{27,98}$	$\frac{90,95 \pm 1,55}{7,44}$	$\frac{93,92 \pm 1,4}{6,50}$
ОУ-5/3	$\frac{6,88 \pm 0,24^*}{15,29}$	$\frac{92,93 \pm 1,71}{8,03}$	$\frac{94,52 \pm 1,11}{5,10}$
ОУ-4/10	$\frac{7,23 \pm 0,31^*}{9,74}$	$\frac{91,13 \pm 2,44}{5,98}$	$\frac{95,20 \pm 3,08}{7,23}$
ОУ-К/20	$\frac{6,31 \pm 0,20^*}{13,99}$	$\frac{85,50 \pm 2,68}{14,04}$	$\frac{90,67 \pm 1,67}{8,23}$
Среднеуральский медеплавильный завод Sredneuralsky Copper Smelter			
ППП-5/3,5	$\frac{5,43 \pm 0,18}{9,63}$	$\frac{66,88 \pm 9,15}{38,68}$	$\frac{81,53 \pm 8,88}{31,89}$
ППП-7/20	$\frac{6,52 \pm 0,35^*}{15,18}$	$\frac{67,19 \pm 5,10}{21,46}$	$\frac{88,75 \pm 2,92}{9,64}$
Полевской криолитовый завод Polevskoy Cryolite Plant			
ППП-1/2	$\frac{6,43 \pm 0,29}{13,18}$	$\frac{76,88 \pm 8,08}{29,74}$	$\frac{95,00 \pm 2,17}{6,45}$
ППП-К/40	$\frac{5,73 \pm 0,25}{12,13}$	$\frac{70,31 \pm 8,13}{32,72}$	$\frac{95,31 \pm 2,29}{6,79}$

* Различия с импактной зоной достоверны при $p < 0,05$.

* Differences with the impact zone are significant at $p < 0.05$.

СУМЗа и ПКЗ (см. таблицу). Возрастание коэффициента вариации показателя массы семян в импактной зоне комбината «Магнезит» обусловлено расширением диапазона индивидуальной изменчивости за счет участия в семеношении деревьев, формирующих семена как с экстремально низкими значениями массы 1000 шт. семян – менее 4,5 г (минимальное – 2,38 г, их доля составляет 42 %), так и с высокими значениями показателя – более 7,0 г (их доля составляет 16 %).

Семена сосны, сформированные в условиях воздействия аэротехногенных выбросов на всех изученных объектах, имеют высокие значения энергии прорастания и всхожести, сопоставимые с таковыми семян из фоновых условий и видовым уровнем в целом (см. таблицу). Следует отметить, что энергия прорастания и всхожесть семян сосны, сформированных ранее в разные годы в условиях магнитового загрязнения, также были высокими (Меншиков, 1985; Мохначев и др., 2013). Для древостоев, произрастающих в условиях загрязнения выбросами СУМЗа и ПКЗ, такая закономерность нехарактерна. Так, ранее для семян, сформировавшихся в условиях сильного загрязнения СУМЗ, отмечено снижение всхожести при оптимальной температуре проращивания на 10–18 % по сравнению с таковой на контроле, а при температуре 30 °С – на 30–50 % (Шкарлет, 1974). Для семян из зоны сильного загрязнения ПКЗ указана всхожесть 32,50 %, а для семян из фоновых условий – 86,86 % (Аникеев и др., 2000). Выявленное нами возрастание основных показателей качества семян сосны в импактных зонах СУМЗ и ПКЗ до уровня значений семян из фоновых условий мы связываем с элиминацией неустойчивых генотипов, а также

со снижением выбросов указанных предприятий в настоящее время (Государственный доклад..., 2016, 2021).

Следует тем не менее отметить существенно более высокие (в 3,3–6,3 раза) значения коэффициента вариации показателя всхожести семян сосны из зоны действия аэрополлютантов СУМЗ по сравнению с таковыми других древостоев, которые обусловлены наличием деревьев, формирующих семена с низкими значениями всхожести (37,5–44,7 %). Мы рассматриваем данный факт как результат действия текущего аэротехногенного загрязнения, а также накопленного в компонентах экосистем в предыдущие десятилетия.

Выводы

1. В условиях сильного уровня воздействия выбросов магнитового и медеплавильного производств снижается масса семян сосны обыкновенной.
2. В современных условиях снижения объема выбросов СУМЗа и отсутствия выбросов ПКЗ увеличились энергия прорастания и всхожесть семян сосны.
3. Показатели энергии прорастания и всхожести семян сосны слабо подвержены влиянию магнитового типа загрязнения и в многолетнем цикле остаются высокими вне зависимости от уровня загрязнения.
4. В настоящее время основные показатели качества семян (энергия прорастания и всхожесть) сосны обыкновенной, произрастающей в условиях техногенного воздействия комбината «Магнезит», СУМЗа и ПКЗ, имеют высокие значения и сопоставимы с видовым уровнем.

Список источников

- Ангальт Е. М., Жамурина Н. А. Биологический анализ хвои, шишек и семян сосны обыкновенной в условиях городской среды // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 156–158.
- Аникеев Д. Р., Бабушкина Л. Г., Зуева Г. В. Состояние репродуктивной системы сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. акад., 2000. 81 с.
- Бажина Е. В., Скрипальщикова Л. Н. Особенности семенной продуктивности сосны обыкновенной в нарушенных лесных экосистемах Красноярской лесостепи // Лесные биогеоценозы Бореальной зоны: география, структура, функции, динамика : матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ.

- 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2014. С. 309–310.
- Вахнина И. Л., Макаров В. П. Морфобиологическая характеристика генеративных органов сосны в природно-техногенных условиях (Восточное Забайкалье) // Вестник Московского государственного университета леса. – Лесной вестник. 2014. № 5. С. 20–25.
- ГОСТ 13056.6–97. Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. 27 с.
- Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2015. Екатеринбург, 2016. 312 с.
- Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2020. Екатеринбург, 2021. 365 с.
- Казанцева М. Н. Особенности репродукции сосны обыкновенной в насаждениях города Тюмени и его зеленой зоне // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2005. № 5. С. 76–79.
- Козубов Г. М. Биология плодоношения хвойных на Севере. Л. : Наука, 1974. 136 с.
- Макаров В. П., Милютин Л. И. Многолетняя динамика посевных качеств сосны обыкновенной в сухостепной зоне Забайкальского края // Успехи современного естествознания. 2015. № 4. С. 129–133.
- Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М. : Наука, 1973. 284 с.
- Махнева С. Г. Показатели пыльцы сосны обыкновенной в биомониторинге техногенного загрязнения среды (на примере двух промышленных центров Урала) // Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования : сб. ст. V Всерос. науч.-практ. конф. 2017. С. 230–237.
- Махнева С. Г., Менищikov С. Л. Качество семян и семенного потомства сосны обыкновенной из зон техногенного загрязнения среды // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. Т. 5. № 37-1. С. 236–240.
- Менищikov С. Л. Исследование экологических особенностей роста и обоснование агротехники создания культур хвойных пород в условиях магнититовых запылений : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.01 / Менищikov Сергей Леонидович. Свердловск, 1985. 210 с.
- Менищikov С. Л., Ившин А. П. Закономерности трансформации предтундровых и таежных лесов в условиях аэротехногенного загрязнения. Екатеринбург : УрО РАН, 2006. 295 с.
- Менищikov С. Л., Кузьмина Н. А., Мохначев П. Е. Воздействие атмосферных выбросов магнититового производства на почвы и снеговой покров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 5 (37). С. 221–223.
- Менищikov С. Л., Кузьмина Н. А., Мохначев П. Е. Аккумуляция металлов в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), в почве и снеговой воде в условиях техногенного загрязнения // Лесной вестник. 2020. Т. 24. № 3. С. 94–102.
- Мохначев П. Е., Махнева С. Г., Менищikov С. Л. Особенности репродукции сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях загрязнения магнититовой пылью // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (41). С. 8–9.
- Мохначев П. Е., Потапенко А. М., Корчагин И. Е. Сосна обыкновенная как биоиндикатор аэротехногенного загрязнения среды // Физиологические, психофизиологические, педагогические и экологические проблемы здоровья и здорового образа жизни : сб. ст. VIII Всерос. науч.-практ. конф. студ., молодых ученых и специалистов 27 апреля 2015 г., г. Екатеринбург / под общ. ред. С. Г. Махневой, Е. А. Юговой. Екатеринбург, 2015. С. 126–131.
- Носкова Н. Е., Третьякова И. Н. Влияние стресса на репродуктивные способности сосны обыкновенной // Хвойные бореальной зоны. 2006. № 3. С. 54–63.

- Шкарлет О. Д.* Влияние дымовых газов на формирование репродуктивных органов сосны обыкновенной (на примере одного из медеплавильных предприятий на Урале) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Шкарлет О. Д. Свердловск : ИЭРиЖ УНЦ АН СССР, 1974. 27 с.
- Makhneva S. G., Mokhnachev P. E., Ayan S.* Germination of seeds and growth of seedlings of scots pine on technogenically polluted soils as a container medium // *Monitoring and assessment of the environment*. 2019. Vol. 191. № 2. P. 113.
- Mokhnachev P. E., Menshikov S. L., Makhneva S. G., Zavyalov K. E., Kuzmina N. A., Potapenko A. M., Ayan S., Laaribya S.* Regeneration of scots pine under conditions of magnesite pollution in the Southern Urals, Russia // *Forestry of South-Eastern Europe*. 2018. № 9. № 1. P. 55–60.
- Zavyalov K. E., Menshikov S. L., Mokhnachev P. E., Kuzmina N. A., Potapenko A. M., Ayan S.* Reaction of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Sukachev larch (*Larix sukaczewii* Dylis) and silver birch (*Betula pendularoth*) to magnesite dust in the Satka industrial hub // *Ideas of Forestry*. 2018. Vol. 1. 24, № 1 (55). P. 23–36.

References

- Anhalt E. M., Zhamurina N. A.* Biological analysis of needles, cones and seeds of scots pine in urban environment // *Izvestiya Oren-burg State Agrarian University*. 2014. № 3. P. 156–158. (In Russ.)
- Anikeev D. R., Babushkina L. G., Zueva G. V.* The state of the reproductive system of scots pine under aerotechnogenic pollution. Esa-Edinburgh : Ural. state Forestry akad., 2000. 81 p.
- Bazhina E. V., Skripalshchikova L. N.* Features of seed production of scots pine in disturbed forest ecosystems of the Krasno-Yarskaya forest-steppe // *Materials of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 70th anniversary of the creation of the V. N. Sukachev Institute of Forest SBRAS: "Forest biogeocenoses of the Boreal zone: geography, structure, functions, dynamics"*, Krasnoyarsk, 2014. Novosibirsk : Publishing House of SB RAS, 2014. P. 309–310. (In Russ.)
- GOST 13056.6–97. Seeds of trees and shrubs. Methods of determining germination. Minsk : Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, 1998. 27 p. (In Russ.)
- Kazantseva M. N.* Features of reproduction of scots pine in the plantings of the city of Tyumen and its green zone // *Bulletin of Ecology, Forestry and Landscape Studies*, 2005. № 5. P. 76–79. (In Russ.)
- Kozubov G. M.* Biology of coniferous fruiting in the North. L. : Science, 1974. 136 p.
- Makarov V. P., Milyutin L. I.* Long-term dynamics of sowing qualities of scots pine in the dry-steppe zone of the Trans-Baikal Territory // *Us-pehi of modern natural science*. 2015. № 4. P. 129–133. (In Russ.)
- Makhneva S. G.* Indicators of pine pollen in the biomonitoring of technogenic environmental pollution (on the example of two industrial centers of the Urals) in the collection: biological systems: stability, principles and mechanisms of functioning. collection of articles of the v All-Russian scientific and practical conference. 2017. P. 230–237. (In Russ.)
- Makhneva S. G., Menshchikov S. L.* The quality of seeds and seed progeny of scots pine from the zones of technogenic pollution of the environment // *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2012. Vol. 5. № 37-1. P. 236–240. (In Russ.)
- Makhneva S. G., Mokhnachev P. E., Ayan S.* Germination of seeds and growth of seedlings of scots pine on technogenically polluted soils as a container medium // *Monitoring and assessment of the environment*. 2019. Vol. 191. № 2. P. 113.
- Mamaev S. A.* Forms of intraspecific variability of woody plants. Moscow : Nauka, 1973. 284 p.
- Menshchikov S. L.* Study of ecological features of growth and justification of agrotechnics for the creation of coniferous crops in the conditions of magnesite dustings : dissertation ... Candidate of Agricultural Sciences: 06.03.01 / Menshchikov Sergey Leonidovich. Sverdlovsk, 1985. 210 p.

- Menshchikov S. L., Ivshin A. P.* Regularities of transformation of pre-tundra and taiga forests in conditions of aerotechnogenic pollution. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2006. 295 p.
- Menshchikov S. L., Kuzmina N. A., Mokhnachev P. E.* Accumulation of metals in pine needles (*Pinus sylvestris* L.), in soil and snow water under conditions of technogenic pollution // *Lesnoy vestnik. Forestry bulletin*. 2020. Vol. 24. № 3. P. 94–102. (In Russ.)
- Menshchikov S. L., Kuzmina N. A., Mokhnachev P. E.* The impact of atmospheric emissions of magnesite production on soils and snow cover // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2012. № 5 (37). P. 221–223. (In Russ.)
- Mokhnachev P. E., Makhneva S. G., Menshchikov S. L.* Features of the reproduction of scots pine (*Pinus silvestris* L.) in the conditions of contamination with magnesite dust // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. № 3 (41). 2013. P. 8–9. (In Russ.)
- Mokhnachev P. E., Potapenko A. M., Korchagin I. E.* Common pine as a bioindicator of aerotechnogenic environmental pollution // *Physiological, psychophysiological, pedagogical and environmental problems of health and healthy lifestyle: Collection of articles of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Young scientists and specialists April 27, 2015, Yekaterinburg / FGAOU VPO “Russian State Prof.-ped. un-t”*; under the general editorship of S. G. Makhneva, E. A. Yugova. Yekaterinburg, 2015. P. 126–131. (In Russ.)
- Mokhnachev P. E., Menshchikov S. L., Makhneva S. G., Zavyalov K. E., Kuzmina N. A., Potapenko A. M., Ayan S., Laaribya S.* Regeneration of scots pine under conditions of magnesite pollution in the Southern Urals, Russia // *Forestry of South-Eastern Europe*. 2018. № 9. № 1. P. 55–60.
- Noskova N. E., Tretyakova I. N.* The influence of stress on the reproductive abilities of scots pine // *Coniferous boreal zone*. 2006. № 3. P. 54–63. (In Russ.)
- Shkarlet O. D.* The influence of flue gases on the formation of the reproductive organs of scots pine (on the example of one of the copper smelting enterprises in the Urals) : abstract. dis. ... cand. biol. sciences / Shkarlet O. D. Sverdlovsk : IERIZH UNC of the USSR Academy of Sciences, 1974. 27 p.
- State report on the state and environmental protection of the Sverdlovsk region in 2015. Yekaterinburg, 2016. 312 p. (In Russ.)
- State report on the state and environmental protection of the Sverdlovsk region in 2020. Yekaterinburg, 2021. 365 p. (In Russ.)
- Vakhnina I. L., Makarov V. P.* Morphobiological characteristics of pine generative organs in natural and man-made conditions (Eastern Transbaikalia) // *Bulletin of the Moscow State University of the Forest – Forest Bulletin*. 2014. № 5. P. 20–25. (In Russ.)

Информация об авторах

- П. Е. Мохначев* – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, mohnachev74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2651-9196>;
- С. Г. Махнева* – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, makhniovasg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0068-3695>;
- А. М. Потапенко* – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, anto_ha86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2763-6610>;
- А. А. Бартыш* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, bartyshaa@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2971-1389>;
- А. А. Клеткин* – студент 2 курса магистратуры, alek.kletkin@yandex.ru.

Information about the authors

*P. E. Mokhnachev – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher,
mohnachev74@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0003-2651-9196>;*

*S. G. Makhneva – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher,
makhniovasg@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0002-0068-3695>;*

*A. M. Potapenko – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
anto_ha86@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0002-2763-6610>;*

*A. A. Bartysh – Candidate of Agricultural Sciences sciences, associate professor,
bartyshaa@m.usfeu.ru , <http://orcid.org/0000-0002-2971-1389>;*

*A. A. Kletkin – 2nd year master's student,
alek.kletkin@yandex.ru.*

Статья поступила в редакцию 03.04.2022; принята к публикации 20.05.2022.

The article was submitted 03.04.2022; accepted for publication 20.05.2022.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 74–81.
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 74–81.

Научная статья

УДК 502.4

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.008

К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРИЕМОВ БЛАГОУСТРОЙСТВА БУФЕРНЫХ ЗОН ООПТ ОБЛАСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ООПТ УУОЛ В П. СЕВЕРКА

Татьяна Ивановна Фролова¹, Татьяна Алексеевна Мухлынина²

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

¹ tah946@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3199-3159>

² tatyana.mukhlynina@mail.ru

Аннотация. Человек неразрывно связан с природой: неконтролируемый туризм, хозяйственная и иная деятельность приводят к изменениям окружающей природной среды. Для сохранения уникальных компонентов природной среды, устойчивости и естественного биоразнообразия создаются особо охраняемые природные территории. Организация, использование и защита особо охраняемых природных территорий (ООПТ) регулируется законодательными актами. На территории Уральского учебно-опытного лесхоза расположено одиннадцать ООПТ – государственных памятников природы областного значения. В целях защиты ООПТ от неблагоприятных антропогенных воздействий на прилегающих к ним территориях могут создаваться буферные зоны с регулируемым режимом хозяйственной деятельности. Разработка приемов благоустройства буферных зон позволит правильно распределить рекреационную нагрузку, улучшить санитарное состояние и создать туристско-рекреационную инфраструктуру. В данной работе рассмотрены основные положения нормативных актов, регулирующие использование и охрану памятников природы областного значения, а также на примере памятника природы областного значения «Скала Соколиный камень с окружающими лесами» разработан проект буферной зоны и разработаны проектные предложения для ее благоустройства.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, памятники природы, благоустройство, буферная зона, нормативно правовые акты

Для цитирования: Фролова Т. И., Мухлынина Т. А. К вопросу о необходимости разработки приемов благоустройства буферных зон ООПТ областного значения на примере ООПТ УУОЛ в п. Северка // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 74–81. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.008.

Scientific article

TO THE QUESTION OF THE NEED TO DEVELOP METHODS OF IMPROVEMENT OF BUFFER ZONES OF PROTECTED AREAS OF REGIONAL SIGNIFICANCE ON THE EXAMPLE OF UUOL PROTECTED AREAS IN THE SEVERKA

Tatiana I. Frolova¹, Tatiana A. Mukhlynina²

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

¹ tah946@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3199-3159>

² tatyana.mukhlynina@mail.ru

Abstract. Man is inextricably linked with nature, uncontrolled tourism, economic and other activities lead to changes in the natural environment. Specially protected natural territories are being created to preserve the unique components of the natural environment, preserve sustainability and natural biodiversity. The organization, use and protection of specially protected natural territories is regulated by legislative acts. On the territory of the Ural educational and experimental forestry there are eleven specially protected natural territories – state monuments of nature of regional significance. In order to protect specially protected natural territories from adverse anthropogenic impacts, buffer zones with a regulated mode of economic activity can be created in the territories adjacent to them. The development of techniques for the improvement of buffer zones will allow to properly distribute the recreational load, improve the sanitary condition and create a tourist and recreational infrastructure. In this paper, the main provisions of normative acts regulating the use and protection of natural monuments of regional significance are considered, as well as on the example of a natural monument of regional significance “Rock Falcon Stone with surrounding forests”, a draft buffer zone has been developed and project proposals for its improvement have been developed.

Keywords: specially protected natural territories, natural monuments, landscaping, buffer zone, regulatory legal acts

For citation: Frolova T. I., Mukhlynina T. A. To the question of the need to develop methods of improvement of buffer zones of protected areas of regional significance on the example of UUOL protected areas in Severka // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 74–81. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.008.

Введение

Уральский учебно-опытный лесхоз организован на основании распоряжения Совета Министров СССР № 881-Р в марте 1948 г. в целях создания учебной и научно-исследовательской базы высших учебных заведений, а также для проведения учебных практик студентов.

Сохранение биологического разнообразия является общей задачей всего человечества. Биоразнообразие существенно сокращается в результате некоторых видов человеческой деятельности, существует угроза его утраты. Для сохранения и охраны биоразнообразия, поддержания экологического

баланса создаются особо охраняемые природные территории (ООПТ).

На территории Уральского учебно-опытного лесхоза расположено одиннадцать ООПТ – государственных памятников природы областного значения – общей площадью 2300 га, такие как озеро Песчаное, скалы Чертово городище, скала Соколиный камень и др. На памятники природы возложена задача сохранения и поддержания биоразнообразия для удовлетворения нужд человека в биологических ресурсах (лекарственные травы, пейзажи, ландшафты и т.д.) (Кожевников, Кряжевских, 2017). Обязательства по охране ООПТ возложены

на Уральский государственный лесотехнический университет.

Памятники природы расположены вблизи Екатеринбурга. Живописные, уникальные, невосполнимые и величественные места, созданные природой, привлекают огромное количество туристов. В связи с отсутствием элементов благоустройства на территории памятников природы наблюдаются сокращение численности представителей флоры и фауны, нарушение структуры почв, повышается интенсивность эрозионных процессов, загрязнение территории, эксплуатация дорог ведет к разрушению, химическому и шумовому загрязнению экосистем на значительной площади.

