

ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ



ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ

Журнал

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

Издается с 2002 года
Выходит четыре раза в год



Редакционный совет:

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

Редколлегия:

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

Редакция журнала:

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

Фото на обложке И. А. 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 07.06.2023.
Дата выхода в свет 14.06.2023.
Формат 60×84/8. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 9,14. Усл. печ. л. 11,16.
Тираж 100 экз. (1-й завод 36 экз.).
Заказ № ????

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. Полушириное начертание. Без точки в конце (выравнивание по центру, без абзацного отступа).

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

(Выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.)

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

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

Благодарности. Заполняется по желанию авторов.

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

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

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

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

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

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

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

В конце под заголовком **Информация об авторах** указываются инициалы авторов, фамилия, ученая степень и звание. По желанию автора указывается должность (ступень образования для студентов бакалавра / 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 организатора, 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

Башегуров К. А., Белов Л. А., Залесов С. В., Осипенко А. Е., Попов А. С., Розинкина Е. П. Эффективность естественного и искусственного лесовосстановления на гарях Западно-Сибирского северо-таежного равнинного лесного района	4
Петров А. И., Котова В. С., Осипенко Р. А., Залесов С. В. Лесохозяйственное направление рекультивации полигонов добычи рассыпного золота . . .	16
Секерин И. М., Ерицов А. М., Кректунов А. А., Юдина П. С., Годовалов Г. А. Динамика количества лесных пожаров и пройденной ими площади в Уральском федеральном округе	24
Морозов А. Е., Заболотных Е. Н., Чертов А. А., Карташова Т. Ю. Проблемы рекреационного использования лесов природного парка «Самаровский чугас»	33
Карабан А. А., Усольцев В. А., Третьяков С. В., Контев С. В., Парамонов А. А., Цветков И. В., Давыдов А. В., Цепордей И. С. Биомасса деревьев ольхи серой и ее аллометрические модели в условиях Архангельской области	42
Марковская А. Н., Мартюшова Е. Г., Мартюшов П. А. Исследование культуры <i>in vitro</i> клена мелколистного (<i>Acer mono</i> Maxim.)	51
Бабина С. З., Сродных Т. Б., Нагимов З. Я. Перспективность использования на Среднем Урале декоративных сортов ели колючей (<i>Picea pungens</i> Engelm.)	57
Тишкина Е. А., Орехова О. Н., Шашина А. В., Фарфель Д. В., Филистеев А. С., Механошин А. С., Морозова А. Д. Сравнительный анализ роста волосистых видов сирени в коллекции Ботанического сада УРО РАН	67
Абрамова Л. П., Сенькова Л. А., Залесов С. В., Щербаков В. А., Мартюшов П. А., Стародубцева Н. И. Почвы Уральского сада лечебных культур им. Л. И. Вигорова	74
Мехренцев А. В., Герц Э. Ф., Уразова А. Ф., Беляева В. Н., Авдюкова О. Д. Развитие малого лесохимического производства на кластерной основе	83
Гороховский А. Г., Шишкина Е. Е., Агафонов А. С., Бекк П. А., Овчинникова Т. С. Экспресс-оценка эффективности режимов сушки древесины твердолиственных пород . . .	91

Content

Bashegurov K. A., Belov L. A., Zalesov S. V., Osipenko A. E., Popov A. S., Rozinkina E. P. Efficiency of natural and artificial reforestation in the burnt out areas of the West Siberian north taiga lowland forest region	5
Petrov A. I., Kotova V. S., Osipenko R. A., Zalesov S. V. Forestry direction in reckamation of alluvial gold mining sites	17
Sekerin I. M., Yeritsov A. M., Krektunov A. A., Yudina P. S., Godovalov G. A. Dynamics of the number of forest fires and the area covered by them in the Ural federal district	25
Morozov A. E., Zabolotnykh E. N., Chertov A. A., Kartashova T. Yu. Problems of recreational use of natural park forests “Samarovskiy chugas”	34
Karaban A. A., Usoltsev V. A., Tretyakov S. V., Koptev S. V., Paramonov A. A., Tsvetkov I. V., Davydov A. V., Tsepordey I. S. Biomass of gray alder trees and its allometric models in the conditions of the arkhangel'sk region	43
Markovskaya A. N., Martyushova E. G., Martyushov P. A. In vitro culture of small-leaved maple (<i>Acer mono</i> Maxim.)	52
Babina S. Z., Srodnykh T. B., Nagimov Z. Ya. The prospects of using decorative varieties of prickly spruce (<i>Picea pungens</i> Engelm.) in the Middle Urals	58
Tishkina E. A., Orekhova O. N., Shashina A. V., Farfel D. V., Filisteev A. S., Mekhanoshin A. S., Morozova A. D. Comparative analysis of the growth of hairy lilac species in the collection of the botanical garden of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences	68
Abramova L. P., Senkova L. A., Zalesov S. V., Scherbakov V. A., Martyushov P. A., Starodubtseva N. I. Soils of the Ural medicinal crops garden named after L. I. Vigorov	75
Mehrentsev A. V., Gertz E. F., Urazova A. F., Belyaeva V. N., Avdyukova O. D. Development of small timber-chemical production on a cluster basis	84
Gorokhovskiy A. G., Shishkina E. E., Agafonov A. S., Beck P. A., Ovchinnikova T. S. Express assessment of the effectiveness of drying modes of hardwood	92

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 4–15.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 4–15.

Научная статья

УДК 630*231.1

DOI: 10.51318/FRET.2023.39.51.001

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА ГАРЯХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО СЕВЕРО-ТАЕЖНОГО РАВНИННОГО ЛЕСНОГО РАЙОНА

Константин Андреевич Башегуров¹, Леонид Александрович Белов²,
Сергей Вениаминович Залесов³, Алексей Евгеньевич Осипенко⁴,
Артем Сергеевич Попов⁵, Екатерина Павловна Розинкина⁶

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

Автор, ответственный за переписку: Константин Андреевич Башегуров,
bashegurovka@m.usfeu.ru

Аннотация. Проанализирована эффективность лесных культур и естественного лесовозобновления на гарях подзоны северной тайги в Западно-Сибирском северо-таежном равнинном лесном районе. Исследования проводились в соответствии с широко известными апробированными методиками (Данчева, Залесов, 2015; Основы фитомониторинга, 2020) на постоянных пробных площадях.

На основании выполненных исследований установлено, что все лесные культуры, созданные на гарях, характеризуются относительно низкой сохранностью и требуют работ по дополнению. Основной причиной гибели сеянцев является зарастание гарей мягколиственными породами. Спустя 5 лет после пожара создание лесных культур на гарях представляет собой, по сути, реконструкцию мягколиственных молодняков.

Учитывая специфику климатических условий Западно-Сибирского северо-таежного равнинного лесного района, при наличии обсеменителей целесообразно отказаться от лесных культур на гарях, обеспечивая формирование смешанных хвойных насаждений рубками ухода. Кроме того, принимая во внимание экологическую роль берез повислой (*Betula pendula* Roth.) и пушистой (*B. Pubescens* Ehrh.), уместно перевести их в разряд главных пород при ведении лесного хозяйства.

Ключевые слова: северная подзона тайги, гарь, лесовосстановление, лесные культуры, лесовозобновление

Scientific article

EFFICIENCY OF NATURAL AND ARTIFICIAL REFORESTATION IN THE BURNT OUT AREAS OF THE WEST SIBERIAN NORTH TAIGA LOWLAND FOREST REGION

Konstantin A. Bashegurov¹, Leonid A. Belov², Sergey V. Zalesov³,
Alexey E. Osipenko⁴, Artem S. Popov⁵, Ekaterina P. Rozinkina⁶

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

Corresponding author: Konstantin Andreevich Bashegurov,

bashegurovka@m.usfeu.ru

Abstract. The effectiveness of forest plantations and natural reforestation on the burnt-out areas of the northern taiga subzone in the west siberian northern taiga plain forest is analyzed. The studies were carried out in accordance with the wellknown methods tested by Dancheva, Zalesov, Bunkova et al., 2020 on permanent trial plots.

Based on the studies performed, it was found all forest plantations created on the burnt out areas are characterized by relatively low safety and require additional work. The main reason for the death of seedlings is the overgrowth of burnt areas with soft hardwoods 5 years after the fire, the creation of forest plantations in the burnt areas is in fact a reconstruction of soft deciduous young forests.