Для сохранения ООПТ создаются буферные зоны, позволяющие снизить неблагоприятное антропогенное воздействие со стороны человека на природные комплексы. Благоустройство буферных зон позволит правильно распределить рекреационную нагрузку, улучшит санитарное состояние и туристско-рекреационную инфраструктуру.

Цель, методика и объекты исследования

В первую очередь необходимо проанализировать нормативно правовые акты (НПА), регулирующие охрану и использование памятников природы областного значения. В контексте проанализирована структура и главные положения нормативных актов федерального и регионального значения.

Чтобы узнать происхождение первых НПА, нужно окунуться в историю. Впервые под охрану брали священные места, где произрастали полезные и лекарственные растения, деревья-патриархи, находились источники чистой или целебной воды.

Уже в VI–VII вв. возникли «Жальники» – это форма охраны, запрет на использование растительности и охоту в местах захоронения предков славян. Возник термин «заповедник» – оберегать, охранять, запрет.

В XVI–XVIII вв. появились «засечные полосы», а уже в 1638 г. – Указ, согласно которому под запретом было бортничество, рыболовство и охота в засечных лесах.

В 1703 г. Петр I Указом «О заповедных участках и заповедных деревьях» сделал первые шаги к ин-

вентаризации, описанию и картированию редких заповедных деревьев, дубовых насаждений.

Первый общегосударственный акт «Об установлении правил об охотничьих заповедниках» принят в 1916 г.

В настоящее время во главе НПА федерального уровня о ООПТ находится Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ, регулирующий отношения в области организации, использования и охраны ООПТ. Каждый раздел включает общие положения об основных категориях ООПТ, задачи, порядок создания, режим особой охраны, порядок управления. В разделе IX прописан порядок организации государственного контроля (надзора) в области охраны ООПТ, права и обязанности эксперта, осуществляющего контроль (надзор).

В Федеральном законе «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ прописаны меры охраны природных объектов, редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, животных и почв.

В рамках настоящего обзора представляется необходимым упомянуть основополагающие законодательные акты. Так, внимания заслуживает Земельный кодекс Российской Федерации (2001), определяющий виды земель ООПТ, их правовой статус, режим использования, ограничения хозяйственной деятельности.

Лесной кодекс Российской Федерации (2006) регулирует использование, охрану и защиту лесов, расположенных на ООПТ. В соответствии со ст. 112 на территории ООПТ запрещено проведение рубок лесных насаждений, за исключением памятников природы, а также использование токсичных химических препаратов.

Водный кодекс Российской Федерации (2006) определяет особо охраняемые водные объекты и правовой режим их охраны.

Необходимо не только законодательно установить рамки дозволенного поведения, регламентировать порядок и формы осуществления использования ООПТ, но и закрепить меры ответственности в случае нарушения установленных правил и требований. Ответственность за нарушение режима ООПТ регулируется ст. 8.39 Кодекса

об административных правонарушениях Российской Федерации (2001) и ст. 262 Уголовного кодекса Российской Федерации (1996) и влечет за собой наложение административного штрафа.

Особое внимание необходимо уделить вопросу охраны ООПТ для предотвращения неблагоприятных антропогенных воздействий. По этой причине стоит проанализировать Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил создания охранных зон отдельных категорий особо охраняемых природных территорий, установления их границ, определения режима охраны и использования земельных участков и водных объектов в границах таких зон» (2015). Данное постановление определяет порядок создания охранных зон ООПТ, границ, режим охраны, использование водных объектов и земельных участков в границах охранных зон.

Рассматривая законодательство об ООПТ, нельзя не упомянуть НПА регионального уровня. Областной закон «Об особо охраняемых природных территориях областного и местного значения в Свердловской области» (2005) регулирует отношения в сфере организации, функционирования и упразднения ООПТ областного и местного значения в Свердловской области.

Статус памятников природы Уральского учебно-опытного лесхоза установлен постановлением правительства Свердловской области «Об установлении категорий, статуса и режима особой охраны особо охраняемых природных территорий областного значения и утверждении перечней особо охраняемых природных территорий, расположенных в Свердловской области» (2001). Постановление утверждает перечни ООПТ, расположенных в Свердловской области.

В случае изменения границ памятников природы областного значения необходимо руководствоваться постановлением правительства Свердловской области «Об утверждении Порядка изменения границ особо охраняемых природных территорий областного значения категорий “памятник природы областного значения” и “дендрологический парк и ботанический сад областного значения”» (2013).

Наблюдения за памятниками природы, состоянием природной среды и природными процессами

проводится в порядке, установленном постановлением правительства Свердловской области «О порядке ведения мониторинга особо охраняемых природных территорий областного значения» (2007).

Результаты исследования и их обсуждение

Актуальность исследования заключается в разработке проектных предложений приемов благоустройства буферных зон ООПТ, что позволит снизить неблагоприятное антропогенное воздействие на природные комплексы.

При разработке проекта буферной зоны для памятника природы областного значения «Скала Соколиный камень с окружающими лесами» выполнена оценка текущего состояния, рассчитана рекреационная нагрузка.

Поскольку памятник природы расположен вблизи Екатеринбурга, живописные, уникальные, невосполнимые и величественные места, созданные природой, привлекают огромное количество туристов. К сожалению, такая популярность не могла не отразиться на экологической обстановке и внешнем облике памятников природы. Травяной покров вытоптан, растительность неоднородна, на поверхности скал имеются рукописные надписи. Наблюдается нарушение структуры почв, активно развита дорожно-тропиночная сеть, неконтролируемое передвижение отдыхающих привело к оголению корней деревьев, ненадлежащему санитарному состоянию (мусор).

В 5 км на юго-востоке от памятника природы расположено предприятие ООО «ТД “Северский гранитный карьер”», который выпускает строительный щебень, песок из отсевов дробления плотных интрузивных горных пород, смеси щебеночно-песчаные из плотных горных пород гранитоидного массива, что оказывает шумовое воздействие и загрязнение воздушного бассейна прилегающих территорий выбросами газообразных и взвешенных веществ.

На границе памятника природы расположен аншлаг, установленный в 2021 г. в рамках регионального проекта «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма

в Свердловской области». Прочие объекты благоустройства отсутствуют.

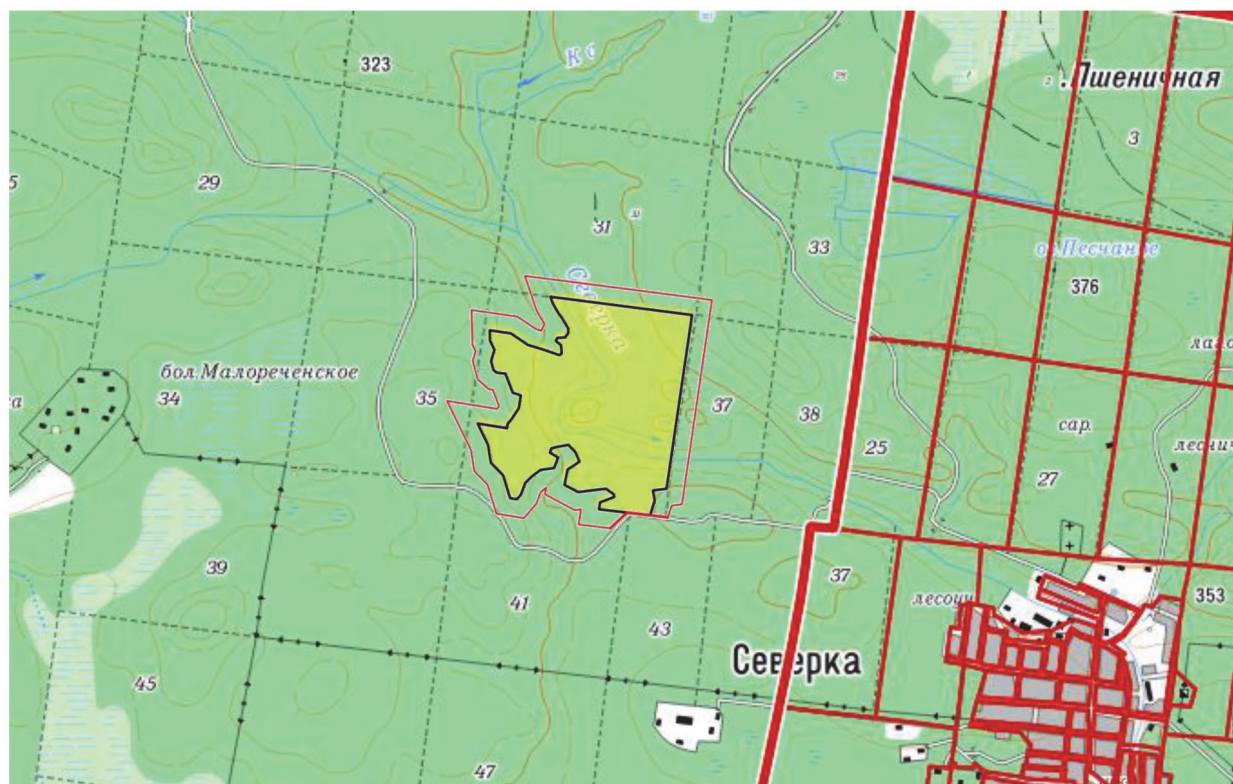
Рекреационная нагрузка на лесные площади рассчитана в соответствии с «Временной методикой определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок» (Постановление правительства..., 2001).

Результатом неконтролируемой туристической деятельности на природных территориях является снижение привлекательности ландшафтов. Учитывая рекреационную нагрузку на памятник природы «Скала «Соколиный камень» с окружающими лесами», а также принимая во внимание результаты

обследования территории, где на рекреационных участках отмечается высокая антропогенная нагрузка, приняли решение создать буферную зону шириной 100 м (рисунок).

С учетом функционального зонирования и природно-климатических условий района исследования, с использованием нормативно-производственных регламентов по использованию и содержанию памятников природы разработаны проектные решения приемов благоустройства буферной зоны.

Входная группа – без функции контроля доступа. Посетители могут беспрепятственно посещать территорию. Выполняет исключительно информационную и декоративную функцию, сопровождается информационным знаком.



Масштаб 1:100 000

Условные обозначения:

- — границы памятника природы
- — границы буферной зоны
- — территория памятника природы

Карта-схема расположения границы буферной зоны памятника природы областного значения «Скала Соколиный камень с окружающими лесами»

Map-layout of the border of the buffer zone of the nature monument of regional significance "Rock Falcon stone with surrounding forests"

Автомобильная стоянка проектируется за пределами буферной зоны вблизи грунтовых автомобильных дорог. Покрытие – укрепленный гравийный отсев.

Тропа, выполненная из деревянных дощатых настилов, проектируется по существующим тропам. Данный маршрут будет способствовать полному визуальному восприятию особенностей территории. Сопровождается средствами навигации (указателями).

Средства навигации и информационные знаки:

1) средства навигации: указывают направление тропы, основные достопримечательности территории;

2) информационный знак: у входной группы, с оптической меткой (QR-код), содержащей информацию о памятнике природы, ссылающейся на сайт: <https://sites.google.com/view/ooptsokol/>. Сайт содержит краткую характеристику особо охраняемой природной территории;

3) запрещающие и предписывающие знаки: «Пожалуйста, соблюдайте чистоту», «Мусор – с собой»;

4) аншлаги, информирующие о границе буферной зоны. Устанавливаются на пересечении границ с дорогами общего пользования, а также в крайних точках границ буферной зоны.

Малые архитектурные формы:

1) скамейки, выполненные из спила, предполагается установка у входной группы;

2) урны, проектируются за пределами буферной зоны, на территории автомобильных стоянок,

вблизи грунтовых автомобильных дорог. Данное расположение позволит беспрепятственно осуществлять вывоз мусора специализированной организацией.

При благоустройстве должно соблюдаться требование режима особой охраны – недопустимость искажения «исторически сложившегося охраняемого ландшафта». Для снижения оказываемого негативного воздействия технология выполнения работ запланирована с применением только легкой малогабаритной строительно-транспортной техники, исключающей повреждение почвенного покрова и древесно-кустарниковой растительности, ручного или переносного бензоинструмента.

Выводы

В заключение отметим, что при соблюдении нормативно-правовых актов, регулирующих использование и охрану особо охраняемых природных территорий, можно достичь сохранения уникальных компонентов природной среды, устойчивости и естественного биоразнообразия ООПТ.

Разработка приемов благоустройства буферной зоны памятников природы областного значения, расположенных на территории Уральского учебно-опытного лесхоза, позволит правильно распределить рекреационную нагрузку, улучшить санитарное состояние, а также создать благоприятные условия для отдыха в природном окружении на основании разработанных проектных предложений.

Список источников

- Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (ред. от 01.05.2022) : фед. закон : принят Гос. Думой 12 апр. 2006 г., М., 2006. 64 с.
- Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ (ред. от 05.12.2022) : фед. закон: принят Гос. Думой 28 сен. 2001 г. М., 2001. 192 с.
- Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 г. № 195-ФЗ (ред. от 29.12.2022) : фед. закон : принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г. М., 2001. 688 с.
- Кожевников А. П., Кряжевских Н. А. Современное состояние лесных насаждений памятников природы Уральского учебно-опытного лесхоза УГЛТУ // Леса России и хозяйство в них. 2017. № 3 (62). С. 41–47.
- Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ (ред. от 29.12.2022) : фед. закон : принят Гос. Думой 08 нояб. 2006 г. М., 2006. 88 с.

- Областной закон от 21.11.2005 г. № 105-ОЗ «Об особо охраняемых природных территориях областного и местного значения в Свердловской области». URL: <https://docs.cntd.ru/document/802041524> (дата обращения: 01.11.2023).
- Постановление правительства РФ от 19.02.2015 г. № 138 «Об утверждении Правил создания охранных зон отдельных категорий особо охраняемых природных территорий, установления их границ, определения режима охраны и использования земельных участков и водных объектов в границах таких зон». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420254912> (дата обращения: 01.11.2023).
- Постановление правительства Свердловской области от 08.11.2013 г. № 1361-ПП «Об утверждении Порядка изменения границ особо охраняемых природных территорий областного значения категорий „памятник природы областного значения“ и „дендрологический парк и ботанический сад областного значения“». URL: <https://docs.cntd.ru/document/453130449> (дата обращения: 01.11.2023).
- Постановление правительства Свердловской области от 17.01.2001 г. № 41-ПП «Об установлении категорий, статуса и режима особой охраны особо охраняемых природных территорий областного значения и утверждении перечней особо охраняемых природных территорий, расположенных в Свердловской области». URL: <https://docs.cntd.ru/document/801104370> (дата обращения: 01.11.2023).
- Постановление правительства Свердловской области от 21.09.2012 г. № 1031-ПП «Об утверждении Положения о порядке и сроках предварительного рассмотрения предложений об организации особо охраняемых природных территорий областного значения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/453121906?marker> (дата обращения: 01.11.2023).
- Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 г. № 63-ФЗ (ред. от 29.12.2022) : фед. закон : принят Гос. Думой 24 мая 1996 г. М., 1996. 416 с.
- Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ (с изм. и доп.) : фед. закон : принят Гос. Думой 15 фев. 1995 г. М., 1995. 19 с.
- Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (с изм. и доп.) : фед. закон : принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г. М., 2002. 96 с.

References

- Criminal Code of the Russian Federation № 63-FZ dated 13.06.1996 (ed. dated 29.12.2022) : fed. Law : adopted by the State Duma on May 24, 1996. Moscow, 1996. 416 p. (In Russ.)
- Decree of the Government of the Russian Federation № 138 dated 19.02.2015 “On approval of the Rules for the Creation of Protected Zones of Certain Categories of Specially Protected Natural Territories, the Establishment of their Borders, the definition of the regime of protection and use of land and Water bodies within the boundaries of such zones”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420254912> (accessed: 01.11.2023). (In Russ.)
- Federal Law “On Environmental Protection” dated 10.01.2002 № 7-FZ (with amendments and additions) : fed. Law : adopted by the State Duma on Dec. 20. 2001. Moscow, 2002. 96 p. (In Russ.)
- Federal Law “On Specially Protected Natural Territories” dated 14.03.1995 № 33-FZ (with amendments and additions) : fed. Law : adopted by the State Duma on February 15, 1995. Moscow, 1995. 19 p. (In Russ.)
- Forest Code of the Russian Federation № 200-FZ dated 04.12.2006 (as amended on 29.12.2022) : fed. Law : adopted by the State Duma on November 08, 2006. Moscow, 2006. 88 p. (In Russ.)
- Kozhevnikov A. P., Kryazhevskikh N. A. The current state of forest plantations of natural monuments of the Ural educational and experimental forestry of UGLTU // Forests of Russia and the economy in them. 2017. № 3 (62). P. 41–47. (In Russ.)
- Land Code of the Russian Federation № 136-FZ dated 25.10.2001 (as amended on 05.12.2022) : fed. law : adopted by the State Duma on September 28, 2001. M., 2001. 192 p. (In Russ.)

- Regional Law № 105-OZ of 21.11.2005 “On specially protected natural territories of regional and local significance in the Sverdlovsk Region”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/802041524> (accessed: 01.11.2023).
- Resolution of the Government of the Sverdlovsk Region dated 08.11.2013 № 1361-PP “On approval of the Procedure for Changing the Boundaries of specially protected natural territories of regional Significance of the categories “natural monument of regional significance” and “Arboretum Park and Botanical Garden of regional significance”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/453130449> (accessed: 01.11.2023).
- Resolution of the Government of the Sverdlovsk Region № 41-PP dated 17.01.2001 “On the establishment of categories, status and regime of special protection of specially protected natural territories of Regional Significance and approval of Lists of specially protected natural territories located in the Sverdlovsk Region”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/801104370> (accessed: 01.11.2023).
- Resolution of the Government of the Sverdlovsk Region dated 21.09.2012 № 1031-PP “On approval of the Regulations on the procedure and timing of preliminary consideration of proposals for the organization of specially protected natural territories of regional significance”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/453121906?marker> (accessed: 11.01.2023).
- The Code of the Russian Federation on Administrative Offenses of 30.12.2001 № 195-FZ (ed. of 29.12.2022) : fed. Law : adopted by the State Duma on Dec. 20. 2006. M., 2001. 688 p. (In Russ.)
- Water Code of the Russian Federation № 74-FZ dated 03.06.2006 (as amended on 01.05.2022) : fed. Law : adopted by the State Duma on April 12, 2006. M., 2006. 64 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Т. И. Фролова – кандидат биологических наук, доцент;
Т. А. Мухлынина – магистр.

Information about the authors

T. I. Frolova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
T. A. Mukhlynina – master's degree.

Статья поступила в редакцию 13.02.2023; принята к публикации 20.04.2023.
The article was submitted 13.02.2023; accepted for publication 20.04.2023.



Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 82–94.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 82–94.

Научная статья

УДК 712.2

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.009

ОСОБЕННОСТИ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ХРАМОВОГО КОМПЛЕКСА ВО ИМЯ ПРЕОБРАЖЕНИЯ ГОСПОДНЯ ЕКАТЕРИНБУРГА

Людмила Ивановна Аткина¹, Елена Витальевна Москаленко²

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

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

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

Аннотация. В настоящее время строится значительное количество храмов в России, но аспект озеленения и благоустройства мало изучен. Целью данной работы является выявление особенности благоустройства и озеленения – храма во имя Преображения Господня с комплексом зданий, который относится к храмовым комплексам малых размеров. Особенность этого храма – размещение на склоне. На характер рельефа территории оказывает влияние близость Уктусских гор, что является отличительной особенностью объекта в черте города и отдельного района. В статье приведен анализ архитектурно-планировочного решения данного объекта, системы озеленения, изучены видовой и сортовой состав древесных растений. Проанализирован баланс территории, особенности дорожно-тропиночной сети и функционального зонирования храмового комплекса.

Установлено, что озеленение храма происходило силами прихожан и сотрудников, что привело к ошибкам в планировочных решениях и подборе видового состава на первоначальном этапе озеленения территории храмового комплекса. Но и сейчас для поддержания состояния ландшафтных композиций возле храма необходимо проведение современного инженерного обустройства, в первую очередь системы полива.

Ключевые слова: озеленение территории, храмовый комплекс, благоустройство храмов, видовой состав, рельеф

Для цитирования: Аткина Л. И., Москаленко Е. В. Особенности озеленения храмового комплекса во имя преображения господня Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 82–94. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.009.

Scientific article

TEMPLE LANDSCAPING OF THE COMPLEX IN THE NAME OF THE TRANSFIGURATION OF GOD OF THE CITY FEATURES OF YEKATERINBURG

Ludmila I. Atkina¹, Elena V. Moskalenko²

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

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

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

Abstract. Currently, a significant number of churches are being built in Russia, but the aspect of landscaping and landscaping has been little studied. The purpose of this work is to identify the features of landscaping and landscaping – the Church in the name of the Transfiguration of the Lord with a complex of buildings that belong to small temple complexes. The peculiarity of this temple is the placement on the slope. The nature of the terrain of the territory is influenced by the proximity of the Uktus Mountains, which is a distinctive feature of the object within the city and a separate district. The article provides an analysis of the architectural and planning solution of this object, the landscaping system, the species and varietal composition of woody plants are studied. The balance of the territory, the features of the road and path network and the functional zoning of the temple complex are analyzed.

It was established that the landscaping of the temple was carried out by parishioners and employees, which led to errors in planning decisions and selection of species composition at the initial stage of landscaping the territory of the temple complex. But even now, in order to maintain the state of landscape compositions near the temple, it is necessary to carry out modern engineering arrangements, primarily irrigation systems.

Keywords: of the territory, temple complex, improvement of temples, species composition, landscaping, relief

For citation: Atkina L. I., Moskalenko E. V. Temple landscaping of the complex «In the name of the transfiguration of the god» of the city features of Yekaterinburg // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 82–94. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.009.

Введение

Озеленение Екатеринбурга имеет богатую историю (Уктус, уктусский завод..., 2011; Благоустройство реки..., 2022; Займогов, 2012; Корепанов, 2020; Кюршеева и др., 2021), но в то же время озеленение территорий ограниченного пользования в Екатеринбурге, в частности храмовых комплексов, исследовано недостаточно.

Часть храмовых комплексов расположена на склонах, характерных для городов Среднего Урала (Смирнов, 1999). Особенностью таких территорий является сочетание сложного рельефа с большой массой стихийно завезенного урбо-назема, что затрудняет рост и развитие растений

из-за повышенной инсоляции и отсутствия регулируемого полива.

В других регионах России также проявляется интерес к благоустройству храмовых территорий. В изученных работах указывается, что ландшафтное оформление определяет отношение к самому храму и является важным по оптимизации условий для религиозной деятельности, отдыха прихожан, сотрудников и населения, проживающего вокруг объектов (Москаленко, 2022; Аткина, Москаленко, 2022; 2023).

Одной из проблем является отсутствие комплексных нормативных показателей и рекомендаций по планировке, видовому составу и т. д.

Цель данной работы – выявить особенности благоустройства и озеленения территории храмового комплекса во имя Преображения Господня Екатеринбургa и предложить рекомендации по озеленению храмов Среднего Урала, размещенных на территориях с аналогичным сложным рельефом.

Объекты и методы исследований

Храмовый комплекс (площадь около 0,5 га), расположен в Чкаловском районе, по адресу ул. Походная, 2, номер на кадастровой карте 66:41:0502095:30 (рис. 1).

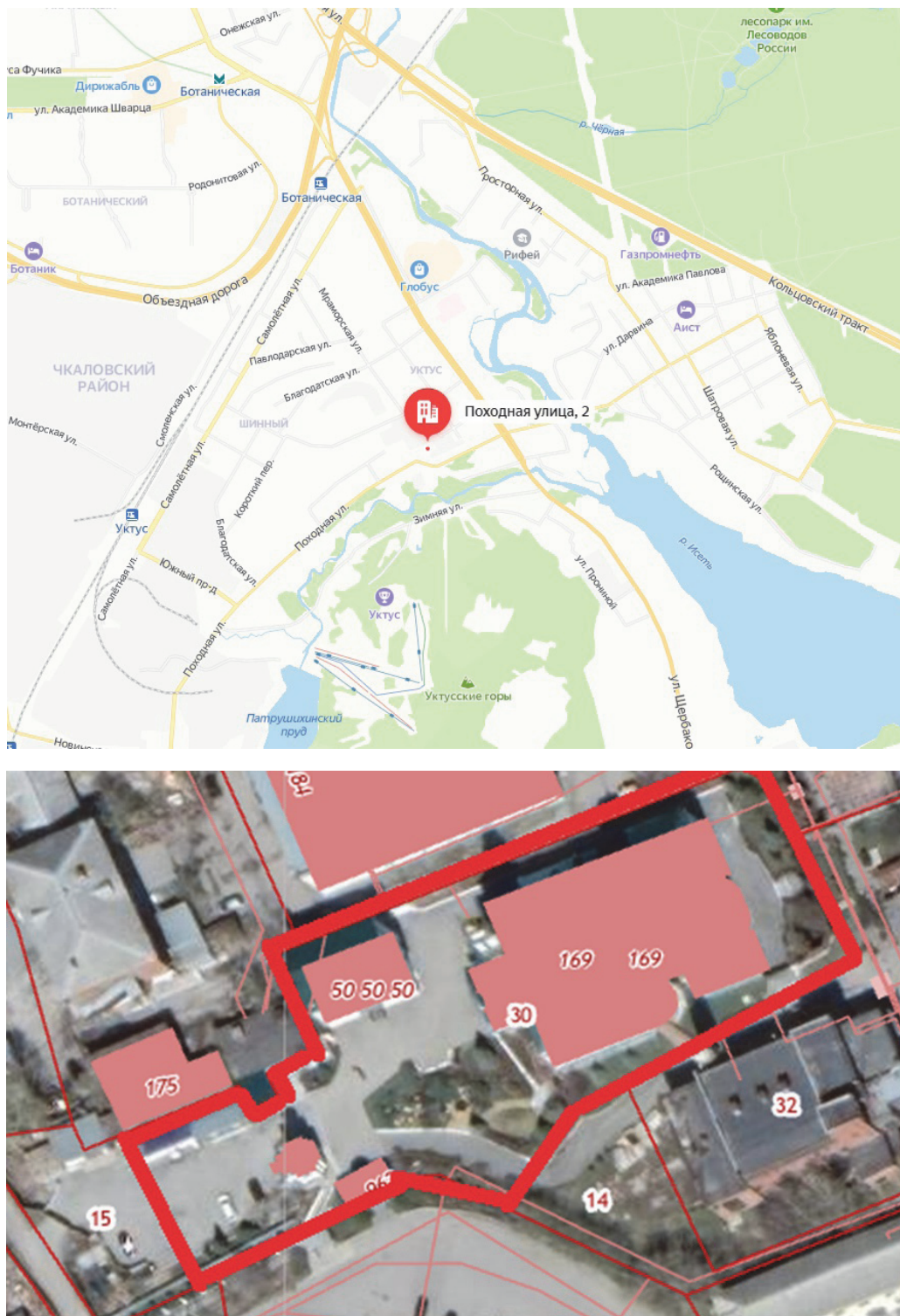


Рис. 1. Размещение комплекса в границах улиц Щербакова – Походная и план территории
Fig. 1. Placement of the complex within the boundaries of Shcherbakov – Pokhodnaya streets and the territory plan

В состав храмового комплекса включены: храм во имя Преображения Господня, часовня, административное здание, трапезная, духовно-просветительский центр, сад. Особенность – сложный рельеф местности, сформированный под влиянием Уктусских гор (рис. 2) (Смирнов, 1999).

По материалам О. А. Бухариной (2004), в 1712 г. в Уктусском заводе по адресу Походная, 2, был построен деревянный храм во имя Николая Чудотворца. 27 сентября 1806 г. он сгорел, но поэтапно к 1867 г. был создан новый каменный храм. После 1917 г. храм Уктуса много лет оставался закрытым, и только в ноябре 1938 г. здание уктусской церкви решением президиума Свердловского облисполкома № 2331 было передано шинно-ремонтному тресту Главрезина. В годы Великой Отечественной войны в здании с 1942 г. разместился цех эвакуированного из Москвы завода № 145, выпускавшего пористую резину для

нужд фронта, позднее названный «Свердловский завод эбонитовых изделий» (Старейший храм..., 2023). Отходы производства предприятия, а также твердые продукты горения после крупного пожара 1944 г. складировались на южном склоне территории, что вызвало значительное загрязнение почвы и ее закисление. С 1995 г. вновь стали проходить богослужения (Старейший храм..., 2023). В этот же период началось восстановление и прилегающей территории. По воспоминаниям прихожан, в 1996 г. были привезены 2–3-летние сеянцы елей, лиственницы, кедра из лесов Верхотурья. От Горзеленстроя получены первые саженцы спиреи серой. Данные виды деревьев и кустарников хаотично были размещены на территории без учета планировки. В 2003 г. склон с юго-западной стороны территории был очищен от скоплений саж и строительного мусора, затем на этом месте заложили сад. Основные посадки в саду были осуществлены в 2003–2005 гг.



Рис. 2. Сад на южном склоне. Фото А. Алферов
Fig. 2. Garden on the southern slope. Photo by A. Alferov

Для анализа планировочного решения территории использованы доступные ГИС-материалы. Инвентаризация проведена на основе «Методики инвентаризации городских зеленых насаждений» (2022).

Баланс территории составлен на основе данных материалов ГИС, находящихся в общем доступе. Виды определялись по «Определителю деревьев и кустарников Урала» (Мамаев, 2000). Балл санитарного состояния определялся по Постановлению правительства РФ от 09.12.2020 г. № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах» (2020).

Результаты исследований и их обсуждения

Функционально на территории храма можно выделить зону для массовых мероприятий (площадка перед храмом), прогулочную зону, совмещенную с зоной тихого отдыха.

В общем балансе доля озеленения невелика – 11,5 % (табл. 1), основная же приходится на постройки и дорожную сеть – 88,5 %, что характерно для малых храмовых территорий.

Несмотря на небольшие размеры, именно озеленение придает территории привлекательный облик и своеобразие. Условно вся территория, покрытая растениями, делится на четыре фрагмента:

сад на юго-западном склоне, территория за храмом (вокруг памятного креста), территория вдоль южной стены храма и стена с вертикальным озеленением (табл. 2). Каждый фрагмент имеет отличительные черты.

Планировка территории храмового комплекса задается рельефом территории, близостью Уктусских гор и согласуется с потребностями в реализации религиозных обрядов (крестный ход). В пространственном решении сада на склоне храмового комплекса преобладает пейзажный облик. Акцентом является главное здание храма, от которого начинается основная аллея, проложенная по южной стороне от центральных ворот к храму. Дорожно-тропиночная сеть внутри сада складывалась стихийно как транзит от центральных ворот. Все дорожки оформлены как аллеи посадками спиреи японской и кизильника блестящего.

Основная часть сада на склоне имеет свободную пейзажную планировку, отражая идею воссоздания Эдемского сада (рис. 3).

Декоративное оформление формируется за счет цветущих весной кустарников и деревьев, а летом – цветочных культур. Они присутствуют на центральной площадке, в саду и у входа в храм (рис. 4, 5). В цветочном оформлении используются различные сорта петунии гибридной (*Petunia Juss.*).

Таблица 1
Table 1

Баланс территории храмового комплекса
The balance of the temple complex territory

№	Категория Category	Площадь, м ² Area, m ²	Доля, % Share, %
1	Строения Buildings	1923	40,4
2	Озеленение Landscaping	525	11,5
3	Дорожно-тропиночная сеть Road and path network	2322	48,1
4	Всего Total	4760	100

Таблица 2
Table 2

Баланс озелененной территории
The balance of the green area

№	Категория Category	Площадь, м ² Area, m ²	Доля, % Share, %
1	Сад на склоне Garden on the slope	255	48,6
2	Территория за храмом (памятный крест) The territory behind the temple (memorial cross)	150	28,6
3	Территория вдоль южной стены храма The territory along the southern wall of the temple	120	22,8
4	Всего Total	525	100
5	Вертикальное озеленения Vertical gardening	90	100

В цветовой палитре преобладают светлые тона (белый, розовый). Это связано с тем, что в престольный праздник Преображения Господня храм украшают цветами светлых оттенков, преимущественно выращенных на территории храмового комплекса.

Особенностью территории за храмом (вокруг поклонного креста) является стена с вертикальным озеленением. Протяженность ее почти 30 м и высота 3 м.

Она вся увита лианами винограда пятилисткового, который в осенний период окрашивается в ярко-красный цвет.

Газон с декоративными посадками (три ели колючие, сорт «Блю Даймонд»), расположенный с южной стороны храма, находится в наиболее неблагоприятных условиях: в летний период он пересыхает и желтеет, так как основной полив проводится на участках с декоративными цветущими кустарниками.

На основе сводных ведомостей подеревной инвентаризации насаждений храмового комплекса установлено, что на территории 10 видов деревьев представлены 57 экз. (26 % от общего количества видов древесных) (табл. 2) и 22 вида кустарников произрастают в количестве 161 экз. (табл. 3).



Рис. 3. Древесные растения сада и декоративные группы на склоне. Фото Леонида Маслова

Fig. 3. Woody garden plants and decorative groups on the slope. Photo by Leonid Maslov

- 1 – яблоня домашняя, сорт «Белый налив» (*Malus domestica* Borkh Naliv belyi); 2 – дерен белый, сорт «Сибирика Вариегата» (*Cornus alba* L. *Sibirica* Variegata); 3 – можжевельник казацкий, сорт «Рокери Джем» (*Juniperus sabina* L. *Rockery Gem*); 4 – можжевельник казацкий, сорт «Аркадия» (*Juniperus sabina* L. *Arcadia*); 5 – ель колючая, сорт «Блю Даймонд» (*Picea pungens* ENGELM. *Blue Diamond*); 6 – гортензия метельчатая, сорт «Лаймлайт» (*Hydrangea paniculata* SIEBOLD *Limelight*); 7 – группа из сиреней и спирей: сирень гиацинтоцветковая, сорт «Бюффон» (*Syringa* × *hyacinthiflora* Buffon), сирень китайская, сорт «Соджина» (*Syringa* × *chinensis* WILLD. *Saugeana*), спирей серая, сорт «Грефшейм» (*Spiraea* × *cinerea* ZABEL *Grefsheim*); 8 – альпинарий; 9 – миндаль степной (*Prunus tenella* BATSCH); 10 – сосна горная, сорт «Мугус» (*Pinus mugo* TURRA var. *Mughus*); 11 – можжевельник виргинский, сорт «Грей Оул» (*Juniperus virginiana* L. *Grey Owl*); 12 – гортензия Бретшнейдера (*hydrangea bretschnideri* DIPPE); 13 – кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* SCHLTDL.); 14 – яблоня гибридная, сорт «Профессор Шпренгер» (*Malus hybridus* Sprenger); 15 – группа из гортензий и сирен: гортензия метельчатая, сорт «Фантом» (*Hydrangea paniculata* SIEBOLD, *Phantom*), сирень Мейера, сорт «Палибин» (*Syringa meyeri* C.K. SCHNEID. *Palibin*), мирикария лисохвостиковая (*Myricaria bracteata* ROYLE); 16 – ель колючая *Picea pungens*, сорт «Глаука Арбор» (*Picea pungens* Engelm *Glaucia Arbor*); 17 – газон из злаков



Рис. 4. Вид из сада на входную зону храма. Фото А. Алферова
Fig. 4. View from the garden to the entrance area of the temple. Photo by A. Alferov



Рис. 5. Оформление однолетними декоративными растениями беседки в саду. Фото А. Алферова
Fig. 5. Decoration with annual ornamental plants of a gazebo in the garden. Photo by A. Alferov

Таблица 3

Table 3

Характеристика основных видов деревьев, произрастающих на территории храмового комплекса
Characteristics of the main types of trees growing on the territory of the temple complex

Вид и сорт растений Type and variety of plants	Кол-во, шт. Quantity, pieces	Средний диаметр на высоте 1,3 м ствола, см Average diameter per 1,3 m tree trunk, cm	Высота растения, м Plant height, m	Средний балл сан. состояния The average score of the san. states
Ель обыкновенная (<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.)	26	22,68	9,35	2,10
Ель колючая (<i>Picea pungens</i> Engelm.)	12	20,78	10,30	2,20
Лиственница европейская (<i>Larix europaea</i> D. C.)	1	35,56	18,00	2,15
Пихта сибирская (<i>Abies sibirica</i> Ledeb)	2	15,34	7,10	2,85
Сосна сибирская кедровая (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour)	1	17,46	7,40	2,18
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> Salisb)	3	12,3	5,60	2,45
Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.)	3	20,34	12,30	2,25
Клен приречный (<i>Acer tataricum</i> subsp. Ginnala)	1	10,30	4,20	2,75
Яблоня гибридная (<i>Malus hybridus</i>)	2	10,21	5,20	2,72
Яблоня домашняя (<i>Malus domestica</i> Borkh)	6	12,39	5,56	2,22
Всего	57			

Преобладание кустарников связано с малыми размерами территории озеленения. Композиции из крупных деревьев были бы несоответственны и мешали восприятию храма как основного акцента. Поэтому они размещены единично, преимущественно вдоль стен и во входной зоне.

На исторических материалах фотоархива Преображенского храма (Фотоархив..., 2023) видно, что ранее крупные ели обрамляли территорию храма (рис. 6), но в те годы площадь комплекса была гораздо меньше, имела другую планировку. Основной вид на территорию формировался со стороны проезжей части улицы.

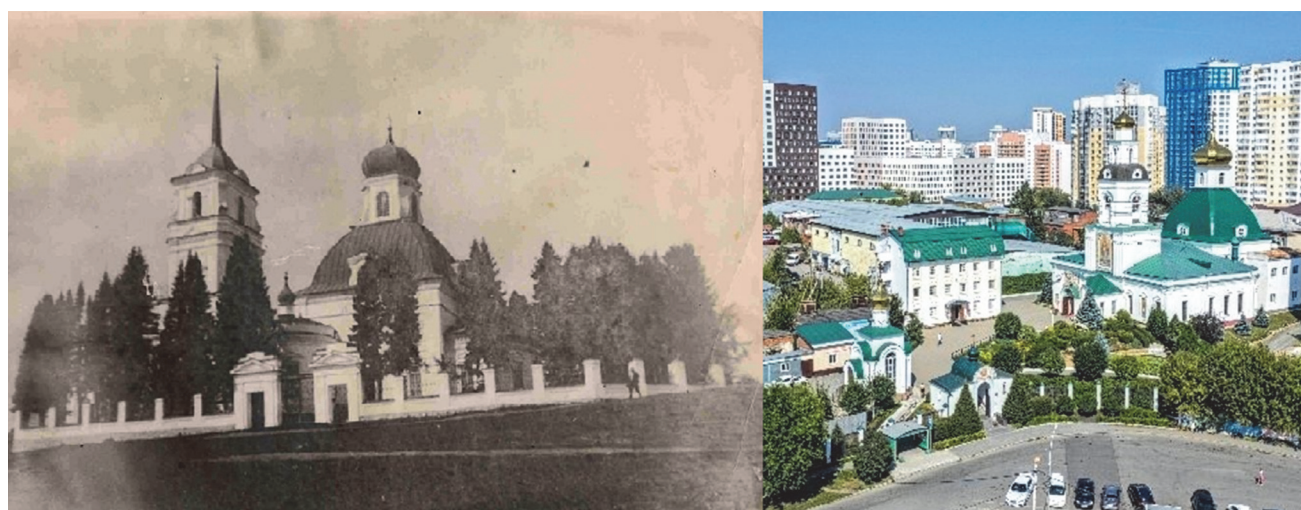


Рис. 6. Храм Преображения Господня. Вид с юго-востока. Начало 1900-х годов и в настоящее время
Fig. 6. The Church of the Transfiguration of the Lord. View from the southeast. Early 1900s and present

В настоящее время высота произрастающих деревьев около 10 м, так как они все периодически кронируются. Кустарники также подвергаются формовочным стрижкам: они преимущественно шарообразные. Исключение – живая изгородь из кизильника блестящего – прямоугольная стрижка.

Санитарное состояние деревьев и кустарников варьирует от категории «хорошо» до категории «удовлетворительно» (Методики инвентаризации..., 2022) (табл. 3, 4).

Таблица 4

Table 4

Характеристика основных видов кустарников произрастающих на территории храмового комплекса
Characteristics of the main types of shrubs growing on the territory of the temple complex

Вид и сорт растения Type and variety of plants	Кол-во, шт. Quantity pieces	Высота растения, м Plant height, m	Средний балл сан. состояния The average score of the san. states
Барбарис обыкновенный (<i>Berberis vulgaris</i> L.)	14	1,20	2,32
Сосна горная (<i>Pinus mugo</i> Turra)	1	1,50	2,20
Ива ползучая (<i>Salix reptans</i>)	5	0,30	2,25
Миндаль степной (<i>Prunus tenella</i> Batsch)	6	1,54	2,20
Гортензия метельчатая (<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold)	12	1,40	2,10
Гортензия Бретшнейдера (<i>Hydrangea bretschneideri</i> Dippel)	1	1,30	2,10
Форзиция промежуточная (<i>Forsythia intermedia</i> L.)	3	1,80	3,56
Можжевельник казацкий (<i>Juniperus sabina</i> L.)	10	0,70	3,25
Можжевельник виргинский (<i>Juniperus virginiana</i> L.)	6	0,80	2,35
Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	4	0,80	2,10
Боярышник древовидный пятипестичный (<i>Crataegus pentagyna</i> L.)	2	5,20	2,10
Кизильник блестящий (<i>Cotoneaster lucidus</i> Schltdl)	36	0,70	2,00
Роза морщинистая (<i>Rosa rugosa</i> Thunb)	18	0,75	2,90
Сирень Мейера (<i>Syringa maierei</i> J. H. Lev.)	4	0,73	2,60
Сирень китайская (<i>Syringa × chinensis</i> Willd.)	4	2,20	2,10
Сирень гиацинтоцветковая (<i>Syringa × hyacinthiflora</i>)	1	2,20	2,20
Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	4	2,20	2,33
Спирея японская (<i>Spiraea japonica</i> L.)	25	0,60	2,15
Спирея серая (<i>Spiraea × cinerea</i> Zabel)	1	0,90	2,15
Дерен белый (<i>Cornus alba</i> L.)	1	1,30	2,00
Бересклет крылатый (<i>Euonymus alatus</i> L.)	2	2,30	2,45
Мирикария лисохвостиковая (<i>Myricaria bracteata</i> Royle)	1	0,60	2,30
Всего	161		

Примечание. Присутствует вертикальное озеленение. Виноград пятилисточковый (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.), площадь 90 м², средний балл санитарного состояния 2.

Note. There is vertical landscaping. Five-leaf grape (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.), area 90 m², average score of sanitary condition 2.

Как видно из данных, приведенных на рис. 7, по количеству экземпляров на территории преобладают хвойные, составляя в сумме 74 % от общего количества деревьев, из лиственных – яблони (14 %).

Видовой состав кустарников гораздо разнообразнее (см. табл. 4, рис. 8). Преобладают по количеству виды, которые формируют живую

изгородь, – кизильник блестящий (22 %) и спирея японская (более 15 % от общего количества). Остальные растения собраны в декоративные группы в саду на склоне. В составе групп представлены от 7 до 11 % от общего количества кустарников виды барбариса обыкновенного, гортензии метельчатой, розы морщинистой.