Taking into account the specifics of the climatic conditions of the west Siberian north taiga plain forest region in the presence of inseminators it is advisable to abandon forest plantation on burnt out areas, ensuring the formation of mixed coniferous plantations by thinning. Besides, taking into account the ecological role of drooping (*Betula pendula* Roth.) and pubescent (*B. pubescens* Ehrh.) birches it is advisable to transfer them to the category of the main species in forestry.

Keywords: northern taiga subzone, burned out area, reforestation, forest crops, reforestation

Введение

Известно (Итоги работы..., 2019; Зонально-географические особенности..., 2022), что значительную долю не покрытых лесной растительностью площадей в лесном фонде составляют гари, т.е. территории, пройденные лесными пожарами, на которых древостои погибли в результате термического воздействия. Естественно, что в процессе ведения лесного хозяйства принимаются меры по снижению горимости лесов путем совершенствования способов тушения (Залесов, Миронов, 2004; Марченко, Залесов, 2013; Опыт..., 2022) и противопожарного устройства (Залесов и др., 2010; 2013; Данчева, Залесов, 2016). Однако существенных изменений в показателях фактической горимости лесов создать не удастся (Воробьев и др., 2004; Шубин, Залесов, 2016; Пожарная обстановка..., 2022).

Лесной пожар воздействует на все компоненты насаждения (Шубин и др., 2013) и нередко

приводит к катастрофическим последствиям (Шубин, Залесов, 2013; Воздействие..., 2022), когда на месте лесных насаждений образуются гари, т.е. территории, на которых древостои погибли в результате термического воздействия (Залесов, Залесова, 2014). На лесовосстановление указанных территорий могут потребоваться многие годы (Усеня, 2002; Залесов, 2014; Специфика..., 2020). Сложность лесовосстановления гарей заключается в том, что данные, полученные учеными в одном регионе, очень редко можно использовать в другом по причине разнообразия климатических и почвенных условий. Другими словами, лесовосстановление на гарях должно осуществляться на зонально (подзонально)-типологической основе. При этом с ухудшением условий произрастания сложность лесовосстановления возрастает. Не являются в этом плане исключением и гари в Западно-Сибирском северо-таежном равнинном

лесном районе, где на значительной части территории насаждения произрастают на многолетней мерзлоте, а лесные пожары коренным образом изменяют лесорастительные условия.

Цель, объекты и методика исследований

Цель работы – анализ эффективности естественного и искусственного лесовосстановления на гарях в Западно-Сибирском северо-таежном равнинном лесном районе.

Объектом исследований служили гари 2012 г., на которых был удален погибший древостой, выполнена подготовка почвы и в разные годы созданы лесные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и сосны сибирской (*P. sibirica* Du Tour.). Подготовка почвы выполнялась с использованием бульдозера.

В 2021 г. на данных гарях были заложены пробные площади (ПП), где в соответствии с известными апробированными методиками (Данчева, Залесов, 2015, Основы фитомониторинга, 2020) установлены количественные показатели сохранности и приживаемости лесных культур, а также густоты естественно сформировавшегося подроста в рядах лесных культур и в междурядьях.

Результаты и обсуждение

Лесовосстановление на гарях связано со значительными финансовыми и трудовыми затратами. Последнее объясняется необходимостью создания дороги для перемещения техники на пройденную лесным пожаром площадь. Кроме того, при создании лесных культур на гари требуется расчистка территории от древесины погибших деревьев, подготовка почвы, посадка и проведение агротехнических и лесоводственных уходов. В то же время из-за удаленности большинства созданных лесных культур, отсутствия своевременных агротехнических и лесоводственных уходов эффективность искусственного лесовосстановления характеризуется очень низкими показателями. В качестве примера можно привести данные о результатах искусственного лесовосстановления на гарях в северной подзоне тайги (Западно-Сибирский северо-таежный равнинный лесной район) (табл. 1).

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что обследованные участки представлены гарями 2012 г. Однако, несмотря на одинаковую давность лесного пожара, вызвавшего гибель древостоя, мероприятия по лесовосстановлению проводились в разные годы.

Первый участок представляет собой разработанную в 2012 г. гарь, на которой в 2016 г. посадкой двухлетних сеянцев сосны обыкновенной были созданы лесные культуры. Подготовка почвы производилась бульдозером. На проложенных бульдозером полосах шириной 4,5–5,0 м высаживались сеянцы сосны в 2 ряда через 0,7–0,8 м в ряду. Исследования, выполненные в 2021 г., т.е. через 5 лет после посадки, показали, что сохранность лесных культур составляет 41 % (см. табл. 1), следовательно, указанные лесные культуры нуждаются в дополнении. Данные о сохранности лесных культур, полученные на ПП-2НЖ, свидетельствуют, что на гарях спустя 4 года после пожара уже сформировался подрост из мягколиственных пород. При подготовке почвы наблюдается уничтожение сформировавшегося мягколиственного молодняка и процесс зарастания гари начинается вновь. Представление о состоянии лесных культур позволяет получить рис. 1.

Второй участок лесных культур представляет собой гарь, разработанную в 2012 г. На указанной гари в 2017 г. были созданы лесные культуры сосны сибирской. Подготовка почвы осуществлялась бульдозером, с помощью которого были созданы площадки размером 4,5–5,0 м. На каждой площадке в 2–3 ряда высаживались трехлетние сеянцы сосны сибирской через 0,7–0,8 м.

Исследование созданных лесных культур производилось в 2021 г., для чего была заложена пробная площадь ПП-1НЖ. Внешний вид ПП-1НЖ приведен на рис. 2.

Исследования, выполненные на ПП-1НЖ, показали, что сохранность лесных культур не превышает 30 %. Последнее свидетельствует о необходимости проведения дополнений и своевременных уходов за создаваемыми лесными культурами.

Третий участок представляет собой гарь 2012 г., на которой в 2017 г. были созданы лесные культуры сосны обыкновенной.

Таблица 1

Table 1

Характеристика лесных культур, созданных на гарях
в Западно-Сибирском северо-таежном равнинном лесном районе
Characteristics of forest crops created on burning grounds
in the West Siberian North Taiga plain forest area

№ ПП № PP	Количество жизнеспособных, шт./га Number of viable, pcs/ha	Процент гибели Percentage of death	Примечание Note
2НЖ 2NJ	1444	59	Разработанная гарь 2012 г., ЛК сосны, посадка 2016 г., подготовка почвы широкими площадками (4,5–5,0 м) бульдозером, сосна посажена в 2 ряда на каждой площадке, шаг посадки 0,7–0,8 м Developed by burnt territory 2012, FC pine trees, planting 2016, soil preparation with wide areas (4.5–5.0 m) bulldozer, pine planted in 2 rows on each site, planting step 0.7–0.8 m
1НЖ 1NJ	1033	70	Разработанная гарь 2012 г., ЛК кедр, посадка 2017 г., подготовка почвы широкими площадками (4,5–5,0 м) бульдозером, кедр посажен в 2–3 ряда на каждой площадке, шаг посадки 0,7–0,8 м Developed by burnt territory 2012, cedar FC, planting 2017, soil preparation with wide areas (4.5–5.0 m) by bulldozer, cedar planted in 2–3 rows on each site, planting step 0.7–0.8 m
3НЖ 3HNJ	2667	24	Гарь 2012 г., ЛК сосны, посадка 2017 г., остатки древесины собраны в валы, между валами 100–150 м, между рядами 3 м, шаг посадки 0,5 м Burnt territory 2012, FC pine, planting 2017, the remains of wood are collected in shafts, between shafts 100–150 m, between rows 3 m, planting step 0.5 m
39X 39X	2547	36	Гарь 2012 г., ЛК сосны 2021 г., остатки древесины собраны в валы, между валами 15 м, между рядами 3 м, шаг посадки 0,8 м Burnt territory 2012, FC pines 2021, the remains of wood are collected in shafts, between shafts 15 m, between rows 3 m, planting step 0.8 m



Рис. 1. Внешний вид лесных культур на ПП-2НЖ

Fig. 1. Appearance of forest crops on PP-2NZH

Расчистка гари производилась сбором порубочных остатков в валы, расстояние между которыми составляло 100–150 м.