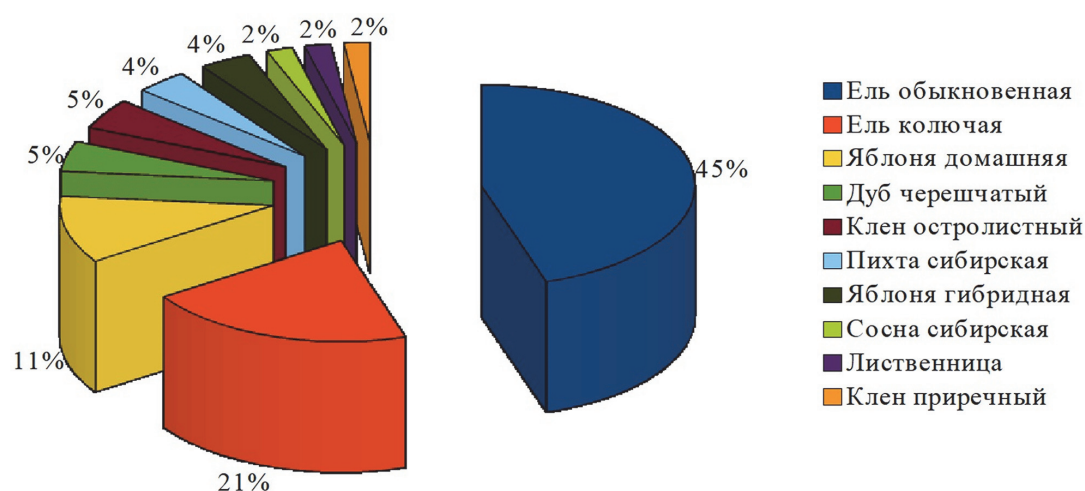


Рис. 7. Долевое участие видов деревьев в озеленении территории
Fig. 7. The share of tree species in the landscaping of the territory

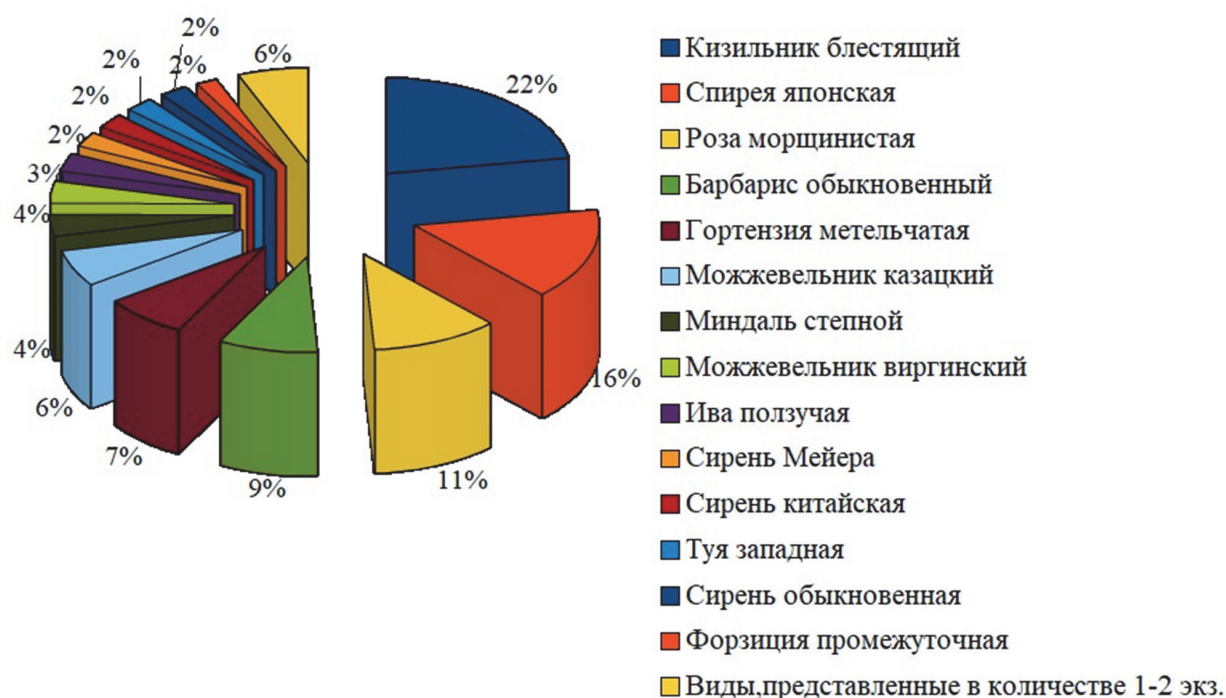


Рис. 8. Долевое участие видов кустарников в озеленении территории
Fig. 8. The share of shrub species in the landscaping of the territory

Выводы

Храмовый комплекс во имя Преображения Господня ведет свою историю с начала XVII в.: от деревянного храма на территории Уктусского завода до комплекса каменных зданий и прилегающей благоустроенной территории в настоящее время.

На современное оформление территории повлияли следующие факторы: природные условия, в первую очередь рельеф, размер площади храмового комплекса, определяющий баланс элементов благоустройства, и необходимость подчинения каноническим церковным требованиям.

Рельеф обусловил характер озеленения в виде сада на склоне, созданного аналогично участкам частных садов, о чем говорит большое количество декоративных видов, требующих тщательного и постоянного ухода. Из-за рельефа размещение главного храма смещено с центрического положения к краевому, но при этом ландшафт замыкается вокруг всего храма, так что благоустроенная озеле-

ненная территория сопровождает прихожан во время крестного хода.

Территория храмового комплекса во имя Преображения Господня имеет баланс территории свойственный всем малым храмовым комплексам Екатеринбурга, где озеленению выделена небольшая доля от общей площади территории (Аткина, 2019; Аткина, Москаленко, 2022). Основную часть территории занимает дорожно-тропиночная сеть, что необходимо для проведения религиозных ритуалов, в первую очередь крестного хода.

При формировании декоративного облика участка были включены элементы, отражающие христианские образы Эдемского сада: плодоносящие яблони, кустарники и однолетние цветочные культуры с нежными светлыми оттенками: белые, розовые, кремовые, что совпадает с оформлением крупнейшего храмового комплекса во имя святых Царственных Страстотерпцев в урочище Ганина Яма.

Список источников

- Аткина Л. И. Баланс территорий храмовых комплексов Екатеринбурга // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики : матер. XII Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2019. С. 267–269.
- Аткина Л. И., Москаленко Е. В. История благоустройства шахты № 7 монастыря во имя святых Царственных Страстотерпцев в урочище Ганина Яма // Проблемы научной мысли. 2023. Т. 2. № 6. С. 20–23.
- Аткина Л. И., Москаленко Е. В. История формирования яблоневого сада монастыря во имя святых Царственных Страстотерпцев в урочище Ганина Яма // Инновационные механизмы и стратегические приоритеты научно-технического развития : матер. междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2022. С. 15–17.
- Аткина Л. И., Москаленко Е. В. Особенности озеленения прихрамовых территорий Свердловской области // Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. 2022. Т. 1. С. 117–120.
- Благоустройство реки Патрушиха в Екатеринбурге может стартовать в 2024 году // Уралполит. RU. 2022. URL: <https://uralpolit.ru/news/sverdl/20-10-2022/263829> (дата обращения: 20.04.2023).
- Бухарина О. А. К истории уктусской Преображенской церкви и ее прихода // Государственный архив Свердловской области, Екатеринбург. URL: https://elib.uraic.ru/bitstream/123456789/1114/1/chupin_2004_18.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
- Займогов А. И. Археологическое исследование на месте Уктусского молотового железоделательного завода. Екатеринбург : Грачев и партнеры, 2012. 35 с.
- Корепанов Н. С. Уктус – исток Екатеринбурга. Екатеринбург : Грачев и партнеры, 2020. 42 с.
- Кюришева О. В., Зайцева Е. А., Михайлова А. Д. Озеленение в благоустройстве Екатеринбурга // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XVII Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. студ. и аспирантов. Екатеринбург, 2021. С. 294–296.

- Мамаев С. А.* Определитель деревьев и кустарников Урала. Местные и интродуцированные виды. Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2000. 260 с.
- Методики инвентаризации городских зеленых насаждений / АКХ им. К. Д. Памфилова. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294815/4294815098.htm> (дата обращения: 05.03.2022).
- Москаленко Е. В.* Основные приемы цветочного оформления храмов // Ландшафтная архитектура: традиции и перспективы. Екатеринбург, 2022. С. 121–126.
- Правила санитарной безопасности в лесах : утв. Постановлением Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах» от 09.12.2020 № 2047. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (дата обращения: 05.04.2022).
- Смирнов А.* Что такое Уктус? Екатеринбург : Энерго-пресс, 1999. 200 с.
- Старейший храм Екатеринбурга отметит свое 300-летие // Православная газета. URL: <https://orthodox-newspaper.ru/events/at19918> (дата обращения: 18.03.2023).
- Уктус, уктусский завод и его окрестности в XVII–XVIII вв. / В. И Байдин, В. Ю. Грачев, Ю. В. Коновалов, А. Г. Мосин. Екатеринбург : Грачев и партнеры, 2011. 68 с.
- Фотоархив храма Преображения Господня. Вид с юго-востока. Начало 1900-х годов // Фотоархив храма Преображения. Екатеринбург. URL: <https://preobrazgenie.org/index.php?pagelink=history&min=0&tab=1> Храм &id (дата обращения: 20.04.2023).

References

- Atkina L. I.* The balance of the territories of the temple complexes of Yekaterinburg // Forest science in the implementation of the concept of the Ural engineering School : socio-economic and environmental problems of the forest sector of the economy : materials of the XII International Scientific and Technical Conference. Yekaterinburg, 2019. P. 267–269. (In Russ.)
- Atkina L. I., Moskalenko E. V.* Features of landscaping of the temple territories of the Sverdlovsk region // Modern scientific research : Topical issues, achievements and innovations. Penza : Science and Education, 2022. P. 117–120. (In Russ.)
- Atkina L. I., Moskalenko E. V.* The history of mine improvement № 7 of the monastery in the name of the Holy Royal Passion-Bearers in the Ganina Yama tract // Problems of Scientific Thought. 2023. Vol. 2. № 6. P. 20–23. (In Russ.)
- Atkina L. I., Moskalenko E. V.* The history of the formation of the apple orchard of the monastery in the name of the Holy Royal Passion-Bearers in the Ganina Yama tract // Innovative mechanisms and strategic priorities of scientific and technical development : materials of the international scientific and practical conference. Ufa, 2022. P. 15–17. (In Russ.)
- Bukharina O. A.* On the history of the Uktus Transfiguration Church and its parish // State Archive of the Sverdlovsk region, Yekaterinburg. URL: https://elibrary.uraic.ru/bitstream/123456789/1114/1/chupin_2004_18.pdf (accessed: 04.20.2023).
- Improvement of the Patrushikha River in Yekaterinburg may start in 2024 / Uralpolit. RU. 2022. URL: <https://uralpolit.ru/news/sverdl/20-10-2022/263829> (accessed: 20.04.2023).
- Korepanov N. S.* Uktus-the source of Yekaterinburg. Yekaterinburg : Publishing house Grachev and Partners LLC, 2020. 42 с.
- Kursheeva O. V., Zaitseva E. A., Mikhailova A. D.* Landscaping in the improvement of Yekaterinburg // Scientific creativity of youth – the forest complex of Russia : materials of the XVII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of Students and postgraduates. Yekaterinburg, 2021. P. 294–296. (In Russ.)

- Mamaev S. A.* Determinant of trees and shrubs of the Urals. Local and introduced species. Yekaterinburg : Publishing House of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2000. 260 p.
- Methods of inventory of urban green spaces / AKH named after K. D. Pamfilov. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294815/4294815098.htm> (accessed: 05.03.2022).
- Moskalenko E. V.* Basic techniques of floral decoration of temples // Landscape architecture : traditions and prospects Yekaterinburg, 2022. P. 121–126. (In Russ.)
- Photo archive of the Transfiguration of the Church of the Lord. View from the southeast. Early 1900s // Photo archive of the Transfiguration of the Yekaterinburg Temple. URL: <https://preobrazgenie.org/index.php?pagelink=history&min=0&tab=1 Temple &id> (accessed: 20.04.2023).
- Rules of sanitary safety in forests. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation “On approval of the Rules of sanitary safety in forests” dated 09.12.2020 № 2047. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (accessed: 05.04.2022).
- Smirnov A.* What is Uktus? / Yekaterinburg : Publishing House: RIA Energo-press. 1999. 200 p. (In Russ.)
- The oldest church in Yekaterinburg will celebrate its 300th anniversary. Orthodox newspaper. URL: <https://orthodox-newspaper.ru/events/at19918> (accessed: 03.18.2023).
- Uktus, Uktus plant and its surroundings in the XVII–XVIII centuries / *V. I. Baidin, V. Yu. Grachev, Yu. V. Konovalov, A. G. Mosin.* Yekaterinburg : Publishing House Grachev and Partners LLC, 2011. 68 p.
- Zaimogov A. I.* Archaeological research at the site of the Uktusky molotov ironworks. Yekaterinburg : Publishing House Grachev and Partners LLC, 2012. 35 p.

Информация об авторах

Л. И. Аткина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Е. В. Москаленко – аспирант 1-го года обучения, ассистент.

Information about the authors

L. I. Atkina – Doctor of Science (Agriculture), Professor; Head of the Landscape;
E. V. Moskalenko – 1st year postgraduate student, Assistant at the Chair.

Статья поступила в редакцию 05.04.2023; принята к публикации 01.06.2023.
The article was submitted 05.04.2023; accepted for publication 01.06.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 С. 95–105.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 P. 95–105.

Научная статья

УДК 630.221.0:630.24

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.010

КРИТЕРИИ ПОДБОРА НАСАЖДЕНИЙ ДЛЯ ОПЫТНЫХ РУБОК

Геннадий Александрович Годовалов¹, Сергей Вениаминович Залесов²,
Петр Николаевич Сураев³, Ирина Анатольевна Мишкина⁴

^{1,2,3,4} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ godovalovga@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2309-2302>

² zalesov@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>

³ spn555@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7842-9219>

⁴ mishkina@m.usfeu.ru

Аннотация. На примере Уральского учебно-опытного лесхоза (УУОЛ) Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ) предпринята попытка анализа лесного фонда по группам типов леса и лесным формациям. Выполненная работа позволяет объективно оценить лесорастительные условия УГЛТУ, интенсивность смены пород и наличие коренных и производных типов леса, а также возрастную структуру древостоев. Работа выполнена с использованием ГИС-технологий и банка данных лесоустроительных материалов.

Полученные данные позволят на научной основе подобрать участки для создания научных и опытно-производственных объектов по изучению лесоводственной эффективности различных видов рубок спелых и перестойных насаждений, а также рубок ухода.

Анализ полученных данных не только сократит расходы на создание опытных объектов, но и будет способствовать совершенствованию противопожарного устройства, а также повышению продуктивности лесов. Последнее особенно важно, если учесть, что УУОЛ УГЛТУ является базовым подразделением, нацеленным на совершенствование подготовки высококвалифицированных специалистов для лесного комплекса.

Ключевые слова: учебно-опытный лесхоз, лесной фонд, группа типов леса, лесная формация, опытный объект

Для цитирования: Критерии подбора насаждений для опытных рубок / Г. А. Годовалов, С. В. Залесов, П. Н. Сураев, И. А. Мишкина // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 95–105. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.010.

Scientific article

CRITERIA FOR SELECTION OF STANDS FOR EXPERIMENTAL CUTTINGS

Gennady A. Godovalov¹, Sergey V. Zalesov², Petr N. Suraev³, Irina A. Mishkina⁴

^{1, 2, 3, 4} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ godovalovga@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2309-2302>

² zalesov@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>

³ spn555@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7842-9219>

⁴ mishkina@m.usfeu.ru

Abstract. On the example of the Ural educational and experimental forestry (URSFE) of the Ural state forest engineering university an attempt was made to analyze the forest fund by groups of forest types and forest formations. The work performed makes it possible to objectively assess the forest conditions of the university the intensity of breed change, the presence of indigenous and derived forest types as the age structure of forest stands. The work was carried out using GIS-technologies and data bank of forest management materials.

The data obtained will allow on a scientific basis to select sites for the creation of scientific and experimentally production objects for forestry effectiveness studying of various types of cuttings in mature in mature and overmature stands as well as for thinning.

The analysis of the data obtained will not only reduce the cost of creating experimental facilities, but will also improve the fire-fighting device, as well as increasing the productivity of forests. The latter is especially important considering that UEET of the USFEU is a basic subvision aimed at improving the training of highly qualified specialists for the forest complex.

Keywords: educational and experimental forestry, forest fund, group of forest types, forest pharmacy, experimental facility

For citation: Criteria for selection of stands for experimental cuttings / G. A. Godovalov, S. V. Zalesov, P. N. Suraev, I. A. Mishkina // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 95–105. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.010.

Введение

Главной задачей лесоводства было и остается повышение продуктивности лесов при сохранении их устойчивости и обеспеченности постоянства лесопользования (Луганский и др., 1995; Залесов, Луганский, 2002). Решение данной задачи невозможно без совершенствования рубок спелых и перестойных насаждений, а также рубок ухода (Залесов, Луганский, 1989; Казанцев и др., 2006; Ландшафтные рубки, 2007; Роль рубок..., 2013; Данчева, Залесов, 2016; Залесов и др., 2016; Залесов, 2020). При этом указанные рубки должны проводиться на зонально (подзонально)-типологической основе, поскольку именно тип леса в конечном счете определяет производительность древостоев (Влияние..., 2019; Фомин и др., 2021;

Development..., 2021; Состав..., 2022; Общевропейские подходы..., 2022).

В целях совершенствования рубок и их технологий (Сортиментная заготовка..., 2015) создаются научные и опытно-производственные объекты, на которых осуществляется мониторинг за состоянием насаждений, пройденных рубками. Для этих целей созданы специальные учреждения. Примером может служить Уральский учебно-опытный лесхоз (УУОЛ) Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ).

В то же время для получения репрезентативных результатов необходимо, чтобы научные и опытно-производственные объекты закладывались в насаждениях наиболее представленных групп типов леса. Только в этом случае полученные

результаты можно тиражировать в конкретном лесном районе и за его пределами. Последнее вызывает необходимость анализа распределения насаждений различных формаций по группам типов леса, возраста и другим таксационным показателям.

Целью исследований является анализ распределения насаждений УУОЛ УГЛТУ по лесным формациям, типам леса и другим таксационным показателям для оптимизации подбора участков для закладки научных и опытно-производственных объектов.

Объекты

и методика исследований

Выбор видов рубок спелых и перестойных насаждений, а также рубок ухода, интенсивность изреживания и технологии проведения опираются на лесорастительное районирование (Колесников и др., 1973) и используемую в данном регионе лесную технологию и распределение типов леса по группам (Рекомендации..., 2017).

В качестве объекта исследований выступал лесной фонд УУОЛ УГЛТУ. На основании баз данных лесоустroительных материалов с помощью ГИС-технологий была осуществлена выборка таксационных выделов с учетом целей исследований. Анализ таксационных баз данных проводился с помощью SQZ-запросов в программе MAP INFO (Чермных и др., 2013).

Результаты и обсуждение

Анализ лесоустroительных материалов показал, что на территории УУОЛ УГЛТУ произрастают насаждения всех семи групп типов леса (табл. 1).

По данным табл. 1 в условиях УУОЛ наиболее представлены насаждения 3-й, ягодниковой, группы типов леса (47,8 %), среди которой преобладает сосняк ягодниковый. Насаждения липняково-разнотравной группы типов леса занимают 28,1 % покрытых лесной растительностью земель и представлены преимущественно сосняками разнотравным и ягодниково-липняковым. Насаждения сфагновой группы занимают 15,8 % лесных земель. Доля остальных групп типов леса составляет 7 % лесной растительности земель.

Характеризуя представленность коренных типов леса в условиях УУОЛ, следует отметить, что на подавляющей части территории лесхоза коренными являются хвойные насаждения (97,5 % покрытых лесной растительностью земель). Только на 2,5 % площади коренными являются лиственные насаждения, представленные березняком осоково-сфагновым и сероольшаником высокотравным, характеризующиеся устойчивым избыточным увлажнением. В связи с этим на основании распределения имеющихся в настоящее время древостоев можно судить об интенсивности смены пород, происходящей в лесном фонде лесхоза.

Цифровой материал табл. 1 подтверждает практическое отсутствие в условиях 1-й и 2-й групп типов леса смены хвойных на производные березняки. Это обусловлено, скорее всего, низкой трофностью почв и неустойчивым увлажнением. В условиях ягодниковой группы типов леса вследствие усиления конкуренции со стороны мягколиственных пород, особенно после пожаров, на 1886,9 га произошла смена коренных сосновых насаждений на производные мягколиственные.

В 4-й группе типов леса процессы взаимовлияния древесных пород более многовариантны. Наиболее интенсивно смена хвойных на производные березняки происходит в условиях 5-й ГТЛ, где мягколиственные древостои произрастают на 66,7 % площади. С переходом к 6-й и 7-й ГТЛ конкуренция со стороны мягколиственных несколько ослабевает, на что указывает уменьшение доля производных березняков до 33,7 % в мшисто-хвощовой и до 22,0 % в сфагновой группах типов леса.

Оценивая представленность хозяйств в целом по лесхозу, следует отметить, что на 69,3 % лесных земель произрастают хвойные. Среди мягколиственных, занимающих 30,7 % покрытых лесной растительностью земель, в 99 % случаев преобладают березняки, присутствие которых отмечается во всех представленных в лесхозе группах типов леса.