Лесные культуры выполнены рядами, расстояние между которыми 3 м. Шаг посадки двухлетних

сеянцев 0,5 м. Данные лесные культуры в отличие от описанных ранее характеризуются лучшей сохранностью, которая достигает 76 %. Внешний вид лесных культур на ПП-3НЖ приведен на рис. 3.



Рис. 2. Внешний вид 4-летних лесных культур сосны сибирской на ПП-1НЖ
Fig. 2. Appearance of 4-year-old Siberian pine forest crops on PP-1NZH



Рис. 3. Внешний вид четырехлетних лесных культур сосны обыкновенной на ПП-3НЖ
Fig. 3. Appearance of 4-year-old forest crops of common pine on PP-3NZH

Четвертый участок также представлен гарью 2012 г. Остатки несгоревшей древесины на данной гари собраны в валы с расположением последних через 15 м. Лесные культуры созданы двухлетними сеянцами сосны в 2021 г. по следующей схеме: расстояние между рядами – 3 м, в ряду – 0,8 м. Из-за малого периода после посадки речь может идти на данной ПП-39Х не о сохранности, а лишь о приживаемости лесных культур. Однако уже спустя 3 мес. после посадки приживаемость лесных культур составляет 64 %, что свидетельствует о необходимости проведения работ по дополнению лесных культур (рис. 4).

Таким образом, можно отметить, что отсутствие надлежащих агротехнических и лесоводственных уходов приводит к резкому снижению эффективности искусственного лесовосстановления на бывших гарях даже при значительных трудовых и финансовых затратах на создание лесных культур. Все обследованные лесные культуры, созданные на гарях в соответствии с действующими Правилами (Об утверждении Правил..., 2021), нуждаются в дополнении. При этом минимальной сохранностью характеризуются лесные культуры сосны сибирской (ПП-1НЖ), что вызывает необходимость рекомен-

дации более внимательного отношения к созданию и выращиванию указанных лесных культур.

Особо следует отметить, что после расчистки гарей на них сразу после ликвидации пожара начинаются процессы естественного лесовозобновления. Однако подрост последующей генерации при подготовке почвы под лесные культуры уничтожается и процесс естественного возобновления начинается вновь. Таким образом, несмотря на то, что гари сформировались в результате пожаров 2012 г., естественное возобновление на них протекает только 4–5 лет, а на ПП-39 НХ зафиксировано лишь начало появления всходов.

Данные о характеристике естественного лесовозобновления на участках, где были созданы лесные культуры, приведены в табл. 2.

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что естественное лесовозобновление наблюдается как в рядах лесных культур, так и в междурядьях. Подрост представлен сосной сибирской, сосной обыкновенной, елью сибирской, березой повислой и осинной. При этом береза и осина представлены всеми группами высот, в то время как подрост сосен сибирской и обыкновенной, а также ели представлен преимущественно мелкими экземплярами.



Рис. 4. Внешний вид лесных культур 2021 г. на ПП-39Х

Fig. 4. Appearance of forest crops in 2021 on PP-39X

Особо следует отметить, что как в рядах лесных культур, так и в междурядьях подрост всех пород относится к жизнеспособному.

Высокие показатели встречаемости крупного и среднего подраста осины и березы во многом объясняют значительный отпад лесных культур. Други-

ми словами, они свидетельствуют о необходимости проведения лесоводственных уходов за составом.

Порослевые экземпляры мягколиственных пород в рядах лесных культур на гарях заглушают сеянцы сосен обыкновенной и сибирской, приводя их к гибели.

Таблица 2

Table 2

Характеристика естественного лесовозобновления на гарях после создания лесных культур
Characteristics of natural reforestation in burning areas after the creation of forest crops

№ ПП № PP	Порода Breed	Мелкий Small		Средний Medium		Крупный Large	
		Густота, шт./га Density, pcs./ha	Встречае- мость, % Occurrence, %	Густота, шт./га Density, pcs./ha	Встречае- мость, % Occurrence, %	Густота, шт./га Density, pcs./ha	Встречае- мость, % Occurrence, %
2НЖ 2NJ	К / С	167	7	0	0	0	0
	Ос / As	222	40	333	40	0	0
	Б / В	400	70	511	60	1489	80
	Итого / Total	789		844		1489	
2НЖ 2NJ Между- рядья Row spacing	Е / Е	22	7	11	5	11	5
	К / С	556	10	0	0	0	0
	Ос / As	0	0	0	0	222	20
	Б / В	0	0	833	80	2444	90
	Итого / Total	578		844		2677	
1НЖ 1NJ	Е / Е	211	5	0	0	0	0
	Ос / As	222	65	278	40	0	0
	Б / В	200	70	1000	70	2000	60
	Итого / Total	633		1278		2000	
1НЖ 1NJ Между- рядья Row spacing	С / Р	11	5	22	5	0	0
	К / С	300	35	0	0	0	0
	Ос / As	289	30	389	40	0	0
	Б / В	0	0	1000	90	2667	90
	Итого / Total	600		1411		2667	
3НЖ 3NJ	К / С	67	7	17	5	0	0
	Ос / As	167	40	133	50	183	60
	Б / В	417	40	167	35	100	10
	Итого / Total	651		317		283	
39X	Ос / As	0	0	1995	85	0	0
	Б / В	0	0	2227	90	445	25
	Итого / Total	0		4222		445	

Более наглядную картину о состоянии подроста естественного происхождения на бывших гарях после создания лесных культур позволяют получить материалы, приведенные в табл. 3.

Анализируя табл. 3, можно отметить, что как на созданных бульдозером площадках, так и между

ними в составе естественного лесовозобновления на бывших гарях преобладают мягколиственные породы.

Доля хвойных пород в составе подроста относительно невелика и не превышает в пересчете на крупный одну единицу формулы состава.

Таблица 3

Table 3

Количество подроста естественного происхождения в лесных культурах,
созданных на гарях, в пересчете на крупный
The amount of undergrowth of natural origin in forest crops created
on burning in terms of large

№ ПП № PP	Состав подроста The composition of the undergrowth	Порода Breed	Количество подроста, шт./га Number of undergrowth, pcs./ha	Встречае- мость, % Occurrence, %	Примечание Note
2НЖ 2NJ	8Б2Ос+К / 8В2Ас+С	К / Р Ос / Ас Б / В Итого / Total	83 378 2098 2559	7 40 90	Подрост на минерализованных площадках Undergrowth on mineralized sites
2НЖ 2NJ	8Б1К1ОседЕ / 8В1К1Ас unF	Е / F К / С Ос / Ас Б / В Итого / Total	31 278 222 3111 3642	5 10 30 95	Подрост между минерализованными площадками Undergrowth between mineralized sites
1НЖ 1NJ	9Б1Ос+Е / 9В1Ас+Е	Е / F Ос / Ас Б / В Итого / Total	106 333 2900 3339	5 50 75	Подрост на минерализованных площадках Undergrowth on mineralized sites
1НЖ 1NJ	9Б1Ос+КедС / 9В1Ас+СunP	С / Р К / С Ос / Ас Б / В Итого / Total	23 150 456 3467 4096	5 35 40 90	Подрост между минерализованными площадками Undergrowth between mineralized sites
3НЖ 3NJ	5Б4Ос1К / 5В4Ас1С	К / С Ос / Ас Б / В Итого / Total	47 373 442 862	5 100 90	Подрост между рядами лесных культур Undergrowth between rows of forest crops
39Х 39X	6Б4Ос / 6В4Ас	Ос / Ас Б / В Итого / Total	1596 2227	85 100	Подрост между рядами лесных культур Undergrowth between rows of forest crops

В то же время наличие мелкого жизнеспособного хвойного подроста дает все основания предполагать, что даже при отсутствии искусственного лесовосстановления на гарях сформируются смешанные молодняки, которые рубками ухода за несколькими приемами можно переформировать в хвойные.

Создание лесных культур вне зависимости от вида посадочного материала может обеспечить эффект только при условии проведения агротехнических и лесоводственных уходов. При отсутствии последних, несмотря на значительные трудовые и финансовые затраты, на участках лесных культур сформируются мягколиственные насаждения, аналогичные по составу таковым без создания лесных культур.

Выводы

1. На долю гарей в условиях Западно-Сибирского северо-таежного равнинного лесного района приходится значительная доля лесокультурного фонда.

2. Создание лесных культур на гарях связано со значительными трудовыми и финансовыми затратами на расчистку от древесины погибших древостоев, подготовку почвы, создание дорог для переброски лесокультурной техники и т. д.

3. Лесные культуры сосны обыкновенной и сосны сибирской при их создании на гарях нуждаются в проведении лесоводственных уходов, а также в дополнении.

4. На гарях даже при отсутствии вблизи обсеменителей накапливается подрост березы и осины и формируются мягколиственные молодняки.

5. Наличие под пологом формирующихся мягколиственных молодняков подроста хвойных пород позволяет надеяться на формирование смешанных хвойно-лиственных насаждений рубками ухода без создания лесных культур.

6. Учитывая семенное происхождение березы на гарях и ее важную экологическую роль, следует рассмотреть возможность установления ее в качестве главной породы в Западно-Сибирском северо-таежном равнинном лесном районе.

Список источников

- Воздействие пожаров на светлохвойные леса Нижнего Приангарья / Г. А. Иванова, Е. А. Куковская, И. Н. Безкорвайная [и др.]. Новосибирск : Наука, 2022. 204 с.
- Воробьев Ю. А., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. М. : ДЭКС-ПРЕСС, 2004. 312 с.
- Данчева А. В., Залесов С. В. Влияние рубок ухода на биологическую и пожарную устойчивость сосновых древостоев // Аграрный вестник Урала. 2016. № 3 (145). С. 56–61.
- Данчева А. В., Залесов С. В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 152 с.
- Залесов С. В. Разработка крупноплощадных гарей в ленточных борах Прииртышья // Аграрный вестник Урала. 2014. № 5 (123). С. 62–65.
- Залесов С. В., Годовалов Г. А., Платонов Е. Ю. Уточненная шкала распределения участков лесного фонда по классам природной пожарной опасности // Аграрный вестник Урала. 2013. № 10 (116). С. 45–49.
- Залесов С. В., Залесова Е. С. Лесная пирология. Термины, понятия, определения : учебный справочник. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 54 с.
- Залесов С. В., Миронов М. П. Обнаружение и тушение лесных пожаров. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. 138 с.
- Залесов С. В., Магасумова А. Г., Новоселова Н. Н. Организация противопожарного устройства насаждений, формирующихся на бывших сельскохозяйственных угодьях // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 4 (66). С. 60–63.
- Зонально-географические особенности воздействия пожаров на лесообразование светлохвойных насаждений юга Сибири / Л. В. Буряк, О. П. Каленская, Е. А. Кукавская, А. Г. Лузганов. Новосибирск : Наука, 2022. 284 с.

- Итоги работы лесного хозяйства Российской Федерации за 2018 год и приоритетные задачи на 2019 год. М. : ВНИИЛМ, 2019. 108 с.
- Марченко В. П., Залесов С. В. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс орманы» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 10 (108). С. 55–59.
- Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления : утв. приказом Минприроды России от 29.12.2021 г. № 1024. URL: <https://garant.ru/products/ipo/prime/doc/403417664> (дата обращения: 17.03.2023).
- Опыт тушения торфяных пожаров на Среднем Урале / И. М. Секерин, А. М. Ерицов, А. А. Кректунов, С. В. Залесов // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 5 (199). Ч. 2. С. 81–85. DOI: 10.23670/IRJ. 2022. 119. 5. 014
- Основы фитомониторинга / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. Г. Магасумова, Р. А. Осипенко. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 90 с.
- Пожарная обстановка в лесах Хабаровского края / А. М. Орлов, Ю. А. Андреев, В. В. Чаков, В. В. Поздняков. Хабаровск : Хабаровская краевая типография, 2022. 160 с.
- Специфика накопления подроста на горях в различных лесорастительных подзонах ленточных боров Алтая / К. А. Башегуров, А. А. Малиновских, М. А. Савин, Г. А. Годовалов // Леса России и хозяйство в них. 2020. № 1 (72). С. 4–14.
- Усеня В. В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними. Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 2002. 206 с.
- Шубин Д. А., Залесов С. В. Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 127 с.
- Шубин Д. А., Залесов С. В. Послепожарный отпад деревьев в сосновых насаждениях Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края // Аграрный вестник Урала. 2013. № 5 (111). С. 39–41.
- Шубин Д. А., Малиновских А. А., Залесов С. В. Влияние пожаров на компоненты лесного биогеоценоза в Верхне-Обском боровом массиве // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 6 (44). С. 205–208.

References

- Dancheva A. V., Zalesov S. V. Ecological monitoring of recreational forest stands. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2015. 152 p.
- 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.)
- Fire situation in the forests of the Khabarovsk Territory / A. M. Orlov, Yu. A. Andreev, V. V. Chakov, V. V. Pozdnyakov. Khabarovsk : Khabarovsk regional printing house, 2022. 160 p.
- Fundamentals of phytomonitoring / N. P. Bunkova, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. G. Magasumova, R. A. Osipenko. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2020. 90 p.
- Marchenko V. P., Zalesov S. V. The burnability of ribbon hogs in the Irtysh region and ways to minimize it by the example of the State Enterprise GLPR «Yertys Ormany» // Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2013. № 10 (108). P. 55–59. (In Russ.)
- On the approval of the Rules of reforestation, the form, composition, the procedure for approving the reforestation project, the grounds for refusal to approve it, as well as the requirements for the format in electronic form of the reforestation project: Approved. By Order of the Ministry of Natural Resources

- of the Russian Federation № 1024 dated 29.12.2021. URL: <https://garant.ru/products/ipo/prime/doc/403417664> (date of application: 17.03.2023).
- Shubin D. A., Zalesov S. V.* Consequences of forest fires in the pine forests of the Priobsky water protection pine-birch forestry district of the Altai Territory. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2016. 127 p.
- Shubin D. A., Zalesov S. V.* Post-fire fall of trees in pine plantations of the Priobsky water protection pine-birch forest-economic district of the Altai Territory // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2013. № 5 (111). P. 39–41. (In Russ.)
- Shubin D. A., Malinovskikh A. A., Zalesov S. V.* The influence of fires on the components of forest biogeocenosis in the Verkhneobsky forest massif // *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2013. № 6 (44). P. 205–208. (In Russ.)
- Specifics of undergrowth accumulation on burning in various forest-growing subzones of Altai ribbon forests / *K. A. Bashegurov, A. A. Malinovskikh, M. A. Savin, G. A. Godovalov* // *Forests of Russia and economy in them*. 2020. № 1 (72). P. 4–14. (In Russ.)
- The experience of extinguishing peat fires in the Middle Urals / *I. M. Sekerin, A. M. Yeritsov, A. A. Krikunov, S. V. Zalesov* // *International Scientific Research Journal*. 2022. № 5 (199). Part 2. P. 81–85. DOI: 10.23670/IRJ. 2022. 119. 5. 014. (In Russ.)
- The impact of fires on the light coniferous forests of the Lower Angara region / *G. A. Ivanova, E. A. Kukovskaya, I. N. Bezkorovaynaya*, et al. Novosibirsk : Nauka, 2022. 204 p.
- The results of the work of the forestry of the Russian Federation for 2018 and priority tasks for 2019. Moscow : VNIILM, 2019. 108.
- Usenya V. V.* Forest fires, consequences and fight against them. Gomel : IL NAS of Belarus, 2002. 206 p.
- Vorobyev Yu. A., Akimov V. A., Sokolov Yu. I.* Forest fires in Russia: State and problems. Moscow : DEX-PRESS, 2004. 312 p.
- Zalesov S. V.* Development of large-fruited Harems in ribbon forests of the Irtysh region // *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2014. № 5 (123). P. 62–65. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Mironov M. P.* Detection and extinguishing of forest fires. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2004. 138 p.
- Zalesov S. V., Zalesova E. S.* Forest pyrology. Terms, concepts, definitions: educational reference. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2014. 54 p.
- Zalesov S. V., Godovalov G. A., Platonov E. Yu.* Refined scale of distribution of forest fund plots by classes of natural fire hazard // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2013. № 10 (116). P. 45–49. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Magasumova A. G., Novoselova N. N.* Organization of fire-fighting device of plantings formed on former agricultural lands // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2010. № 4 (66). P. 60–63. (In Russ.)
- Zonal and geographical features of the impact of fires on the forest formation of light coniferous plantations in the south of Siberia / *L. V. Buryak, O. P. Kalenskaya, E. A. Kukavskaya, A. G. Luzganov*. Novosibirsk : Nauka, 2022. 284 p.