Возможность проведения рубок регламентируется действующими нормативными документами. Ст. 105 Лесного кодекса РФ (2006) на особозащитных участках лесов (ОЗУЛ) разрешены исключительно санитарные рубки.

Возможность проведения рубок спелых, перестойных насаждений и рубок ухода определяется возрастом древостоя и его лесоводственно-таксационными характеристиками. Распределение насаждений УУОЛ по группам возраста и принадлежности к ОЗУЛ приведено в табл. 2.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что 2343 га (9,5 %) покрытой лесной растительностью площади УУОЛ УГЛТУ отнесено к ОЗУЛ, где запрещены все виды рубок, кроме санитарных. Следовательно, на указанной территории отсутствует возможность формирования целевых

Таблица 1

Table 1

Распределение насаждений УУОЛ по группам, типам леса и формациям

Distribution of UUOL plantings by groups, forest types and formations

ГТЛ GFT	Тип леса type of forest	Хвойные Coniferous		Мягколиственные Soft – leaved		Итого Total	
		Га ha	%	га	%	Га ha	%
1	СЛБР / SLBR	149,0	99,4	0,9	0,6	149,9	0,6
2	СБР / SBR	325,2	96,8	10,9	3,2	336,1	1,4
3	ЕСЗЯГ / ESJAG	265,5	96,3	10,2	3,7	275,7	1,1
	СОРЛ / SORL	4,0	14,9	22,9	85,1	26,9	0,1
	СЯГ / CAG	9679,0	83,9	1853,8	16,1	11532,8	46,6
	Итого / Total	9948,5	84,1	1886,9	15,9	11835,4	47,8
4	ЕСТР / AETR	812,5	63,5	467,3	36,5	1279,7	5,2
	ЕТЗМ / ETZM	176,1	68,2	82,1	31,8	258,2	1,0
	ЕТЛП / ETLF	125,5	96,8	4,2	3,2	129,7	0,5
	СРТР / SRTR	727,9	31,7	1566,6	68,3	2294,5	9,3
	СТЛП / STLF	96,0	21,8	343,3	78,2	439,2	1,8
	СЯЛП / SYL	1194,2	46,9	1351,7	53,1	2545,8	10,3
	Итого / Total	3132,1	45,1	3815,1	54,9	6947,1	28,1
5	СЕВТР / SEVTR	411,7	33,3	826,5	66,7	1238,2	5,0
6	ЕКХМШ / EKHMSH	5,8	100,0	0,0	0,0	5,8	0,0
	ЕМШ / EMSH	205,2	66,7	102,6	33,3	307,8	1,2
	Итого / Total	211,0	67,3	102,6	32,7	313,6	1,3
7	БОСФ / BOSF	0,0	0,0	542,3	100,0	542,3	2,2
	ОЛВТР / OLVTR	0,0	0,0	66,5	100,0	66,5	0,3
	СЕОСФ / SEOSF	1764,4	84,3	328,2	15,7	2092,5	8,5
	СКСФ / SKSF	998,6	99,5	5,5	0,5	1004,1	4,1
	ССФХ / SSFX	192,4	89,8	21,8	10,2	214,2	0,9
	Итого / Total	2955,3	75,4	964,2	24,6	3919,6	15,8
Всего / Total		17132,9	69,3	7607,0	30,7	24739,9	100,0

Примечание: ГТЛ – группы типов леса: 1 – нагорная и лишайниковая; 2 – брусничная; 3 – ягодниковая; 4 – липняковая, разнотравная, кисличная; 5 – крупнотравно-приручевая, долгомошная; 6 – мшисто-хвощовая; 7 – сфагновая, травяно-болотная.

Note: GTL – groups of forest types: 1 – upland and lichen; 2 – lingonberry; 3 – berry; 4 – linden, variegated, acidic; 5 – coarse-grass-tame, long-mossy; 6 – mossy-horsetail; 7 – sphagnum, grass-marsh.

насаждений. Проведение рубок спелых и перестойных насаждений (РСПН) возможно на 44,1 % площади.

Правила заготовки древесины (2020) для защитных лесов не учитывают региональные особенности проведения выборочных по форме рубок, за исключением предельной площади лесосек. Поэтому создание комплекса опытных объектов с целью установления оптимальных параметров РСПН в зависимости от лесоводственно-таксационных характеристик насаждений является актуальным.

За основу необходимо принять принадлежность насаждения к хозяйственной группе типов леса (от 1-й до 7-й). Внутри группы типов леса древо-стои целесообразно разделить на чистые – участие преобладающей породы 8 и более единиц, с подразделением на светлохвойное (СвХв), темнохвойное (ТХв) и мягколиственное (М-л) хозяйства, а также смешанные. Распределение спелых и перестойных насаждений по хозяйственным группам типов леса и смешению древостоев приведено в табл. 3.

Учитывая тот факт, что насаждения в условиях мшисто-хвощовой и сфагновой групп типов леса произрастают на устойчиво переувлажненных почвах, характеризуются малой ветроустойчивостью и выполняют водоохранные функции, в защитных лесах в этих условиях РСПН проводить нецелесо-

образно. Сплошные рубки в защитных лесах запрещены, а изреживание древостоев выборочными рубками может привести к ветровалу.

Распределение спелых и перестойных насаждений по группам типов леса, смешению древостоев и группам полнот приведено в табл. 4.

По материалам табл. 4 следует отметить, что на 776 га, где полнота древостоев не превышает 0,5, возможно создание опытных объектов по изучению чересполосных постепенных рубок.

В насаждениях с полнотой 0,6–0,7 в зависимости от принадлежности к конкретной группе типов леса, состава древостоя, наличия подроста предварительной генерации и успешности сопутствующего возобновления возможно создание опытных объектов по изучению 2-приемных равномерно-постепенных и чересполосных постепенных рубок с проведением различных мероприятий по лесовосстановлению.

В насаждениях с полнотой 0,8–1,0 дополнительно появляется возможность изучения лесоводственной эффективности проведения 3-приемных равномерно-постепенных рубок.

Поскольку сосновые насаждения, произрастающие на территории УУОЛ УГЛТУ в подавляющем большинстве являются одновозрастными, добровольно выборочные рубки в них не планируются.

Таблица 2
Table 2

Распределение насаждений УУОЛ по группам возраста и принадлежности к ОЗУЛ
Distribution of PRICK plantings by age groups and belonging to the AZUL

Группа возраста / ОЗУЛ Age group / OZUL	Площадь насаждений по группам возраста, га Plantation area by age group, ha							Итого Total	
	1	2	3	4	5	6	7	га	%
Молодняки и средневозрастные Youth and middle age	52	231	5118	2306	251	31	1069	9058	36,6
Приспевающие Ripening	21	31	1548	651	35	9	154	2448	9,9
Спелые и перестойные Ripe and over-ripe	58	64	4439	3379	550	218	2205	10913	44,1
ОЗУЛ OZUL	19	10	735	629	402	56	491	2343	9,5
Всего Total	150	336	11841	6964	1238	314	3920	24762	100,0

Таблица 3

Table 3

Распределение спелых и перестойных насаждений УУОЛ по группам
типов леса и смешению древостоев

Distribution of mature and overmature UUOL plantations by groups forest
types and mixed stands

Особенность древостоя Peculiarity tree stand	Площадь насаждений по ГТЛ, га Planting area according to GTL, ha							Итого Total	
	1	2	3	4	5	6	7	га	%
Хвойное хозяйство Coniferous farm									
СвХв_чист SvH v_chistom	53	63	3132	486	4	–	927	4666	42,8
Смеш_СвХв-М-л Mixed_SvH v-M-l	5	–	415	575	9	–	298	1302	11,9
Смеш_СвХв-ТХв Mixed_SvH v-THv	–	–	6	26	32	2	34	100	0,9
Смеш_ТХв-М-л SMESH_THV-M-l	–	–	11	215	95	126	320	767	7,0
Смеш_Хв-М-л SMESH_HV-M-l	–	–	–	21	2	4	25	51	0,5
ТХв_чист THV_CHIST	–	–	1	5	50	24	56	135	1,2
Мяголиственное хозяйство Softwood farming									
М-л_чист M-l_chist	–	–	646	1628	263	35	454	3025	27,7
Смеш_М-л-СвХв SMESH_M-l-SvH in	–	1	220	288	14		50	574	5,3
Смеш_М-л-ТХв SMESH_M-l-THv	–	–	–	8	30	15	7	60	0,6
Смеш_М-л-Хв SMESH_M-l-Hv	–	–	7	127	51	13	34	232	2,1
Всего Total	58	64	4439	3379	550	218	2205	10913	100,0

Таблица 4
Table 4

Распределение спелых и перестойных насаждений УУОЛ по полнотам
Distribution of ripe and over-ripe UUOL plantings by completeness

Особенность древостоя Feature of the stand	Площадь насаждений по ГТЛ, га The area of plantings by GTL, ha					Итого Total	
	1	2	3	4	5	га	%
Полнота 0,3–0,5 / Completeness 0,3–0,5 Хвойное хозяйство / Coniferous farming							
СвХв_чист SvH v_chistom	18	20	280	65	–	383	4,5
Смеш_СвХв-М-л Mixed_SvH v-M-l	–	–	56	89	3	147	1,7
Смеш_СвХв-ТХв Mixed_SvH v-THv	–	–	–	3	–	3	0,0
Смеш_ТХв-М-л SMESH_THV-M-l	–	–	–	33	29	61	0,7
ТХв_чист THV_CHIST	–	–	–	–	10	10	0,1
Мягколиственное хозяйство / Soft – leaved farming							
М-л_чист M-l_chist	–	–	20	96	27	143	1,7
Смеш_М-л-СвХв SMESH_M-l-SvH	–	–	3	14	–	17	0,2
Смеш_М-л-ТХв SMESH_M-l-THv	–	–	–	–	3	3	0,0
Смеш_М-л-Хв SMESH_M-l-Hv	–	–	–	6	2	8	0,1
Итого Total	18	20	359	305	74	776	9,1
Полнота 0,6–0,7 / Completeness 0,6–0,7 Хвойное хозяйство / Coniferous farming							
СвХв_чист SvH v_chistom	30	38	2127	359	4	2558	30,1
Смеш_СвХв-М-л Mixed_SvH v-M-l	5	–	297	404	6	712	8,4
Смеш_СвХв-ТХв Mixed_SvH v-THv	–	–	6	23	23	52	0,6
Смеш_ТХв-М-л SMESH_THV-M-l	–	–	9	156	51	216	2,5
Смеш_Хв-М-л SMESH_HV-M-l	–	–	–	21	2	23	0,3
ТХв_чист THV_CHIST	–	–	–	5	23	28	0,3

Окончание табл. 4
The end of table 4

Особенность древостоя Feature of the stand	Площадь насаждений по ГТЛ, га The area of plantings by GTL, ha					Итого Total	
	1	2	3	4	5	га	%
Мягколиственное хозяйство / Soft – leaved farming							
М-л_чист M-l_chist	–	–	151	608	118	876	10,3
Смеш_М-л-СвХв SMESH_M-l-SvH in	–	1	72	145	14	233	2,7
Смеш_М-л-ТХв SMESH_M-l-THv	–	–	–	4	9	13	0,2
Смеш_М-л-Хв SMESH_M-l-Hv	–	–	5	75	18	98	1,1
Итого Total	35	38	2667	1799	268	4808	56,6
Полнота 0,8–1,0 / Completeness 0,8–1,0 Хвойное хозяйство / Coniferous farming							
СвХв_чист SvH v_chistom	6	5	725	62	–	798	9,4
Смеш_СвХв-М-л Mixed_SvH v-M-l	–	–	63	82	–	145	1,7
Смеш_СвХв-ТХв Mixed_SvH v-THv	–	–	–	–	9	9	0,1
Смеш_ТХв-М-л SMESH_THV-M-l	–	–	2	27	15	44	0,5
Смеш_Хв-М-л SMESH_HV-M-l	–	–	–	–	–	0	0,0
ТХв_чист THV_CHIST	–	–	1	–	16	17	0,2
Мягколиственное хозяйство / Soft – leaved							
М-л_чист M-l_chist	–	–	475	924	118	1516	17,9
Смеш_М-л-СвХв SMESH_M-l-SvH in	–	–	145	129	–	274	3,2
Смеш_М-л-ТХв SMESH_M-l-THv	–	–	–	4	18	22	0,3
Смеш_М-л-Хв SMESH_M-l-Hv	–	–	2	46	31	80	0,9
Итого Total	6	5	1413	1275	208	2906	34,2
Всего Total	58	64	4439	3379	550	8489	100,0

Выводы

1. На территории УУОЛ УГЛТУ произрастают насаждения всех 7 групп типов леса.
2. Доля площади ОЗУЛ составляет 9,5 га, а следовательно, на 2343 га всякие рубки, кроме санитарных, запрещены.
3. Опытные рубки ухода могут проводиться на 9058 га, или на 36,6 % покрытой лесной растительностью площади.

4. Объектом изучения лесоводственной эффективности рубок спелых и перестойных насаждений являются 10 913 га (44,1 % покрытой лесной растительностью площади лесхоза).

5. Поскольку сплошнолесосечные рубки в защитных лесах запрещены, а выборочные рубки в насаждениях сырых и мокрых типов леса могут привести к ветровалу, здесь проектируются только санитарные рубки.

Список источников

- Влияние типа леса и полноты древостоев на обеспеченность подростом спелых и перестойных сосняков подзоны северной тайги / *Е. С. Залесова, Л. А. Белов, С. В. Залесов, Ф. Т. Тимербулатов, А. И. Чермных* // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 11 (89). Ч. 2. С. 37–41. DOI: 10.23670/IRJ. 2019. 89.11.040.
- 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.* Лесоводство. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 295 с.
- Залесов С. В., Газизов Р. А., Хайретдинов А. Ф.* Состояние и перспективы ландшафтных рубок в рекреационных лесах // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (58). С. 45–47.
- Залесов С. В., Луганский Н. А.* Повышение продуктивности сосновых лесов Урала. Екатеринбург : УГЛТУ, 2002. 331 с.
- Залесов С. В., Луганский Н. А.* Проходные рубки в сосняках Урала. Свердловск : Изд-во Урал. гос. ун-та, 1989. 128 с.
- Казанцев С. Г., Залесов С. В., Залесов А. С.* Оптимизация лесопользования в производных березняках Среднего Урала. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. 156 с.
- Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П.* Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1973. 177 с.
- Ландшафтные рубки / *Н. А. Луганский, Л. И. Аткина, Е. С. Гневнов, С. В. Залесов, В. Н. Луганский* // Лесное хозяйство. 2007. № 6. С. 20–22.
- Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (Ред. от 13.06.2023). URL: <https://base.garant.ru/> (дата обращения: 14.06.2023).
- Луганский Н. А., Залесов С. В., Щавровский В. А.* Повышение продуктивности лесов. Екатеринбург : УЛТИ, 1995. 297 с.
- Общоевропейские подходы к классификации местообитаний, растительности и типов леса / *В. В. Фомин, Н. С. Иванова, С. В. Залесов, А. П. Михайлович* // Известия вузов. Лесной журнал. 2022. № 4. С. 9–24. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-9-24.
- Правила заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, указанных в ст. 23 Лесного кодекса Российской Федерации : утв. приказом Минприроды России от 1.12.2020 г. № 993. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573123735> (дата обращения: 16.03.2023).
- Рекомендации по очистке мест рубок на территории Свердловской области / *С. В. Залесов, Н. П. Бунькова, Е. С. Залесова, А. С. Оплетев, О. Н. Сандаков*. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 23 с.
- Роль рубок ухода в повышении пожароустойчивости сосняков Казахского мелкосопочника / *С. В. Залесов, А. В. Данчева, Б. М. Муканов, А. В. Эбель, Е. И. Эбель* // Аграрный вестник Урала. 2013. № 6 (112). С. 64–67.

- Сортиментная заготовка древесины / В. А. Азаренок, Э. Ф. Герц, С. В. Залесов, А. В. Мехренцев. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 140 с.
- Состав древостоев в насаждениях различных групп типов леса Средне-Уральского таежного лесного района / Г. А. Годовалов, С. В. Залесов, К. В. Маршев, И. М. Секерин // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 6 (120). Ч. 5. С. 48–52. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.120.6.101>.
- Фомин В. В., Михайлович А. П., Залесов С. В. Российский, общеевропейский и североамериканский подходы к классификации типов леса // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 2 (77). С. 4–15.
- Чермных А. И., Оплетев А. С., Залесов С. В. Анализ таксационной базы данных с помощью SQZ-запросов в программе MAP INFO // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. Ч. 1. С. 130–131.
- Development of ideas within the framework of the genetic approach to the classification of forest types / V. Fomin, A. Mikhailovich, S. Zalesov, A. Popov, G. Terekhov // Baltic Forestry, 2021, 27 (1): article id 466. <https://doi.org/10.46490/BF466>

References

- Chermnykh A. I., Opletaev A. S., Zalesov S. V. Analysis of the taxation database using SQZ queries in the MAP INFO program // Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia. Yekaterinburg: Ural. gos. lesotechn. un-t, 2013. Part 1. P. 130–131. (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V. The influence of care felling on biological and fire resistance of pine stands // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. № 3 (145). P. 56–61. (In Russ.)
- Development of ideas within the framework of the genetic approach to the classification of forest types / V. Fomin, A. Mikhailovich, S. Zalesov, A. Popov, G. Terekhov // Baltic Forestry, 2021, 27 (1): article id 466. <https://doi.org/10.46490/BF466>
- Fomin V. V., Mikhailovich A. P., Zalesov S. V. Russian, pan-European and North American approaches to classification of forest types // Forests of Russia and their economy. 2021. № 2 (77). P. 4–15. (In Russ.)
- Forest Code of the Russian Federation 04.12.2006. № 200 FZ (edit 13.06.2023). URL: <https://base.garant.ru/> (accessed: 14.06.2023).
- Kazantsev S. G., Zalesov S. V., Zalesov A. S. Optimization of forest management in derived birch forests of the Middle Urals. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2006. 156 p.
- Kolesnikov B. P., Zubareva R. S., Smolonogov E. P. Forest growing conditions and types of forests of the Sverdlovsk region. Sverdlovsk : UNC of the USSR Academy of Sciences, 1973. 177 p.
- Landscape logging / N. A. Lugansky, L. I. Atkina, E. S. Gnevnov, S. V. Zalesov, V. N. Lugansky // Forestry. 2007. № 6. P. 20–22. (In Russ.)
- Lugansky N. A., Zalesov S. V., Shchavrovsky V. A. Increasing forest productivity. Yekaterinburg : ULTI, 1995. 297 p.
- Pan-European approaches to the classification of habitats, vegetation and forest types / V. V. Fomin, N. S. Ivanova, S. V. Zalesov, A. P. Mikhailovich // Izvestiya vuzov. Forest Journal. 2022. № 4. P. 9–24. DOI: [10.237482/0536-1036-2022-4-9-24](https://doi.org/10.237482/0536-1036-2022-4-9-24). (In Russ.)
- Recommendations for clearing logging sites on the territory of the Sverdlovsk region / S. V. Zalesov, N. P. Bunkova, E. S. Zalesova, A. S. Opletaev, O. N. Sandakov. Yekaterinburg : Ural. gos. lesotechn. un-t, 2017. 23 p.
- Rules of timber harvesting and features of timber harvesting in forestry specified in Article 23 of the Forest Code of the Russian Federation: Approved. By Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation № 993 dated 1.12.20. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573123735> (accessed: 16.03.2023).

- Sorting wood harvesting / *V. A. Azarenok, E. F. Hertz, S. V. Zalesov, A. V. Mehrentsev*. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2015. 140 p.
- The composition of stands in plantings of various groups of forest types of the Sredneuralsky taiga forest region / *G. A. Godovalov, S. V. Zalesov, K. V. Marshev, I. M. Sekerin* // International Scientific Research Journal. 2022. № 6 (120). Part 5. P. 48–52. DOI: 10.23670/IRJ. 2022. 120.6.101. (In Russ.)
- The influence of the type of forest and the completeness of stands on the availability of mature and overgrown pine forests of the Northern taiga subzone / *E. S. Zalesova, L. A. Belov, S. V. Zalesov, F. T. Timerbulatov, A. I. Chermnykh* // International Scientific Research Journal, 2019. № 11 (89). Part 2. P. 37–41. DOI: 10.23670/IRJ. 2019. 89.11.040. (In Russ.)
- The role of care felling in increasing the fire resistance of Kazakh pine forests / *S. V. Zalesov, A. V. Dacheva, B. M. Mukanov, A. V. Ebel, E. I. Ebel* // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 6 (112). P. 64–67. (In Russ.)
- Zalesov S. V.* Forestry. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2020. 295 p. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Gazizov R. A., Khayretdinov A. F.* The state and prospects of landscape logging in recreational forests // Izvestiya Orenburg State Agrarian University, 2016. № 2 (58). P. 45–47. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Lugansky N. A.* Increasing the productivity of pine forests of the Urals. Yekaterinburg : UGLTU, 2002. 331 p.
- Zalesov S. V., Lugansky N. A.* Logging in the pine forests of the Urals. Sverdlovsk : Publishing House of the Ural State University, 1989. 128 p.

Информация об авторах

Г. А. Годовалов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
С. В. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
П. Н. Сураев – аспирант кафедры лесоводства;
И. А. Мишкина – аспирант кафедры лесоводства.

Information about the authors

G. A. Godovalov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
P. N. Suraev – post-graduate student of the Department of Forestry;
I. A. Mishkina – post-graduate student of the Department of Forestry.

Статья поступила в редакцию 11.04.2023; принята к публикации 10.05.2023.