Информация об авторах

- К. А. Башегуров* – аспирант, bashegurovka@m.usfeu.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9050-8902>;
- Л. А. Белов* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
bla1983@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6397-3681>;
- С. В. Залесов* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>;

A. E. Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук,
osipenko_alexey@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6148-1747>;
A. С. Попов – кандидат сельскохозяйственных наук,
popovas@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3060-9461>;
E. П. Розинкина – студент, rozinkinaep@m.usfeu.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-8000-9122>.

Information about the authors

K. A. Bashegurov – postgraduate student,
bashegurovka@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9050-8902>;
L. A. Belov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
bla1983@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6397-3681>;
S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>;
A. E. Osipenko – Candidate of Agricultural Sciences,
osipenko_alexey@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6148-1747>;
A. S. Popov – Candidate of Agricultural Sciences,
popovas@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3060-9461>;
E. P. Rozinkina – student,
rozinkinaep@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8000-9122>.

Статья поступила в редакцию 20.02.2023; принята к публикации 20.03.2023.
The article was submitted 20.02.2023; accepted for publication 20.03.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 16–23.
Forest of Russia and economy in them. 2023. № 2. С. 16–23.

Научная статья

УДК 630.233:622.342

DOI: 10.51318/FRET.2023.37.61.002

ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНОВ ДОБЫЧИ РАССЫПНОГО ЗОЛОТА

Александр Иванович Петров¹, Вероника Сергеевна Котова²,
Регина Александровна Осипенко³, Сергей Вениаминович Залесов⁴

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

Автор, ответственный за переписку: Сергей Вениаминович Залесов,
zalesovsv@m.usfeu.ru

Аннотация. На основе обследования 27 участков лесных культур, созданных на бывших полигонах добычи драгоценных металлов, предпринята попытка установления эффективности лесохозяйственного направления рекультивации.

Исследования проводились методом пробных площадей с определением приживаемости и сохранности лесных культур, созданных посевом семян и посадкой 2–3-летних сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Установлено, что наиболее низкой приживаемостью и сохранностью характеризуются лесные культуры, созданные посевом семян II класса качества. Из 23,8 га лесных культур, созданных данным способом, списано 17,8 га, или 74,8 %. Создание лесных культур кондиционными местными семенами и семенами I класса качества обеспечило 100 % сохранность лесных культур и перевод их в покрытые лесной растительностью земли.

При механизированной посадке 2–3-летних сеянцев из 185,8 га созданных лесных культур списано 8,0 га (4,3 %), что свидетельствует о возможности создания лесных культур таким способом.

Ручная посадка 2–3-летних сеянцев с открытой корневой системой показала, что все созданные таким способом лесные культуры переведены в покрытые лесной растительностью земли.

Высокие показатели приживаемости и сохранности лесных культур при сроке перевода их в покрытые лесной растительностью земли 5–11 лет свидетельствуют о высокой эффективности лесохозяйственного направления рекультивации выработанных месторождений рассыпных драгоценных металлов.

Ключевые слова: рекультивация, дражные отвалы, лесные культуры, сосна обыкновенная, посев, посадка, приживаемость, сохранность

Scientific article

FORESTRY DIRECTION IN RECKAMATION OF ALLUVIAL GOLD MINING SITES

Alexander I. Petrov¹, Veronika S. Kotova², Regina A. Osipenko³,
Sergey V. Zalesov⁴

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

Corresponding author: Sergey Veniaminovich Zalesov,

Zalesovsv@m.usfeu.ru

Abstract. On the basis of a survey of 28 forest plantation plots created on the former polygons for the extraction of precious metals an attempt was made to establish the effectiveness of forestry reclamation direction.

The studies were carried out by the method of trial plots with the establishment of the survival rate and preservation of forest crops created by sowing seeds and planting 2–3 years old seedlings of scotch pine (*Pinus sylvestris* L.).

It has been established that the forest playtations created by sowing seeds of III quality class are characterized by the lowest survival rate safety. Out of 23.8 % ha of forest plantations created in this way 17,8 ha or 74,8 % are written of. The creation of forest plantations local and the sceds of the first quality class ensured the 100 % preservations of forest plantations and their transfer to the larth covered with forest vegetation.

In mechanized planting of 2–3-years old summer seedling 8,0 ha (4.3 %) were written off from 185 created forest crops which indicates the possibility of creating forest plantations in such a way.

Manual planting of 2–3-years old seedlings with an open root system showed that all forest plantations created in this wan are transferred to the lands covered with forest vegetation.

High rates of both survival and preservation of forest plantations, with the period od their transfer to the lands covered with forest vegetation 5–11 years, testi by to the light efficiency of the forestry direction of the reclamation in depleted deposits of alluvial precious metals.

Keywords: reclamation, dredge dumos, forest crops, scotch pine, sowing, planting, survival, preservation

Введение

За многие годы добычи полезных ископаемых на Урале накоплен значительный опыт рекультивации нарушенных земель (Залесов и др., 2016; 2017; 2022; Формирование..., 2013; Рекультивация..., 2018; Зарипов и др., 2020; Zalesov et al., 2020; Бачурина и др., 2020; Подрост..., 2021). При этом относительно немного работ, посвященных рекультивации полигонов добычи россыпного золота, несмотря на тот факт, что именно на Урале было открыто в 1745 г. первое на территории Российской Федерации месторождение золота (Альбрехт и др., 2015). При этом следует учитывать, что отработанные полигоны по добыче рассыпного

золота и других драгоценных металлов приурочены к малым таежным рекам, а следовательно, эрозия почвогрунтов при отсутствии рекультивации наносит существенный вред водным ресурсам и экологии в целом. Известно (Касимов, Галако, 2002), что традиционные технологии добычи золота, платины и серебра с привлечением драг и гидравлическим способом неэкологичны. Последнее объясняется тем, что в процессе выполнения работ разрушаются коренные растительные сообщества, почвогрунты и ландшафты. При этом происходит перемещение горизонтов почвы и засыпка верхних горизонтов песком материнской породы. Кроме того, после завершения добычи формируются

полигоны с существенной мозаичностью почвенно-грунтовых условий и ландшафтами, сочетающимися бугры и мелкие водоемы.

Большинство полигонов до проведения на них добычи драгоценных металлов относились к лесному фонду, а следовательно, после завершения работ наиболее вероятным направлением рекультивации является лесохозяйственное.

Цель, объекты и методика исследований

Цель исследования – установление показателей приживаемости и сохранности лесных культур, созданных посевом и посадкой 2–3-летних сеянцев сосны обыкновенной на нарушенных землях после добычи россыпных драгоценных металлов.

Объектом исследований служили лесные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданные на полигонах добычи россыпных драгоценных металлов на территории Южно-Уральского лесостепного района (Об утверждении..., 2014).

Территория района исследований характеризуется относительно благоприятными условиями для произрастания основных пород-лесообразователей таежной зоны. Однако количество осадков 481,0 мм в год дает преимущество в формировании насаждений такими видами, как сосна обыкновенная (*P. sylvestris* L.), лиственница Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) и береза повислая (*Betula pendula* Roth.), которые формируют высокопроизводительные насаждения. Район проведения работ уже многие десятилетия является местом добычи россыпных драгоценных металлов (золото, платина, серебро). Использование при добычи указанных металлов деревянных сооружений обусловило вырубку на значительных площадях древостоев лиственницы Сукачева и смену их на производные березовые насаждения (Оплетаев, Залесов, 2014).

В последние десятилетия добыча драгоценных металлов производилась преимущественно с использованием драг, что привело к образованию полигонов с полностью нарушенной коренной растительностью. Верхние слои почвы были сдвинуты с обнажением песчаного слоя материнской

породы, который после промывки был перемешан с другими слоями. В результате сформировался ландшафт с чередующимися гривами и мелкими водоемами, полностью лишенный растительности. Грунт дражных отвалов характеризуется существенной мозаичностью. При этом нарушенные земли представляют существенную опасность для экологии в связи с тем, что при размыве способствуют заилению рек.

Поскольку основные площади нарушенных земель изъяты из лесного фонда, основным направлением рекультивации является лесохозяйственное. Поэтому на указанных площадях создавались лесные культуры посевом и посадкой 2–3-летними сеянцами сосны обыкновенной.

В процессе исследований установлены приживаемость и сохранность указанных лесных культур, а также густота в период перевода их в покрытые лесной растительностью земли в соответствии с апробированными методиками и нормативно-правовыми документами (Об утверждении..., 2014; Основы фитомониторинга, 2020).

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что посевом было создано 162,8 га лесных культур. При этом 59,0 га было создано семенами I класса качества, 80,0 га – кондиционными семенами местного происхождения и 23,8 га – семенами II класса качества (табл. 1).

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что при использовании семян I класса качества приживаемость лесных культур спустя год после посева составляла от 41,6 до 88,5 %, а через 3 года – 66,4–95,0 %. Другими словами, даже при использовании семян I класса качества часть из них не прорастает в первый год и приживаемость на 3-й год на трех из четырех участков выше, чем спустя год после посева.

Перевод в покрытые лесной растительностью земли лесных культур, созданных посевом семян I класса качества, проводится через 6–9 лет после посева при их густоте от 5,0 до 5,7 тыс. шт./га при величине указанного показателя в нормативном документе (Об утверждении..., 2020) 2,0 тыс. шт./га при средней высоте 1,1 м.

Хорошие показатели приживаемости показали также лесные культуры, созданные семенами местного происхождения. При этом приживаемость спустя год после посадки была на всех обследованных участках ниже таковой через 3 года после посадки. Указанные лесные культуры были переведены в покрытые лесной растительностью земли спустя 6–11 лет после посева при густоте 3,9–6,4 тыс. шт./га.

Худшие показатели приживаемости показали лесные культуры сосны, созданные посевом семян II класса. Из 23,9 га указанных лесных культур было списано 17,8 га (74,8 %). При этом на участке № 10 культуры были списаны уже в первый год

после посева, поскольку их приживаемость составила 23,5 %. На участке № 8 лесные культуры спустя год после посадки характеризовались хорошей приживаемостью – 96,1 %. Однако через три года приживаемость лесных культур не превышала 17,6 %, что и обеспечило их списание. Другими словами, причиной списания лесных культур на участке № 8 является не низкая всхожесть семян, а неблагоприятные погодные условия на второй год после посева.

Высокими показателями сохранности характеризуются также лесные культуры сосны обыкновенной, созданные на дражных отвалах механизированным способом (табл. 2).

Таблица 1

Table 1

Характеристика лесных культур, созданных посевом

Characteristics of forest crops created by sowing

№ участка Plot №	Площадь, га Area, ha	Расход семян, кг/га Seed consumption, kg/ha	Приживаемость, % Survival rate, %		Период до перевода, лет Period before transfer, years	Густота при переводе, тыс. шт./га Density in translation, thousand units/ha
			1-й год 1 year	3-й год 3 year		
Семена I класса качества Seeds of class I quality						
1	9,0	1,4	86,5	95,0	6	5,0
2	39,8	1,4	87,8	89,6	9	5,7
3	9,0	1,4	41,6	66,4	7	5,6
4	1,2	1,4	88,5	83,1	7	5,6
Местные кондиционные семена Local conditioned seeds						
5	20,0	1,4	58,0	92,2	6	6,4
6	25,0	1,2	85,5	89,2	9	3,9
7	35,0	1,2	82,0	88,8	11	4,8
Итого Total	80,0					
Семена II класса качества Seeds of class II quali						
8	10,0	1,9	96,1	17,6	Списаны Written off	
9	6,0	1,9	95,1	89,8	9	4,6
10	7,8	1,9	23,5	—	Списаны Written off	
Итого Total	23,8					

Таблица 2

Table 2

Характеристика лесных культур, созданных посадкой
Characteristics of forest crops created by sowing

№ участка Plot №	Площадь, га Area, ha	Густота посадки, тыс. шт./га Planting density, thousand pieces/ha	Приживаемость, % Survival rate, %		Период до перевода, лет Period before transfer, years	Густота при переводе, тыс. шт./га Density in translation, thousand units/ha
			1-й год 1 year	3-й год 3 year		
Механизированная посадка 2–3-летних сеянцев Mechanized planting of 2–3-year-old seedlings						
11	20,0	4,0	92,0	91,2	5	3,7
12	18,0	3,5	90,5	89,6	6	3,2
13	12,0	4,5	91,4	90,6	6	4,4
14	9,2	4,0	93,8	90,6	6	3,7
15	9,6	3,6	86,5	83,0	5	3,2
16	10,0	5,0	78,0	73,0	5	3,7
17	1,8	6,5	98,8	91,0	7	5,5
18	18,2	6,5	98,9	91,0	7	5,2
19	57,5	6,2	91,0	88,0	8	5,1
20	15,0	4,0	77,5	–	–	–
21	14,5	3,5	86,6	–	–	–
Итого Total	185,8					
Ручная посадка 2–3-летних сеянцев Manual planting of 2-3-year-old seedlings						
22	40,0	4,5	92,4	91,7	5	4,4
23	10,0	4,0	92,0	91,2	5	3,7
24	10,0	3,5	90,5	89,6	5	3,2
25	4,3	4,5	99,4	89,1	6	3,9
26	11,2	5,0	97,0	89,0	8	4,9
27	0,6	6,5	98,9	91,0	7	5,3
Итого Total	76,1					

Из материалов табл. 2 следует, что лесные культуры создавались на дражных отвалах 2–3-летними сеянцами с густотой посадки от 3,5 до 6,5 тыс. шт./га. Однако в целях экономии посадочного материала оптимальной густотой посадки, позволяющей обеспечить перевод лесных культур в покрытые лесной растительностью

земли через 5–6 лет после посадки, является 3,5–4,0 тыс. шт./га.

Из созданных механизированным способом 185,8 га лесных культур списано 8 га на участке № 16. При этом оставшиеся 2 га переведены спустя 5 лет после посадки в покрытые лесной растительностью земли с густотой 3,7 тыс. шт./га.

Причиной гибели лесных культур и последующего списания явилось объединение их дикими копытными животными.

На участке 20 и 21 лесные культуры также не переведены в покрытые лесной растительностью земли.

Однако причиной является то, что они созданы всего 2 года назад. При этом показатели приживаемости спустя год после посадки (77,5 и 86,6 %) позволяют надеяться, что данные лесные культуры в ближайшие 3–5 лет также будут переведены в покрытые лесной растительностью земли.

Таким образом, при механизированной посадке лесных культур на дражных отвалах, сформировавшихся в результате добычи драгоценных металлов, из 185,8 га списано лишь 4,3 %, а при ручной посадке все лесные культуры переведены в покрытые лесной растительностью земли.

Заключение

В целом можно отметить, что полигоны, формирующиеся в процессе добычи россыпных месторождений драгоценных металлов, могут и должны стать объектами компенсационного лесоразведения.

Поскольку искусственные и естественные сосновые насаждения на Урале характеризуются высокими таксационными показателями (Залесов и др., 2002), целесообразно создавать лесные культуры на дражных отвалах как посевом, так и посадкой. При проведении посевов необходимо использовать только семена местного происхождения или районированные семена I класса качества.

При создании лесных культур посадкой густота должна составлять 3,5–4,0 тыс. шт./га, что обеспечивает перевод рекультивируемых участков в покрытые лесной растительностью земли через 5–6 лет после посадки.