The article was submitted 11.04.2023; accepted for publication 10.05.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 106–115.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 106–115.

Научная статья

УДК676. 024. 61

DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.011

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ В ГАРНИТУРЕ РОТОРА МЕЛЬНИЦЫ

Сергей Николаевич Вихарев

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

cbp200558@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7945-8027>

Аннотация. В статье приведены результаты исследования потоков волокнистой массы в гарнiture мельниц при помощи моделирования в программной среде Ansys Fluent. Гидродинамика потоков волокнистой массы в мельнице описывается уравнениями Навье – Стокса. Разработаны модели потоков в гарнiture ротора. Исследования потоков проведены при следующих переменных факторах: частоты вращения ротора, расхода волокнистой массы, углов наклона ножей и разницы давления между входом и выходом межножевой канавки. При увеличении частоты вращения с 600 до 1000 мин⁻¹ расход в канавках ротора увеличивается в 2,3–5,4 раза. При увеличении разницы давления между выходом и входом канавки с 60 до 135 кПа расход в канавках ротора уменьшается в 1,4–1,5 раза. Поток в межножевых канавках ротора направлен от центра к периферии гарнитуры. Среднее значение скорости потока в межножевой канавке ротора по длине канавки при увеличении частоты вращения ротора с 600 до 1000 мин⁻¹ возрастает в 2,4–2,6 раза. При угле наклона 20° по направлению вращения ротора скорость потоков увеличивается в 1,2 раза. При угле наклона 20° против направления вращения ротора скорость потоков уменьшается в 1,1 раза.

Ключевые слова: мельница, канавка, поток, гарнiture, гидродинамика, размол

Для цитирования: Вихарев С. Н. Исследование потоков волокнистой массы в гарнiture ротора мельницы // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 106–115. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.011.

Scientific article

RESEARCH OF STREAMS OF FIBROUS WEIGHT IN PLATE OF ROTOR REFINER

Sergey N. Vikharev

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia
cbp200558@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7945-8027>

Abstract. In researches of streams of fibrous weight in plate of refiners are lead by means of modeling in program Ansys Fluent environment. The hydrodynamics of streams of fibrous weight in refiner is described by equations Navier-Stokes. Models of streams in plate of rotor are developed. Researches of streams it is lead at the following variable factors: frequencies of rotation of rotor, the charge of fibrous pulp, corners of an inclination of knives and differences of pressure between an input and an output bar flutes. At increase in frequency of rotation with 600 up to 1000 min⁻¹ the charge in flutes of rotor increases in 2,3–5,4 times. At increase in a difference of pressure between an output and an input of flute with 60 up to 135 kPa the charge in flutes of rotor decreases in 1,4–1,5 times. The stream in bar flutes of rotor is directed from the center to periphery plates. Average value of speed of stream in bar to flute of rotor on length of flute at increase in frequency of rotation of rotor with 600 up to 1000 min⁻¹ grows in 2,4–2,6 times. At a corner of an inclination of 20 degrees on direction of rotation of rotor speed of streams increases in 1.2 times. At corner of an inclination of 20 degrees against a direction of rotation of rotor speed of streams decreases in 1,1 times.

Keywords: refiner, flute, stream, plate, hydrodynamics, refining

For citation: Vikharev S. N. Research of streams of fibrous weight in plate of rotor refiner // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 106–115. DOI: 10.51318/FRET.2023.3.86.011.

Введение

Мельницы – основное технологическое оборудование для размала волокнистых материалов в целлюлозно-бумажной промышленности. При размале волокнистых материалов в мельницах закладываются основные свойства выпускаемой продукции. Мельницы – самые энергоемкие машины в производстве бумаги и картона (Бышев и др., 1991; Гончаров, 1990). Для изучения процесса размала в этих машинах необходимо исследовать динамику потоков волокнистой массы в ножевой гарнитуре. Современные представления о размале волокнистых полуфабрикатов предлагают разбить этот процесс на три основные стадии.

1. Подача волокнистого материала в зону размала.
2. Силовое и гидродинамическое воздействие на волокнистый материал между ножами ротора и статора.
3. Удаление материала из мельницы.

Ранее исследование гидродинамики потоков волокнистой массы в гарнитуре мельниц производилось в работах Ю. Д. Алашкевича, В. Н. Гончарова и их учеников (Алашкевич, 1986; Алашкевич и др., 2010; Гончаров, 1990; Иванов, 2006; Шуркина, 2016, Легоцкий, 1990), а также за рубежом (Berg, Karlstrom, 2005; Eriksen, 2003; Huhtanen, 2004; Lumiainen, 2000; Miles, 1980). В статье приведены результаты исследования динамики этих потоков с использованием моделирования в программной среде Ansys Fluent.

Объекты

и методы исследования

При исследовании динамики потоков приняты следующие допущения: ножи и межножевые канавки заменяются объектами в виде прямоугольных блоков; повышение температуры и парообразование при размале не учитываются; волокнистая масса подчиняется основным законам гидродинамики

и моделируется как ньютоновская несжимаемая жидкость с постоянной вязкостью.

Гидродинамику потоков волокнистой массы в мельнице можно описать уравнениями Навье – Стокса (Кочин, 1963):

$$\frac{\partial v_i}{\partial y_i} = 0, \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial v_i}{\partial t} + \rho v_j \frac{\partial v_i}{\partial y_j} = -\frac{\partial p}{\partial y_i} + \mu \frac{\partial^2 v_i}{\partial y_j \partial y_j}, \quad (2)$$

где ρ , μ – плотность и динамическая вязкость волокнистой массы; p – давление; v_i – скорость i -й точки волокнистой массы.

Для решения таких задач целесообразно использовать метод конечных объемов, реализованный компьютерной программой Ansys Fluent.

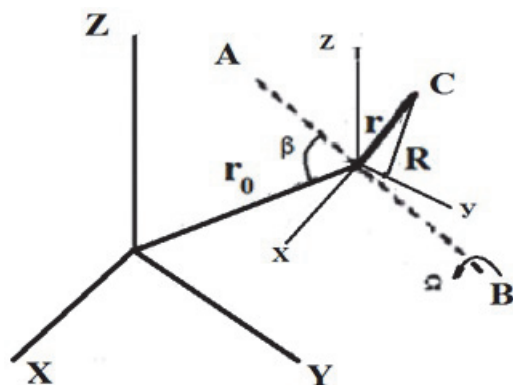


Рис. 1. Стационарная (XYZ) и подвижная (xyz) системы координат

Fig. 1. Stationary (XYZ) and mobile (xyz) systems of coordinates

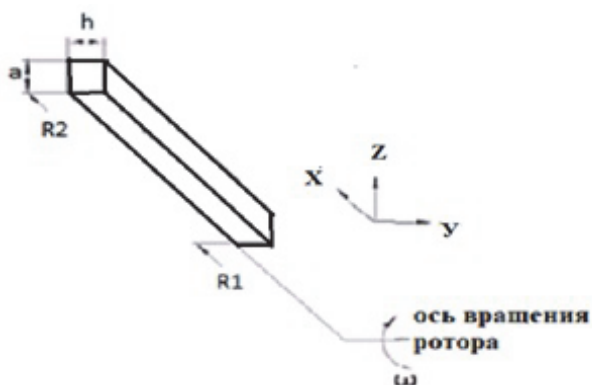


Рис. 2. Модель межножевой канавки гарнитуры ротора

Fig. 2. Model bar flutes plate rotor

Числовой алгоритм этой программы состоит из следующих шагов: поток жидкости разбивается на конечное число объемов; применяются законы физики к конечному числу объемов и преобразовываются интегральные уравнения, описывающие поведение этих объемов, в алгебраические выражения; решаются полученные алгебраические уравнения. Поле потока волокнистой массы в мельнице можно записать как (Ландау, Лифшиц, 1988)

$$V_i = \bar{V}_i + v'_i, \quad (3)$$

$$P_i = \bar{P}_i + P'_i. \quad (4)$$

Подставляя выражения (3) и (4) в уравнения Навье – Стокса, получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v'_i}{\partial t} + \frac{\partial \bar{V}_i}{\partial t} + \frac{v'_j \partial \bar{V}_i}{\partial y_j} + \bar{V}_j \frac{\partial v'_i}{\partial y_j} + \bar{V}_j \frac{\partial \bar{V}_i}{\partial y_j} + v'_j \frac{\partial v'_i}{\partial y_j} = \\ = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P'}{\partial y_i} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial y_i} + g \nabla^2 v'_i + g \nabla^2 \bar{V}_i. \end{aligned} \quad (5)$$

Для исследования уравнения (5) применительно к потокам в межножевых канавках гарнитуры мельниц необходимо провести моделирование потоков. Введем неподвижную XYZ и подвижную хуz системы координат так, чтобы ось Y совпала с осью вращения ротора мельницы (рис. 1). Ось AB совпадает с осью межножевой канавки гарнитуры, которая находится под углом β к радиусу вращения r_0 . В канавке с угловой скоростью Ω вращается частица волокнистой массы C. Относительная скорость частицы массы в межножевой канавке ротора

$$V_r = v - \Omega r, \quad (6)$$

где v – абсолютная скорость частички массы, Ωr – скорость вращения частички относительно подвижной системы координат.

Используя преобразование (6), можно записать уравнение Навье – Стокса для относительной скорости следующим образом:

$$\frac{\partial V_r}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + g + v \nabla^2 V_r - (2\Omega V_r) - (\Omega^2 r), \quad (7)$$

где $2\Omega V_r$, $\Omega^2 r$ – соответственно Кориолисово и центробежное ускорение, g – ускорение свободного падения.

Для абсолютной скорости можно записать:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \nabla v = -\frac{1}{\rho} \nabla p + g + v \nabla^2 v - (\Omega v). \quad (8)$$

Рассмотрим модель межножевой канавки гарнитуры ротора (рис. 2).

При рассмотрении модели канавки вводим допущения: канавка имеет прямоугольное сечение ($a \times h$) по всей длине потока от R_1 до R_2 ; канавка вращается с постоянной угловой скоростью ω .

Исходные данные для расчета в программной среде Ansys Fluent представлены ниже.

Модель волокнистой массы Model of fibrous mass	Ньютоновская несжимаемая жидкость Newtonian incompressible fluid
Плотность волокнистой массы, кг/м ³ Density of fibrous mass, kg/m ³	990–1000
Вязкость волокнистой массы, Па·с Viscosity of the fibrous mass, Pa·s	0,001–0,1
Модель турбулентности Turbulence model	k – ε турбулентная модель
Частота вращения ротора мельницы, об/мин Speed of rotation of the mill rotor, turn./min.	600, 750, 1000
Наружный и внутренний радиусы ножевого пояса гарнитуры, мм Outer and inner radii of the headset knife belt, mm	200, 350
Размеры межножевой канавки ($a \times h \times l$), мм Dimensions of the foot groove ($a \times h \times l$), mm	$3 \times 4 \times 150$
Угол наклона оси межножевой канавки к радиусу гарнитуры, град The angle of inclination of the axis of the foot groove to the radius of the headset, deg.	20, 0, –20
Сетка модели Model Grid	Шестигранные элементы. В сечении канавки 284031 элемент Hexagonal elements. In the section of the groove 284031 element
Движение в модели Movement in the model	Канавка ротора вращается, плоскость статора неподвижна The rotor groove rotates, the stator plane is stationary

Результаты исследования и их обсуждение

Давление волокнистой массы на выходе из межножевой канавки за счет действия центробежных сил $p_{\text{ц}}$ без учета сил сопротивления определено по методике, предложенной В. Н. Гончаровым (1990). Результаты расчета представлены ниже.

Частота вращения ротора мельницы, мин ^{–1} Mill rotor speed, min ^{–1}	Давление $p_{\text{ц}}$, кПа Pressure $p_{\text{ц}}$, kPa
600	124
750	188
1000	310

При вращении канавки ротора линейная скорость непрерывно возрастает в радиальном на-

правлении: $v_i = R_i \omega$, R_i – радиус в i -й точке канавки, ω – угловая частота вращения ротора. Модель межножевой канавки ротора представлена на рис. 3.

Расход через межножевую канавку ротора при различных величинах разницы давления между выходом и входом канавки представлен на рис. 4. Среднее значение скорости потока через межножевую канавку ротора в направлении x при различном давлении между выходом и входом канавки представлено в табл. 1. Скорость потоков в межножевой канавке ротора при частоте вращения 750 мин^{–1} и разнице давления между выходом и входом канавки 60 кПа в сечениях канавки в направлении x представлена на рис. 5.

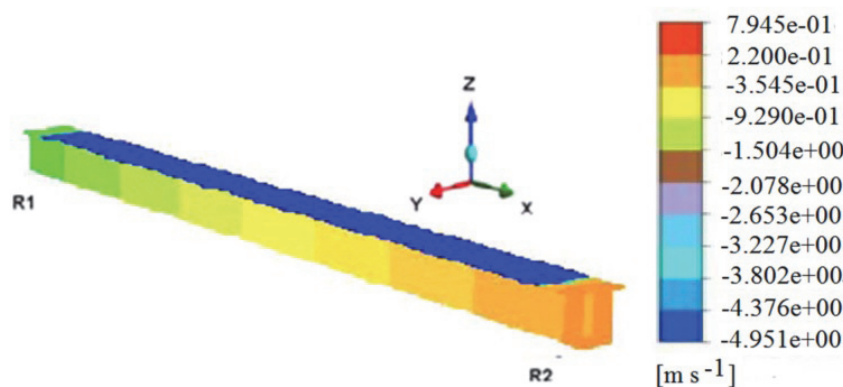


Рис. 3. Модель канавки ротора (показано распределение скоростей по длине канавки)
Fig. 3. Model of a flute of rotor (distribution of speeds on length of a flute is shown)

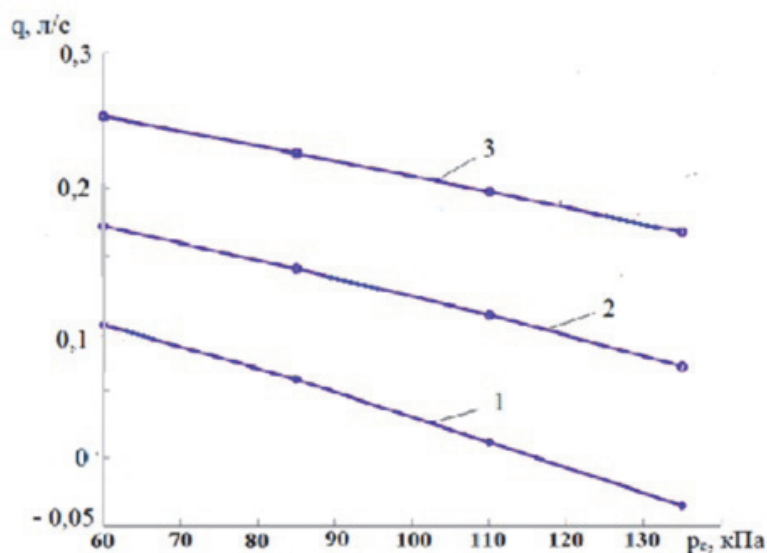


Рис. 4. Расход через межножевую канавку ротора при различном давлении между выходом и входом канавки: 1 – частота вращения ротора 600 мин⁻¹; 2 – 750 мин⁻¹; 3 – 1 000 мин⁻¹
Fig. 4. The charge through bar flute of rotor at various pressure between an output and an input flute:
1 – frequency of rotation of a rotor of 600 min⁻¹; 2 – 750 min⁻¹; 3 – 1 000 min⁻¹

Таблица 1

Table 1

Среднее значение скорости потока в межножевой канавке ротора, м/с
в направлении x при различном давлении между выходом и входом канавки
Average value of speed of stream in bar to flute of rotor, km/s in direction x
at various pressure between an output and an input of flute

Частота вращения ротора, мин ⁻¹ Rotor speed, min ⁻¹	Разность давления Δp_e , кПа Pressure difference Δp_e , kPa			
	60	80	100	135
600	2,95	1,87	0,35	-1,22
750	5,04	4,03	3,12	1,85
1000	7,18	6,30	5,55	4,36

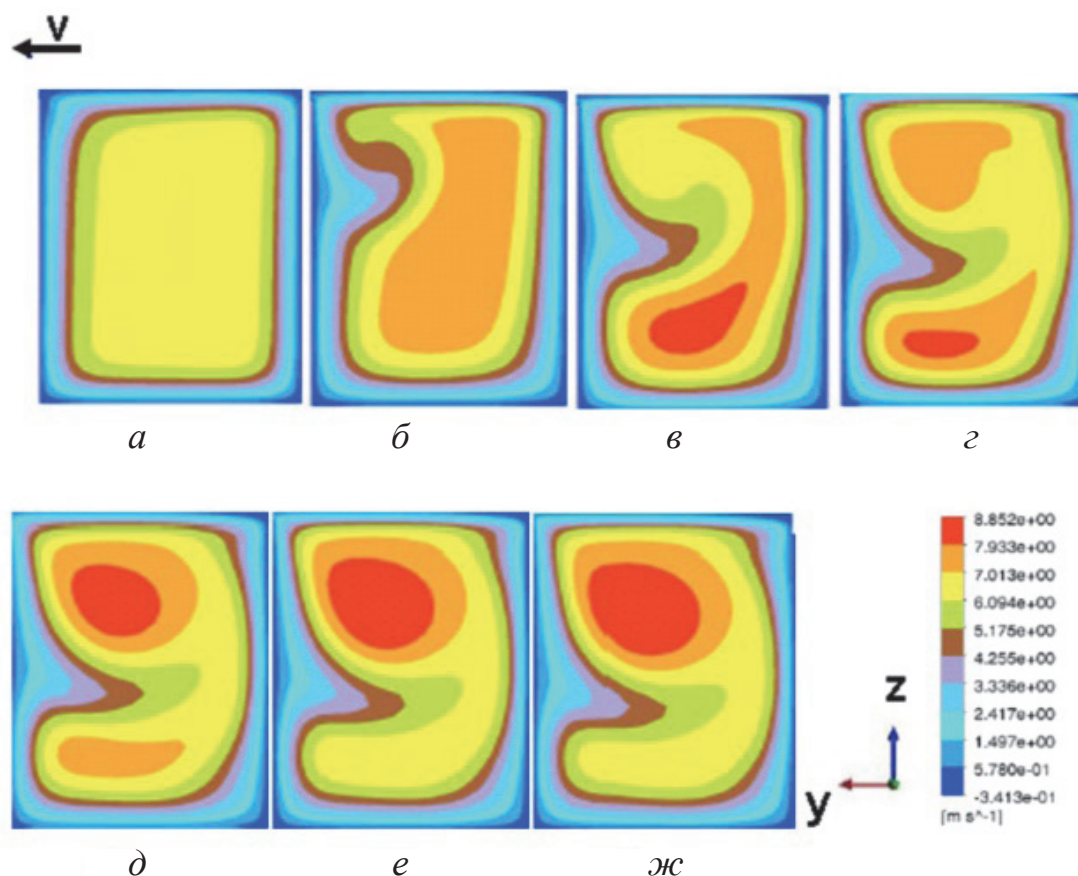


Рис. 5. Скорость потоков в межножевой канавке ротора при частоте вращения 750 мин^{-1} и разнице давления между выходом и входом канавки 60 кПа в сечениях канавки в направлении x , мм:
 $a - 5$; $б - 25$; $в - 45$; $г - 65$; $д - 85$; $е - 105$; $жс - 135$

Fig. 5. Speed of streams in barto flute of rotor at frequency of rotation of 750 min^{-1} and difference of pressure between an output and an input of flute 60 kPa in sections of flute in direction x , mm:
 $a - 5$; $б - 25$; $в - 45$; $г - 65$; $д - 85$; $е - 105$; $жс - 135$

Характер этой скорости существенно изменяется в сечениях канавки. В начале канавки этот поток практически однороден (рис. 5, a), затем появляется область с повышенной скоростью внизу канавки (рис. 5, $в-г$). Эта область по мере движения потока смещается вниз к основанию гарнитуры (рис. 5, $е$). Затем образуется очаг с высокой скоростью потока вверху канавки (рис. 5, $д$). По мере дальнейшего движения потока очаг повышенной скорости в низу канавки перемещается вверх (рис. 5, $д-жс$), и увеличивается интенсивность потока в верху канавки. Средняя скорость потока в межножевой канавке ротора в направлении x при различных углах наклона оси канавки к радиусу при давлении $\Delta p_c = 80 \text{ кПа}$ представлено в табл. 2.

Скорость в межножевой канавке ротора в направлении x в среднем сечении канавки при частоте вращения 1000 мин^{-1} и различном давлении между выходом и входом канавки представлена на рис. 6.

Скорость в межножевой канавке ротора при частоте вращения 750 мин^{-1} и разнице давления между выходом и входом канавки 60 кПа в сечениях канавки в направлении z представлена на рис. 7.

Эта скорость в межножевой канавке ротора существенно отличается в различных сечениях канавки. С начала канавки эта скорость практически однородна (рис. 7, a). Затем появляется у выходной кромки задней грани ножа область с отрицательной скоростью потока, т.е. поток направлен вниз относительно оси z .

Также появляется область с положительной скоростью потока, т.е. поток направлен по оси z . Интенсивность этих потоков увеличивается по ходу межножевой канавки (рис. 7, б–ж).

Средняя скорость потока по длине межножевой канавки ротора в направлении x в зависимости от частоты вращения ротора представлена на рис. 8.

Средняя скорость потока по длине межножевой канавки повышается с ростом частоты вращения ротора. При входе в межножевую канавку средняя скорость резко возрастает, достигает максимума на длине канавки 5–10 мм. Затем монотонно повышается примерно в 1,2–1,5 раза по ходу канавки (рис. 8).