Список источников

- Альбрехт В. Г., Набиуллин Ф. М., Клейменов Д. А. Первое золото России. Екатеринбург : Уральский рабочий, 2015. 248 с.
- 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
- Залесов С. В., Зарипов Ю. В., Залесова Е. С. Естественная рекультивация отвала вскрышных пород и отходов обогащения асбестовой руды // Аграрный вестник Урала. 2017. № 3 (157). С. 25–38.
- Залесов С. В., Зарипов Ю. В., Осипенко Р. А. Опыт лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных земель при разработке месторождений глины, хризотил-асбеста и редкоземельных руд. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. 282 с.
- Залесов С. В., Лобанов А. Н., Луганский Н. А. Рост и продуктивность сосняков искусственного и естественного происхождения. Екатеринбург : УГЛТУ, 2002. 112 с.
- Залесов С. В., Оплетев А. С., Терин А. А. Формирование искусственных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на рекультивированном золоотвале // Аграрный вестник Урала. 2016. № 8 (150). С. 15–23.
- Зарипов Ю. В., Залесов С. В., Осипенко Р. А. Формирование древесной растительности на выработанных карьерах огнеупорной глины // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 2 (92). Ч. 1. С. 83–88.
- Касимов А. К., Галако В. А. Экологические аспекты лесовосстановления отработанных россыпей Прикамья. Екатеринбург : УрО РАН, 2002. 229 с.
- Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации : утв. приказом Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (дата обращения: 17.01.2023).

- Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений : утв. приказом Минприроды России от 04.12.2020 г. № 1014. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565780462> (дата обращения: 17.01.2023).
- Оплетаев А. С., Залесов С. В. Переформирование производных мягколиственных насаждений в лиственные на Южном Урале. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 178 с.
- Основы фитомониторинга / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. Г. Магасумова, Р. А. Осипенко. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 90 с.
- Подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах месторождения хризотил-асбеста / Ю. В. Зарипов, С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. С. Попов, Е. П. Платонов, Н. П. Стародубцева // Известия вузов. Лесной журнал. 2021. № 5. С. 22–33.
- Рекультивация нарушенных земель на месторождении тантал-бериллия / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, Ю. В. Зарипов, А. С. Оплетаев, О. В. Толкач // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. С. 63–67. DOI: 10.18412/1816-0393-2018-12-63-67
- 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. С. 66–73.
- 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

- About the approval of the List of forest-growing zones of the Russian Federation and the List of forest areas of the Russian Federation: Approved by Decree of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 18.08.2014 № 367. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (date of application: 17.01.2023).
- Albrecht V. G., Nabiullin F. M., Kleimenov D. A. The first gold of Russia. Yekaterinburg : Ural Worker, 2015. 248 p.
- 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.)
- Base phytomonitoring / N. P. Bunykova, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. G. Magasumova, R. A. Osipenko. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2020. 90 p.
- Formation of artificial plantings at the ash dump of Reftinskaya GRES / S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. A. Zverev, A. S. Opletayev, A. A. Terin // IVUZ. Lesnoy Journal. 2013. № 2. P. 66–73. (In Russ.)
- Kasimov A. K., Galako V. A. Ecological aspects of reforestation of spent placers of the Kama region. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002. 229 p.
- Opletayev A. S., Zalesov S. V. Reformation of derivatives of medicinal plantings in the larch forests of the Southern Urals. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2014. 178 p.
- Recultivation of disturbed transgressed land at place of birth tantalum-beryllia / C. V. Zalesov, E. S. Zalesova, Yu. V. Zaripov, A. S. Opletayev, O. V. Tolkach // Ecology and industry of Russia. 2018. Т. 22. P. 63–67. DOI: 10.18412/1816-0393-2018-12-63-67. (In Russ.)
- The forest regulations, the forest regulations, the draft forest regulations, the order of development of the forest regulations and the changes in it. Fairytale Minprirodense <url> from 04.12.2020 № 1014. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565780462> (date of application: 17.01.2023).
- 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 // Izvestia vuzov. Lesnoy Journal. 2021. № 5. P. 22–33. (In Russ.)

- Zalesov S. V., Lobanov A. N., Lugansky N. A. Growth and productivity of pine forests of artificial and natural origin. Yekaterinburg : UGLTU, 2002. 112 p.
- Zalesov S. V., Opletaev A. S., Terin A. A. Formation of artificial stands of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on reclaimed ash dump // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. № 8 (150). P. 15–23. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Zaripov Yu. V., Zalesova E. S. Natural recultivation of overburden and asbestos ore enrichment waste // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. № 3 (157). P. 25–38. (In Russ.)
- Zaripov Yu. V., Zalesov S. V., Osipenko R. A. The formation of woody vegetation on the worked-out quarries of refractory clay // International Research Journal. 2020. № 2 (92). Part 1. P. 83–88. (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

А. И. Петров – аспирант,
<http://orcid:0000-0002-2409-481X>;

В. С. Котова – студент,
<http://orcid:0000-0001-7342-5577>;

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

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

Information about the authors

A. I. Petrov – graduate student,
<http://orcid:0000-0002-2409-481X>;

V. S. Kotova – student,
<http://orcid:0000-0001-7342-5577>;

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

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

Статья поступила в редакцию 21.02.2023; принята к публикации 21.03.2023.

The article was submitted 21.02.2023; accepted for publication 21.03.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 24–32.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 24–32.

Научная статья

УДК 630.43(470+571)

DOI: 10.51318/FRET.2023.76.82.003

ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И ПРОЙДЕННОЙ ИМИ ПЛОЩАДИ В УРАЛЬСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Илья Михайлович Секерин¹, Андрей Маркелович Ерицов²,
Алексей Александрович Кректунов³, Полина Сергеевна Юдина⁴,
Геннадий Александрович Годовалов⁵

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

² ФБУ «Авиалесоохрана», Пушкино, Московская область, Россия

³ Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург, Россия

Автор, отвечающий за переписку: Геннадий Александрович Годовалов,
godovalovga@m.usfeu.ru

Аннотация. Предпринята попытка анализа фактической горимости лесов субъектов Уральского федерального округа. На основе фактических материалов проанализированы показатели о количестве лесных пожаров и пройденной ими площади за период с 2001 по 2022 гг., а также причины их возникновения, средняя площадь лесного пожара.

Отмечается, что лесной фонд субъектов Уральского федерального округа (УрФО) характеризуется существенными различиями. В ЯНАО и ХМАО-Югра доля количества лесных пожаров значительно ниже доли пройденной огнем площади относительно УрФО в целом. Последнее объясняется не только слабой освоенностью территории дорожной сетью, но и низкой оперативностью ликвидации лесных пожаров.

Совершенствование охраны лесов от пожаров может быть обеспечено маневрированием сил и средств пожаротушения, эффективным противопожарным устройством и планированием работ по охране с учетом меняющегося климата.

Особо следует отметить, что пожарная обстановка в лесном фонде УрФО создается ежегодно на всей территории округа. При этом значительное количество лесных пожаров во многом объясняется низкой противопожарной культурой граждан.

Ключевые слова: Уральский федеральный округ, лесные пожары, горимость лесов, частота пожаров

Scientific article

DYNAMICS OF THE NUMBER OF FOREST FIRES AND THE AREA COVERED BY THEM IN THE URAL FEDERAL DISTRICT

Ilya M. Sekerin¹, Andrey M. Yeritsov², Alexey A. Krektunov³,
Polina S. Yudina⁴, Gennady A. Godovalov⁵

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

² FBU «Avialesookhrana», Pushkino, Moscow region, Russia

³ Ural Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Gennady Alexandrovich Godovalov,
godovalovga@m.usfeu.ru

Abstract. An attempt was made to analyze the actual burning of forests in subjects of the Ural Federal District. Based on actual materials, the indicators on the number of forest fires and the area covered by them for the period from 2001 to 2022, the average area of forest fires, as well as the causes of their occurrence have been analyzed.

It is noted that the forest fund in the subjects of Ural Federal District is characterized by significant differences. In YANAD and Khanta-Yugra the share of the number of forest fires is significant but lower than the share of the area covered by the fire relative to the Ural Federal District as a whole. The latter is explained not only by the road network, which is weak in this territory, but also by the low efficiency of forest fires elimination.

The improvement of forest protection from fires can be ensured by maneuvering of forces and means of fire extinguishing, effective forest fire protection management and planning of protection works taking into account the changing climate.

It should be especially noted that the fire situation in the forest fund of UFD is formed annually in the district at the same time a significant number of forest fires is largely due to the low fire prevention culture of citizens.