Таблица 2

Table 2

Средняя скорость потока в межножевой канавке ротора, м/с в направлении x при различных углах наклона оси канавки к радиусу
Average speed of stream in barto flute of rotor, m/s in a direction x at various corners of an inclination of an axis of flute to radius

Частота вращения ротора, мин ⁻¹ Rotor speed, min ⁻¹	Угол β^* , град Angle β^* , degree		
	20	0	–20
600	2,24	1,87	1,58
750	4,87	4,03	3,18
1000	7,58	6,30	5,53

* Угол β положительный, когда направления вращения и угла совпадают, и угол β отрицательный, когда направления не совпадают.

* The angle β is positive when the direction of rotation and the angle coincide and the angle β is negative when the directions do not coincide.

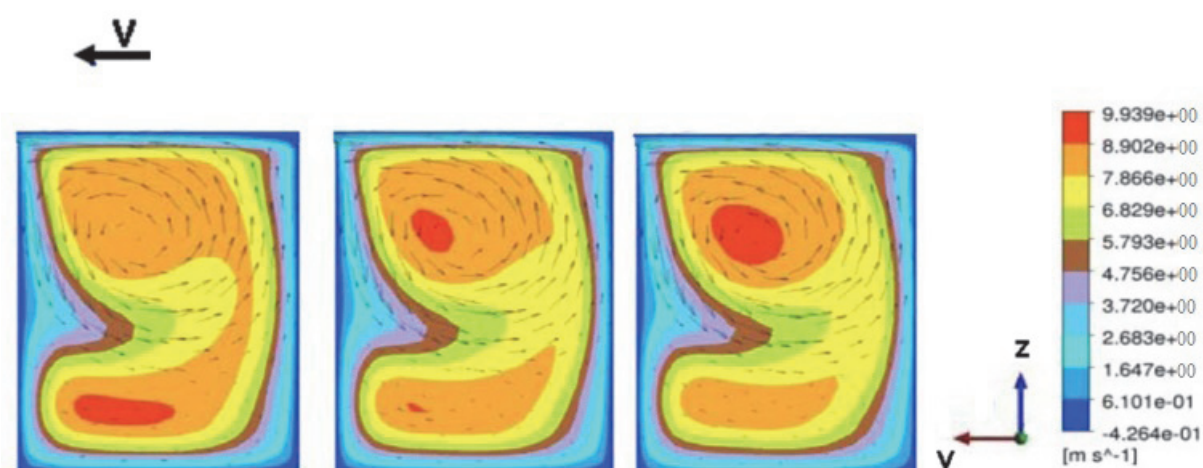


Рис. 6. Скорость потоков в межножевой канавке ротора в направлении x в среднем сечении канавки (75 мм) при частоте вращения 1 000 мин⁻¹ и разнице давления между выходом и входом канавки, кПа:

$a - 60; b - 80; c - 100$

Fig. 6. Speed of streams in межножевойto flute of rotor in a direction x on the average section of flute (75 mm) at frequency of rotation of 1000 min⁻¹ and a difference of pressure between an output and an inputof flute, kPa:

$a - 60; b - 80; c - 100$

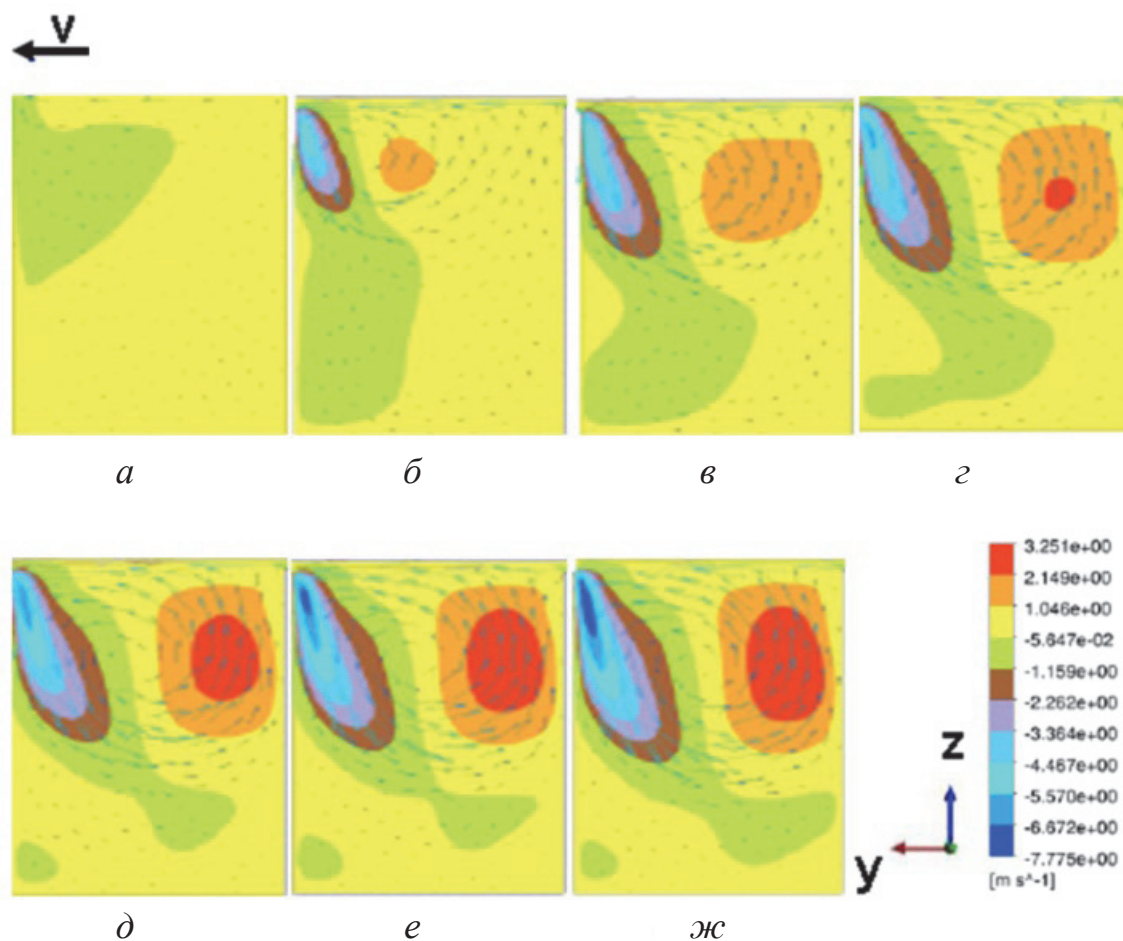


Рис. 7. Скорость потоков в межжевой канавке ротора при частоте вращения 750 мин^{-1} и разнице давления между выходом и входом канавки 60 кПа в сечениях канавки в направлении z , мм:
 $a - 5$; $б - 25$; $в - 45$; $г - 65$; $д - 85$; $е - 105$; $ж - 135$

Fig. 7. Speed of streams in bar to flute of rotor at frequency of rotation of 750 мин^{-1} and difference of pressure between an output and an input of flute 60 kPa in sections of flute in direction z , mm:
 $a - 5$; $б - 25$; $в - 45$; $г - 65$; $д - 85$; $е - 105$; $ж - 135$

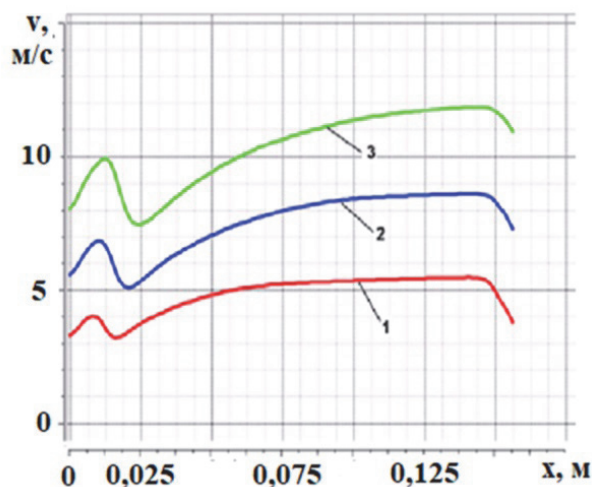


Рис. 8. Средняя скорость потока по длине межжевой канавки ротора в направлении x в зависимости от частоты вращения ротора, мин^{-1} : 1 – 600; 2 – 750; 3 – 1 000

Fig. 8. Average speed of stream on length bar flutes of rotor in a direction x depending on frequency of rotation, мин^{-1} : 1 – 600; 2 – 750; 3 – 1 000

Выводы

1. Расход в межножевых канавках ротора зависит от частоты вращения ротора. При увеличении частоты вращения с 600 до 1000 мин⁻¹ расход увеличивается в 2,3–5,4 раза. При увеличении разницы давления между выходом и входом канавки с 60 до 135 кПа расход в канавках ротора уменьшается в 1,4–1,5 раза. Поток в межножевой канавке ротора направлен от центра к периферии гарнитуры.

2. Среднее значение скорости потока в межножевой канавке ротора по длине канавки при увеличении частоты вращения ротора с 600 до 1000 мин⁻¹ возрастает в 2,4–2,6 раза (большее значение соответствует большей разности давления между входом и выходом канавки). Средняя скорость потока

ротора изменяется при изменении угла наклона канавки к радиусу гарнитуры. При угле наклона 20° по направлению вращения ротора скорость потоков увеличивается в 1,2 раза (режим прокачивания). При угле наклона 20° против направления вращения ротора скорость потоков уменьшается в 1,1 раза (режим удержания). При входе в межножевую канавку средняя скорость резко возрастает, достигает максимума на длине канавки 5–10 мм. Затем монотонно повышается примерно в 1,2–1,5 раза по ходу канавки.

3. При увеличении разницы давления между выходом и входом межножевой канавки ротора до 80–100 кПа наибольшая скорость потока смещается в верх канавки.

Список источников

- Алашкевич Ю. Д., Ковалев В. И., Набиева А. А. Влияние рисунка гарнитуры на процесс размола волокнистых полуфабрикатов : моногр. : в 2 ч. Красноярск : СибГТУ, 2010. Ч. 1. 168 с.
- Алашкевич Ю. Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размольных машинах : дис. ... д-ра техн. наук / Алашкевич Юрий Давыдович. Красноярск, 1987.
- Бышев А. В., Савицкий Е. Е. Механическое диспергирование волокнистых материалов. Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1991. 216 с.
- Гончаров В. Н. Теоретические основы размола волокнистых материалов в ножевых машинах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Гончаров Владимир Николаевич. Л., 1990. 31 с.
- Иванов С. Н. Технология бумаги. М. : Лесн. пром-сть, 2006. 696 с.
- Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидродинамика. М. : Физматгиз, 1963. 458 с.
- Легоцкий С. С., Гончаров В. И. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. М. : Лесн. пром-сть, 1990. 224 с.
- Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. М. : Наука, 1988. 354 с.
- Шуркина В. И. Совершенствование ножевого размола волокнистых растительных полимеров в целлюлозно-бумажном производстве : дис. ... канд. техн. наук / Шуркина Валентина Ивановна. Красноярск, 2016. 145 с.
- Berg D., Karlstrom A. Dynamic pressure measurements in full-scale thermomechanical pulp refiners, Proceedings of 2005 International Mechanical Pulping Conference, P. 42–49, Oslo, Norway.
- Eriksen O. High-frequency pressure measurements in the refining zone of a high consistency refiner, Doctoral thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2003.
- Huhtanen J-P. Modeling of Fiber Suspension Flows in Refiner and Other Papermaking Processes by Combining Non-Newtonian Fluid Dynamics and Turbulence, Doctoral Thesis, Tampere University of Technology, Energy and Process Engineering, Tampere, 2004.
- Lumiainen J. Refining of chemical pulp, Papermaking Science and Technology, Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End, Book 8, Fapet Oy, H. Paulapuro (Ed.), Gummerus Printing, Jyväskylä, Finland, 2000, 87–121.
- Miles K. B., Dana H. R., May W. D. The Flow of Steam in Chip Refiner, proceedings from the 1980 International Symposium on Fundamental Concept of Refining, Appleton, WI, USA.

References

- Alashkevich J. D.* Bas of the theory of hydrodynamic processing of fibrous materials in mill machines : Abstract thesis doctors tech. sciences. Krasnoyarsk, 1986.
- Alashkevich J. D., Kovalev V. I.* Influence of figure plate on process mill fibrous semifinished items. The monography in 2 parts. Part 1. Krasnoyarsk, 2010. 168 p.
- Berg D., Karlstrom A.* Dynamic pressure measurements in full-scale thermomechanical pulp refiners, Proceedings of 2005 International Mechanical Pulping Conference, P. 42–49, Oslo, Norway.
- Byvshev A. V., Savitsky E. E.* Mechanical of fibrous materials. Krasnoyarsk : Publishing house Krasnoyar. university, 1991. 216 p.
- Eriksen O.* High-frequency pressure measurements in the refining zone of a high consistency refiner, Doctoral thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2003.
- Goncharov V. N.* Theoretical potters of a fundamentals of a milling of fibrous materials in knife refiners : Abstract thesis doctors tech. sciences. Leningrad, 1990. 31 p.
- Huhtanen J-P.* Modeling of Fiber Suspension Flows in Refiner and Other Papermaking Processes by Combining Non-Newtonian Fluid Dynamics and Turbulence, Doctoral Thesis, Tampere University of Technology, Energy and Process Engineering, Tampere, 2004.
- Ivanov S. N.* Technology of a paper. Moscow : Forest industry, 2006. 696 p.
- Kochin N. E., Kibel I. A., Rose N. V.* Theoretical hydrodynamics. Moscow : Fizmatgiz, 1963. 458 p.
- Landau L. D., Lifshits E. M.* Hydrodynamics. Moscow : Science, 1988. 354 p.
- Legotskij S. S., Goncharov V. N.* Potters the equipment and preparation of paper pulp. Moscow : Wood industry, 1990. 224 p.
- Lumaiainen J.* Refining of chemical pulp, Papermaking Science and Technology, Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End, Book 8, Fapet Oy, H. Paulapuro (Ed.), Gummerus Printing, Jyvaskyla, Finland, 2000, 87–121.
- Miles K. B., Dana H. R., May W. D.* The Flow of Steam in Chip Refiner, proceedings from the 1980 International Symposium on Fundamental Concept of Refining, Appleton, WI, USA.
- Shurkina V. I.* Perfection knife mill fibrous vegetative polymers in pulp-and-paper manufacture : Abstract thesis cand. tech. sciences / Shurkina Valentina Ivanovna. Krasnoyarsk, 2016. 145 p.

Информация об авторе

С. Н. Вухарев – доктор технических наук, профессор.

Information about the authors

S. N. Vikharev – Doctor of Technical Sciences, Professor.

Статья поступила в редакцию 17.02.2023; принята к публикации 20.05.2023.

The article was submitted 17.02.2023; accepted for publication 20.05.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 116–124.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 116–124.

Научная статья

УДК 630.181.2: 582.475

DOI: 10.51318/FRET.2023.86.31.001

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ НАЗАРОВСКОГО И МИНИНСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ СТРАТИФИКАЦИИ СЕМЯН

Светлана Валерьевна Попова

Сибирский государственный университет науки и технологий им. М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

zujlrf11@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3539-1297>

Аннотация. Сопоставлена изменчивость показателей сеянцев сосны кедровой сибирской назаровского и мининского происхождения, выросших из семян, прошедших стратификацию во влажных опилках при комнатной и пониженной температуре воздуха. Установлено, что количество семядолей и первичной хвои у всходов назаровского происхождения больше в сравнении с таковыми у мининского на 10,9 и 29,4 % соответственно. Длина семядолей и пучковой хвои в вариантах при разной температуре стратификации семян не имела достоверных различий. Двухлетние сеянцы, выросшие из семян, которые стратифицировали в холодильнике, имели наибольшее значение в варианте мининского происхождения по высоте, диаметру стволика, назаровского – по диаметру стволика. Среди сеянцев в опытных вариантах были отобраны быстрорастущие и длиннохвойные экземпляры с целью их использования в дальнейшем для проведения посадок целевого назначения. Полученные в ходе исследования данные подтвердили возможность стратификации семян во влажных опилках не только при пониженной температуре воздуха, но и в комнатных условиях при осеннем сборе семян.

Ключевые слова: сосна кедровая сибирская, стратификация, изменчивость, сеянцы, отбор, географическое происхождение

Для цитирования: Попова С. В. Изменчивость сеянцев сосны кедровой сибирской назаровского и мининского происхождения при разных условиях стратификации семян // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 116–124. DOI: 10.51318/FRET.2023.86.31.001.

Scientific article

SEED STRATIFICATION VARIABILITY SEEDLINGS OF SIBERIAN CEDAR PINE OF NAZAROV AND MININSKY ORIGIN UNDER DIFFERENT CONDITIONS

Svetlana V. Popova

Siberian State University of Science and Technology named after M. F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russia
zujlrf11@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3539-1297>

Abstract. The variability of the indicators of seedlings of Siberian cedar pine of Nazarov and Liskin origin, grown from seeds that have been stratified in wet sawdust at room and low air temperature, is compared. It was found that the number of cotyledons and primary needles in seedlings of Nazarov origin is 10,9 and 29,4 % higher in comparison with Mininsky, respectively. The length of cotyledons and bundle needles in the variants at different temperatures of the stratification of the seeds had no significant differences. Two-year-old seedlings grown from seeds that were stratified in the refrigerator were of the greatest importance in the variant of Mininsky origin in height, stem diameter, Nazarovsky – in stem diameter. Among the seedlings in the experimental versions, fast-growing and long-coniferous specimens were selected in order to use them in the future for carrying out target purpose plantings. The data obtained during the study confirmed the possibility of seed stratification in wet sawdust not only at low air temperature, but also in room conditions during autumn seed harvesting.

Keywords: Siberian cedar pine, stratification, variability, seedlings, selection, geographical origin

For citation: Popova S. V. Seed stratification variability seedlings of siberian cedar pine of nazarov and mininsky origin under different conditions // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3 (86). P. 116–124. DOI: 10.51318/FRET.2023.86.31.001.

Введение

Способам подготовки семян к посеву сосны кедровой сибирской и изменчивости показателей сеянцев уделяется большое внимание с целью разработки элементов ранней диагностики и проведения отбора экземпляров по хозяйственно ценным признакам для последующего их использования в лесокультурном производстве. Это связано с глубоким покоем семян и медленным ростом сеянцев данного вида в первые годы. Поэтому разработка новых методов подготовки семян к посеву и выращивание сеянцев являются актуальной задачей. В литературных источниках отмечено наличие периода длительного и глубокого физиологического семенного покоя у сосны кедровой сибирской. Это является биологическим приспособлением, задерживающим преждевременное прорастание семян в естественных условиях. Отмечается, что для нормального прорастания семян необходимо заверше-

ние роста зародыша, которое происходит во время длительной стратификации (Игнатенко, 1985; Крылов и др., 1983).

Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова (2006) приводят описание нескольких методов стратификации семян. Отмечают, что при любом способе стратификации основным условием является повышенная влажность субстрата (20–40 %). Перед стратификацией рекомендуют обязательное замачивание семян в течение двух или трех суток в теплой воде.

В. Н. Воробьев (1987) приводит данные об ускоренной стратификации: замачивание в теплой воде на трое суток, затем выдерживание при комнатной температуре воздуха (20–25 °C). В результате такой обработки через 10–20 дней были обнаружены первые наклюнувшиеся семена, которые при дальнейшей стратификации не сохранились.

Г. В. Барайшук, Е. А. Туник (2016) использовали трехмесячную стратификацию семян сосны

кедровой сибирской. Стратификацию проводили при температуре 0–4 °С с использованием крупнозернистого песка в пропорции 1:2. Наклюнувших и проросших семян в период их стратификации в течение трех месяцев не обнаружено.

К. В. Путенихина и др. (2016) проводили стратификацию семян в течение 3–5 мес. Первоначально семена стратифицировали в холодильнике при температуре 4–7 °С, далее их выдерживали в комнатных условиях. Субстратом при стратификации семян был прокаленный просеянный среднезернистый песок. Установлено, что лабораторная всхожесть семян при четырехмесячной стратификации составила 46,0 %. Грунтовая всхожесть после пятимесячной стратификации имела наибольшие показатели (68,3 %).

Изменчивость всходов и сеянцев сосны кедровой сибирской отмечена в научных работах. Н. П. Братилова и др. (2014) установили, что у сосны кедровой сибирской, выросшей из всходов, имеющих большее число семядолей, в дальнейшем наблюдается превышение по высоте, диаметру, фитомассе и урожайности. По данным Р. Н. Матвеевой, О. Ф. Буторовой и др. (2000, 2011), деревья сосны кедровой сибирской, выращенные из всходов с длинными семядолями, превосходят по высоте короткосемядольные. Изменчивость у всходов сеянцев данного вида проявляется по многим биометрическим показателям.

В. А. Брынцев, М. И. Храмова (2011, 2013), изучая изменчивость показателей сеянцев, выделили наиболее ценные в селекционном отношении семьи и особи в раннем возрасте. Они установили высокий уровень изменчивости сеянцев и связь между количеством семядолей и их длиной в 3–4-летнем возрасте, отмечая перспективность проведения индивидуального отбора с разработкой методов ранней диагностики.

А. М. Пастуховой (2017) установлено, что у сеянцев сосны кедровой сибирской уровень изменчивости по высоте увеличивается с возрастом, а по длине хвои остается стабильно высоким и что в возрасте до шести лет характер роста сеянцев сосны кедровой сибирской может меняться: выделяются растения, стабильно сохраняющие интенсивность роста независимо от внешних факторов.

Рекомендуется проводить отбор сеянцев по интенсивности роста и длине хвои на начальных этапах онтогенеза.

Цель, объекты и методика исследований

Целью исследований явилось изучение изменчивости показателей и проведение отбора среди двухлетних сеянцев сосны кедровой сибирской, выросших из семян, стратификация которых осуществлялась во влажных опилках при разной температуре воздуха. Шишки для опыта были собраны в насаждениях Назаровского и Мининского лесничеств осенью 2019 г. Семена были положены на стратификацию в конце февраля 2020 г. Посев семян, прошедших стратификацию в разных условиях, проведен в конце августа 2020 г. Стратификацию семян проводили двумя способами: первый – во влажных опилках при комнатной температуре воздуха (22–24 °С), второй – в холодильнике при пониженной температуре воздуха (1–4 °С). У сеянцев определяли количество, длину семядолей, первичной хвои и пучковой хвои, высоту и диаметр стволика двухлетних сеянцев. Уровень изменчивости определяли по шкале С. А. Мамаева (1973). Данные обработаны статистически с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Изменчивость показателей семядолей, первичной и пучковой хвои у сеянцев сосны кедровой сибирской опытных вариантов приведена в табл. 1.

Отмечено наибольшее количество семядолей и первичной хвои у сеянцев назаровского происхождения в сравнении с таковым у мининского. У сеянцев в сравниваемых вариантах уровень изменчивости по количеству семядолей средний, первичной хвои средний и высокий, длине семядолей низкий и средний, длине пучковой хвои от низкого до высокого.

Изменчивость высоты и диаметра стволика двухлетних сеянцев сосны кедровой сибирской назаровского и мининского происхождения, стратификация семян которых проводилась при разной температуре воздуха, приведена в табл. 2.

Таблица 1
Table 1

Изменчивость ассимиляционного аппарата сеянцев
Variability of the assimilation apparatus of seedlings

Происхождение Origin	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	max	min	$\bar{X}_{cp}$	$\pm\delta$	$\pm m$	V , %	P , %	t_ϕ при $t_{05} = 2,02$	Уровень изменчивости The level of variability
Количество семядолей, шт. Number of cotyledons, pcs.										
Назаровское Nazarovskoe	22–24	14	8	11,2	1,61	0,36	14,2	3,2	–	Средний Average
	1–4	14	7	10,5	1,88	0,42	17,9	4,0	1,27	Средний Average
	Среднее значение Average value			10,9	–	–	–	–	–	–
Мининское Mininskoe	22–24	14	6	10,5	2,14	0,48	20,4	4,6	–	Средний Average
	1–4	15	8	9,4	1,88	0,42	20,0	4,5	1,73	Средний Average
	Среднее значение Average value			10,0	–	–	–	–	–	–
Количество первичной хвои, шт. Number of primary needles, pcs.										
Назаровское Nazarovskoe	22–24	11	6	8,1	1,34	0,30	16,5	3,7	1,79	Средний Average
	1–4	16	5	9,4	2,95	0,66	31,4	7,0	–	Высокий High
	Среднее значение Average value			8,8	–	–	–	–	–	–
Мининское Mininskoe	22–24	12	4	7,2	2,14	0,48	29,8	6,7	–	Высокий High
	1–4	11	3	6,3	2,14	0,48	34,0	7,6	1,33	Высокий High
	Среднее значение Average value			6,8	–	–	–	–	–	–
Длина семядолей, см Length of cotyledons, cm										
Назаровское Nazarovskoe	22–24	3,9	2,5	3,2	0,38	0,08	11,7	2,6	–	Низкий Low
	1–4	3,6	2,6	3,0	0,27	0,06	8,9	2,0	1,94	Низкий Low
	Среднее значение Average value			3,1	–	–	–	–	–	–
Мининское Mininskoe	22–24	3,9	2,5	3,0	0,38	0,08	12,5	2,8	–	Низкий Low
	1–4	3,8	1,7	2,7	0,56	0,13	20,9	4,7	1,98	Средний Average
	Среднее значение Average value			2,9	–	–	–	–	–	–

Окончание табл. 1

The end of table 1

Происхождение Origin	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	max	min	$\bar{X}_{cp}$	$\pm\delta$	$\pm m$	$V, \%$	$P, \%$	t_{ϕ} при $t_{05} = 2,02$	Уровень изменчивости The level of variability
Длина пучковой хвои, см Length of needles, cm										
Назаровское Nazarovskoe	22–24	5,7	3,7	4,3	0,54	0,12	12,5	2,8	1,49	Низкий Low
	1–4	5,8	3,1	4,6	0,72	0,16	15,7	3,5	–	Средний Average
	Среднее значение Average value			4,5	–	–	–	–	–	–
Мининское Mininskoe	22–24	5,8	2,8	4,7	0,80	0,18	17,1	3,8	–	Средний Average
	1–4	6,7	2,6	4,6	1,10	0,25	23,9	5,3	0,33	Высокий High
	Среднее значение Average value			4,7	–	–	–	–	–	–

Таблица 2

Table 2

Изменчивость показателей роста двухлетних сеянцев

Variability of growth indicators of two-year-old seedlings

Происхождение Origin	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	max	min	<i>Xcp.</i>	±δ	± <i>m</i>	<i>V</i> , %	<i>P</i> , %	<i>t</i> _φ при <i>t</i> ₀₅ = 2,02	Уровень изменчивости The level of variability
		Высота, см Height, cm								
Назаровское Nazarovskoe	22–24	10,2	7,6	8,6	0,70	0,16	8,1	1,8	1,62	Низкий Low
	1–4	12,5	6,9	9,2	1,50	0,34	16,3	3,6	–	Средний Average
	Среднее значение Average value			8,9	–	–	–	–	–	–
Мининское Mininskoe	22–24	10,4	5,3	8,0	1,37	0,31	17,1	3,8	3,43	Средний Average
	1–4	14,3	7,2	9,8	1,90	0,43	19,4	4,3	–	Средний Average
	Среднее значение Average value			8,9	–	–	–	–	–	–
	Диаметр стволика, мм Stem diameter, mm									
Назаровское Nazarovskoe	22–24	2,2	1,6	2,0	0,16	0,04	8,0	1,8	3,34	Низкий Low
	1–4	2,7	1,9	2,2	0,21	0,05	9,7	2,2	–	Низкий Low
	Среднее значение Average value			2,1	–	–	–	–	–	–

Окончание табл. 2

The end of table 2

Происхождение Origin	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	max	min	$\bar{X}_{cp}$	$\pm\delta$	$\pm m$	V , %	P , %	t_ϕ при $t_{05}=2,02$	Уровень изменчивости The level of variability
		Высота, см Height, cm								
Мининское Mininskoe	22–24	2,6	1,5	2,1	0,29	0,07	14,0	3,1	4,48	Средний Average
	1–4	3,3	1,8	2,6	0,40	0,09	15,5	3,5	–	Средний Average
	Среднее значение Average value			2,4	–	–	–	–	–	–

Наибольшие показатели у двухлетних сеянцев по высоте и диаметру стволика были при стратификации семян в холодильнике как в варианте назаровского, так и мининского происхождения.

Среди двухлетних сеянцев разного географического происхождения были отселектированы отдельные экземпляры, имеющие наибольшую высоту (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Отселектированные экземпляры по высоте
Selected instances by height

Происхождение Origin	Температура воздуха при стратификации семян, °С Air temperature during seed stratification, °C	Номер сеянца Seedling number	Высота Height		Температура воздуха при стратификации семян, °С Air temperature during seed stratification, °C	Номер сеянца Seedling number	Высота Height	
			см	%			см	%
Мининское Mininskoe	22–24	52–1	9,2	110,8	1–4	58–1	14,3	145,9
		52–3	10,4	125,3		58–2	11,2	114,3
		52–7	9,8	118,1		58–7	10,8	110,2
		52–10	9,5	114,5		58–11	11,8	120,4
						58–20	12,2	124,5
	Среднее значение Average value		8,3	100,0	Среднее значение Average value		9,8	100,0
	Назаровское Nazarovskoe	22–24	51–2	10,0	116,3	1–4	54–8	10,7
51–9			10,2	118,6	54–12		10,7	116,3
					54–13		12,5	135,9
					54–15		11,3	122,8
Среднее значение Average value		8,6	100,0	Среднее значение Average value		9,2	100,0	

Установлено, что среди сеянцев мининского происхождения наибольшее превышение по высоте было у экземпляров № 58-1, № 58-20 при стратификации в холодильнике, № 52-3 в комнатных условиях. Среди сеянцев назаровского про-

исхождения превосходили по высоте экземпляры № 54-13, № 54-15 в холодильнике, № 51-2 и № 51-9 при стратификации в комнатных условиях.

Отселектированы длиннохвойные экземпляры (табл. 4).

Таблица 4
Table 4

Отселектированные экземпляры по длине хвои
Selected specimens along the length of the needles

Происхождение Origin	Температура воздуха при стратификации семян, °C Air temperature during seed stratification, °C	Номер сеянца Seedling number	Длина Length		Температура воздуха при стратификации семян, °C Air temperature during seed stratification, °C	Номер сеянца Seedling number	Длина Length	
			см	%			см	%
Мининское Mininskoe	22–24	52–1	5,8	128,9	1–4	58–1	6,2	134,8
		52–2	5,3	117,8		58–5	5,5	119,6
		52–3	5,1	113,3		58–7	5,5	119,6
		52–4	5,4	120,0		58–12	5,2	113,0
		52–7	5,6	124,4		58–13	5,2	113,0
		52–12	5,0	111,1		58–14	6,1	132,6
		52–13	5,2	115,6		58–20	6,7	145,7
		52–14	5,1	113,3				
		52–16	5,5	122,2				
		52–19	5,2	115,6				
		52–20	5,0	111,1				
	Среднее значение Average value		4,5	100,0	Среднее значение Average value		4,6	100,0
Назаровское Nazarovskoe	22–24	51–2	5,7	132,6	1–4	54–1	5,3	115,2
						54–6	5,8	126,1
						54–7	5,6	121,7
						54–11	5,2	113,0
		51–5	5,7	132,6		54–13	5,3	115,2
						54–14	5,3	115,2
						54–15	5,2	113,0
	Среднее значение Average value		4,3	100,0	Среднее значение Average value		4,6	100,0

Среди сеянцев мининского происхождения превышение на 20,0–28,9 % над средним значением было у экземпляров № 52-1, № 52-7, № 52-16, № 52-4 при стратификации семян в комнатных условиях. При стратификации семян в холодильнике превышение составило на 32,6–45,7 % у сеянцев № 58-20, № 58-1, № 58-14. У сеянцев назаровского происхождения наибольшие значения по длине хвои имели экземпляры № 51-2 и № 51-5, № 54-6 и № 54-7 (на 26,1–32,6 %).

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено проявление изменчивости сеянцев сосны кедровой сибирской мининского и назаровского происхождения, выросших из семян, стратификация которых проходила во влажных опилках при разной температуре воздуха. Наибольшие показатели по количеству семян и первичной хвои были у сеянцев назаровского происхождения в сравнении с таковыми у мининского.

Низкий и средний уровень изменчивости у двухлетних сеянцев сосны кедровой сибирской отмечен по высоте и диаметру стволика как в варианте назаровского, так и мининского происхождения. Отмечено, что наибольшее количество быстрорастущих сеянцев было в варианте

мининского происхождения. Данные исследования подтвердили возможность стратификации семян во влажных опилках не только при пониженной температуре воздуха, но и в комнатных условиях при осеннем сборе семян.

Список источников

- Барайшчук Г. В., Туник Е. А. Выращивание сеянцев сосны сибирской кедровой в условиях Омской области // Состояние и перспективы развития садоводства в Сибири : матер. II Нац. науч.-практич. конф., посвящ. 85-летию плодового сада Омского ГАУ им. проф. А. Д. Кизюрина. Омск, 2016. С.171–175.
- Братилова Н. П., Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф. Биология и формовое разнообразие сосны кедровой сибирской // Эко-Потенциал. 2014. № 1 (5). С. 120–127.
- Брынцев В. А., Храмова М. И. Изменчивость семенного потомства сосны кедровой сибирской при интродукции // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2013. № 6 (336). С. 38–49.
- Брынцев В. А., Храмова М. И. Индивидуальная и семейственная изменчивость сеянцев сосны кедровой сибирской, выращенных из семян интродукционной популяции // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2011. № 5. С. 4–10.
- Внутри-, межсемейная и географическая изменчивость сеянцев кедра сибирского / Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, А. М. Пастухова, Е. Ю. Соколова, Ю. Е. Щерба. Львів : РВВ НЛТУ України, 2011. Вип. 9. С. 96–99.
- Воробьев В. Н. Стратификация кедра в бетонированных промерзающих траншеях // Лесное хозяйство. 1987. № 2. С. 39–41.
- Игнатенко М. М. Прорастание и хранение семян кедра сибирского // Биология семян интродуцированных растений. М. : Наука, 1985. С. 84–87.
- Крылов Г. В., Таланцев Н. К., Козакова Н. Ф. Кедр. М. : Лесн. пром-сть, 1983. 216 с.
- Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М. : Наука, 1973. 284 с.
- Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф. Генетика, селекция, семеноводство кедра сибирского. Красноярск : СибГТУ, 2000. 243 с.
- Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф. Агротехника выращивания кедра сибирского в питомниках // Хвойные бореальные зоны. 2006. №1. С. 37–43.
- Пастухова А. М. Перспективность отбора полусибов кедра сибирского по интенсивности роста в раннем возрасте // Лесной журнал. 2017. № 5. С. 73–81.
- Путенихина К. В., Шигапов З. Х., Путенихин В. П. Всхожесть семян кедра сибирского при интродукции в Башкирском Предуралье // Лесоведение. 2016. № 2. С. 107–114.

References

- Baraishchuk G. V., Tunik E. A. Cultivation of seedlings of Siberian cedar pine in the conditions of the Omsk region. The state and future of horticulture in Siberia : papers from the second national scientific and practical conference honoring the 85th anniversary of the Professor A. D. Kizyurin Fruit Garden at Omsk State University. Omsk, 2016. P. 171–175. (In Russ.)
- Bratilova N. P., Matveeva R. N., Butorova O. F. Biology and form diversity of Siberian cedar pine. Eco-Potential. 2014. № 1(5). P. 120–127. (In Russ.)

- Bryntsev V. A., Khramova M. I.* Individual and familial variability of Siberian pine seedlings grown from seeds of introduced population // Bulletin of Moscow State Forest University. Forest Bulletin. 2011. № 5. P. 4–10. (In Russ.)
- Bryntsev V. A., Khramova M. I.* Variability of seed progeny of Siberian pine during introduction. Bulletin of Higher Educational Institutions // Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal). 2013. № 6 (336). P. 38–49. (In Russ.)
- Ignatenko M. M.* Germination and storage of Siberian cedar seeds // Biology of seeds of introduced plants. Moscow : Nauka, 1985. P. 84–87.
- Intra-, inter-family and geographic variability of Siberian cedar seedlings / *R. N. Matveeva, O. F. Butorova, A. M. Pastukhova, E. Y. Sokolova, Y. E. Shcherba*. Lviv : Research and Development Department of the National Forestry University of Ukraine. 2011. Issue 9. P. 96–99.
- Krylov G. V., Talantsev N. K., Kozakova N. F.* Cedar. Moscow : Forest Industry (Lesnaya Promyshlennost), 1983. 216 p.
- Mamaev S. A.* Forms of intraspecific variability in woody plants. Moscow : Nauka, 1973. 284 p.
- Matveeva R. N., Butorova O. F.* Agrotechnics of growing Siberian cedar in nurseries // Conifers of the boreal area. 2006. № 1. P. 37–43. (In Russ.)
- Matveeva R. N., Butorova O. F.* Genetics, breeding, seed production of Siberian cedar. Krasnoyarsk : SibSTU, 2000. 243 p.
- Pastukhova A. M.* Prospectivity of the selection of Siberian cedar half-sibs on the intensity of growth at an early age. Forest Journal. 2017. № 5. P. 73–81. (In Russ.)
- Putenikhin K. V., Shigapov Z. H., Putenikhin V. P.* Germination of Siberian cedar seeds in the introduction to the Bashkir Urals // Forest Science. 2016. № 2. P. 107–114. (In Russ.)
- Vorobyev V. N.* Stratification of cedar in concreted freezing trenches // Forestry. 1987. № 2. P. 39–41. (In Russ.)

Информация об авторах

С. В. Попова – аспирант.

Information about authors

S. V. Popova – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 25.04.2023; принята к публикации 19.06.2023.

The article was submitted 25.04.2023; accepted for publication 19.06.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3. С. 125–126.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 3. P. 125–126.

Персоналии

УДК 630.902.1

СЕРГЕЙ ВЕНИАМИНОВИЧ ЗАЛЕСОВ SERGEY VENIAMINOVICH ZALESOV



27 октября 2023 г. исполняется 70 лет со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика Российской академии естествознания, Российской академии естественных наук, заслуженного лесовода РФ, почетного работника высшего профессионального образования РФ, советника ректора по научной работе УГЛТУ, заведующего кафедрой лесоводства УГЛТУ Сергея Вениаминовича Залесова.

Сергей Вениаминович родился в деревне Паломохинская Мурашинского района Кировской области. Все дети в семье помогали родителям по домашнему хозяйству: пасли скот, работали в огороде, заготавливали сено, ловили рыбу, собирали грибы и ягоды, а с младших классов подрабатывали в местном колхозе. Желая как можно скорее

встать на ноги, юный Сергей после окончания 8-летней школы поступил в Суводский лесной техникум, который закончил с отличием в 1974 г. Проработав несколько лет в лесном хозяйстве, он поступил в Уральский лесотехнический институт, который с отличием закончил в 1981 г., и затем поступил в аспирантуру, связывая свою дальнейшую жизнь с лесной наукой и образованием. Работал на кафедре лесной таксации и лесоустройства. В 1986 г. им успешно защищена кандидатская, а в 2000 г. – докторская диссертации. За время своей работы Сергей Залесов прошел путь от ассистента кафедры лесной таксации и лесоустройства до заведующего кафедрой лесоводства (с 1989 г. по настоящее время) и проректора по научной работе университета (с 2004 по 2020 гг.).

Сергей Вениаминович – опытный полевой исследователь, талантливый руководитель и наставник, успешно сочетающий педагогическую и научную работу, привлекающий к исследованиям студентов, аспирантов, докторантов и соискателей. При его научном консультировании защищено 9 докторских, а под его непосредственным руководством – 95 кандидатских диссертаций. Интересной особенностью Сергея Залесова как ученого является широчайший спектр научных интересов, связанных с лесоведением и лесоводством, который простирается от лесной рекультивации и создания лесных культур до лесной пирологии и оптимизации лесопользования. По результатам исследований им лично и совместно с учениками и коллегами опубликовано более 700 научных работ (с общим числом цитирования 7150, индексом Хирша 47), множество монографий, учебных пособий, руководств и рекомендаций по оптимизации лесопользования и повышения продуктивности лесов. Основные результаты исследований вошли в нормативно-технические документы по ведению лесного хозяйства на территориях Уральского и Поволжского федеральных округов, в том числе в «Правила заготовки древесины», «Правила ухода за лесом», многочисленные рекомендации, лесные планы и лесохозяйственные регламенты. Им предложены и внедрены оригинальные способы рубок ухода, виды противопожарных барьеров и способы тушения торфяных пожаров. Ученый совет УГЛТУ и Российская академия естествознания признали сформированную и руководимую Сергеем Залесовым научно-педагогическую школу «Оптимизация лесопользования». Ученики Сергея Вениаминовича работают во многих высших учебных заведениях лесного профиля, научных учреждениях, органах управления лесным хозяйством РФ и за ее пределами.

Помимо всего вышеперечисленного, Сергей Вениаминович является членом двух диссертационных советов, в одном из которых он председатель, действующим членом редколлегий десяти научных журналов, председателем Свердловского отделения Всероссийского общества лесоводов.

За заслуги в подготовке высококвалифицированных специалистов для лесного комплекса РФ и большой вклад в развитие лесной науки Сергей Вениаминович Залесов награжден почетными грамотами Государственного комитета СССР и Центрального комитета профсоюзов рабочих лесной, бумажной и деревообрабатывающей промышленности; Министерства лесного хозяйства РСФСР, губернаторов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и Свердловской области, нагрудными знаками «За сбережение и преумножение лесных богатств России», «Почетный работник высшего профессионального образования РФ», орденами «За профессиональную честь, достоинство и почетную деловую репутацию» трех степеней, медалями «За спасение утопающих» и «60 лет Вооруженных сил СССР», ему присвоено почетное звание заслуженный лесовод Российской Федерации. Кафедра лесоводства под руководством Сергея Вениаминовича удостоена диплома «Золотая кафедра России», Сергей Залесов является участником интернет-энциклопедии «Ученые России». Кроме того, он удостоен наград общественных академий: медалей им. В.И. Вернадского, им. Н.И. Вавилова, орденов LABORE ET SCIENTIA (ТРУДОМ И ЗНАНИЕМ), «Екатерины Великой за служение науке и просвещению» и др. В 2015 г. был удостоен диплома победителя, медали и нагрудного знака на XII конкурсе «Национальная экологическая премия имени В.И. Вернадского» в номинации «Наука для экологии». В 2020 г. за вклад в науку и высшее образование Сергей Залесов был внесен в книгу «Золотые имена высшей школы». Также является многократным победителем конкурса «Лучший ученый УГЛТУ».

Кроме работы, Сергей Вениаминович является заядлым рыбаком, а коллеги знают его как интересного рассказчика и автора серии книг с фирменными байками на все случаи жизни.

Мы желаем нашему любимому учителю крепкого здоровья, счастья, благополучия, новых успехов и свершений! С юбилеем, Сергей Вениаминович!

Коллектив кафедры лесоводства УГЛТУ