Keywords: Ural federal district, forest fires, forest burning, fire frequency

Введение

Возникновение лесных пожаров обусловлено как природными, так и антропогенными факторами. К сожалению, ежегодно приходит информация о страшных последствиях лесных пожаров, в огне которых не только уничтожаются значительные запасы древесины (Шубин, Залесов, 2013, 2016), гибнут другие компоненты насаждений (Шубин и др., 2013), но и создается реальная угроза жизни населения (Защита..., 2013; Кректунов, Залесов, 2017). Неслучайно лесоводами предпринимаются усилия по совершенствованию лесопожарного районирования (Залесов и др., 2013; Ольховка, Залесов, 2013), разработке рекомендаций по формированию пожароустойчивых насаждений (Залесов и др., 2013; Данчева, Залесов, 2016, 2022, 2023)

и противопожарному устройству лесов (Залесов и др., 2010; 2014; Противопожарное обустройство..., 2022). Особое внимание охране лесов от пожаров уделяется в аридных условиях (Марченко, Залесов, 2013), а также в районах нефтегазодобычи (Деградация..., 2002; Влияние продуктов..., 2006) и вокруг населенных пунктов (Защита..., 2013; Залесов и др., 2014; Новый способ..., 2014).

Меняющийся климат обуславливает необходимость более внимательного подхода к охране лесов от пожаров. При этом особенно важно минимизировать затраты на ликвидацию пожаров путем маневрирования средствами пожаротушения и лесопожарными формированиями. Горимость лесов существенно различается по месяцам пожароопасного периода, а следовательно, и по субъектам

Российской Федерации. Последнее в полной мере относится и к Уральскому федеральному округу (УрФО), который протянулся с севера на юг от Северного Ледовитого океана до степей Казахстана и включает целый ряд лесорастительных зон и лесных районов.

Целью исследований были анализ горимости лесов УрФО по входящим в него субъектам и разработка предложений по минимизации количества и площади лесных пожаров.

Методы и объекты исследований

В основу исследований положены материалы статистической отчетности о горимости лесов в субъектах УрФО. Помимо установления количества и площади лесных пожаров за период с 2001 по 2022 гг., определена средняя площадь лесного пожара по годам, причинам возникновения, а также установлена относительная горимость лесов по показателям частоты пожаров и пройденной огнем площади, приходящейся на 1,0 тыс. га лесного фонда (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Шкала оценки горимости лесов (Пожарная обстановка..., 2022)
Forest burnability assessment scale (Fire situation..., 2022)

Средняя абсолютная горимость Average absolute burnability		Средняя относительная горимость Average relative burnability
по количеству пожаров на 1,0 млн га, шт. by the number of fires per 1,0 million hectares, pcs.	по пройденной огнем площади, га/1,0 тыс. га according to the area covered by fire, ha/1,0 thousand ha	
Менее 5 Less than 5	Менее 0,1 Less than 0.1	Низкая Low
5–20	0,1–0,5	Ниже средней Below average
21–50	0,51–1,0	Средняя Average
51–100	1,01–1,5	Выше средней Above average
101–200	1,51–3,0	Высокая High
201 и более	Более 3	Чрезвычайная Emergency

На основании полученных материалов с учетом литературных данных, требований нормативно-правовых документов и результатов собственных исследований разработаны предложения по совершенствованию охраны лесов на территории УрФО.

Материалы и обсуждение

Одним из важнейших показателей, характеризующих горимость лесов, является количество лесных пожаров на охраняемой территории. Иссле-

дования показали, что количество лесных пожаров сильно различается как по субъектам УрФО, так и по периодам (табл. 2).

Материалы табл. 2 наглядно свидетельствуют, что максимальное количество лесных пожаров фиксируется в Челябинской области, а минимальное – в ЯНАО. При этом средние показатели количества лесных пожаров в относительных величинах за анализируемые периоды меняются несущественно. Последнее нельзя сказать о пройденной лесными пожарами площади (табл. 3).

Таблица 2

Table 2

Среднегодовое количество лесных пожаров по субъектам УрФО

за период с 2001 по 2022 гг., шт./ %

The average annual number of forest fires in the subjects of the Ural Federal District for the period from 2001 to 2022, pcs./ %

Период, гг. Period, years	Область Area				Округ* District*		Всего Total
	Курганская Kurgan	Свердловская Sverdlovsk	Тюменская Tyumen	Челябинская Chelyabinsk	ХМАО-Югра KhMAO-Yugra	ЯНАО YaNAO	
2001–2005	<u>905,4</u> 18,3	<u>826,6</u> 16,7	<u>8,8</u> 13,5	<u>1708,2</u> 34,4	<u>636,6</u> 12,8	<u>214,8</u> 4,3	<u>4960,4</u> 100
2006–2010	<u>920,4</u> 15,5	<u>1207,2</u> 20,3	<u>1110,4</u> 18,7	<u>2196,6</u> 37,1	<u>363,2</u> 6,1	<u>138,4</u> 2,3	<u>5936,2</u> 100
2011–2015	<u>443,6</u> 13,0	<u>678,6</u> 20,0	<u>394,6</u> 11,6	<u>848,6</u> 25,0	<u>705,2</u> 20,8	<u>324,8</u> 9,6	<u>3395,4</u> 100
2016–2020	<u>319,4</u> 16,3	<u>389,6</u> 19,9	<u>138,2</u> 7,0	<u>552,2</u> 28,1	<u>350,2</u> 17,9	<u>211,6</u> 10,8	<u>1961,2</u> 100
2021–2022	<u>706,0</u> 20,7	<u>906,0</u> 26,6	<u>434,0</u> 12,7	<u>769,0</u> 22,5	<u>385,5</u> 11,3	<u>211,5</u> 6,2	<u>3412,0</u> 100
2001–2022	<u>652,5</u> 16,3	<u>787,4</u> 19,7	<u>564,9</u> 14,1	<u>1275,7</u> 31,9	<u>502,1</u> 12,5	<u>221,4</u> 5,5	<u>4004,1</u> 100

*ХМАО-Югра – Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, ЯНАО – Ямало-Ненецкий автономный округ.
KhMAO – Yugra – Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, YaNAO – Yamalo-Nenets Autonomous Okrug.

Таблица 3

Table 3

Среднегодовая площадь лесных пожаров по субъектам УрФО

за период с 2001 по 2022 гг., га/ %

The average annual area of forest fires in the subjects of the Ural Federal District for the period from 2001 to 2022, ha/ %

Период, гг. Period, years	Область Area				Округ District		Всего Total
	Курганская Kurgan	Свердловская Sverdlovsk	Тюменская Tyumen	Челябинская Chelyabinsk	ХМАО-Югра KhMAO-Yugra	ЯНАО YaNAO	
2001–2005	<u>14409,2</u> 20,1	<u>7050,2</u> 9,9	<u>5510,4</u> 7,7	<u>5869,6</u> 8,2	<u>36650,4</u> 51,2	<u>2066,4</u> 2,9	<u>71556,2</u> 100
2006–2010	<u>11829,8</u> 9,7	<u>62020,6</u> 50,6	<u>17210,8</u> 14,0	<u>11127,0</u> 9,1	<u>18097,0</u> 14,8	<u>2181,8</u> 1,8	<u>122467,0</u> 100
2011–2015	<u>3711,8</u> 3,1	<u>7932,0</u> 6,7	<u>3446,6</u> 2,9	<u>8071,8</u> 6,8	<u>43689,2</u> 36,8	<u>51839,4</u> 43,7	<u>118690,8</u> 100
2016–2020	<u>8052,6</u> 6,5	<u>4456,2</u> 3,6	<u>1288,6</u> 1,0	<u>9360,4</u> 7,5	<u>44437,6</u> 35,7	<u>57026,8</u> 45,7	<u>124622,2</u> 100
2021–2022	<u>83159,0</u> 17,4	<u>35939,5</u> 7,5	<u>104155,5</u> 21,8	<u>22351,0</u> 4,7	<u>221907,0</u> 46,5	<u>9929,5</u> 2,1	<u>477441,5</u> 100
2001–2022	<u>16197,0</u> 11,3	<u>21780,6</u> 15,3	<u>15708,8</u> 11,0	<u>9856,6</u> 6,9	<u>52644,8</u> 36,9	<u>26610,5</u> 18,6	<u>142798,4</u> 100

Материалы табл. 3 позволяют сделать вывод о том, что по пройденной огнем площади доминирует Ханты-Мансийский автономный округ – Югра. За 22-летний период в этом округе площадь, пройденная лесными пожарами, составила 36,9 % от таковой по УрФО в целом.

В то же время более наглядную картину о горимости лесов дают данные о средней площади пожара. Указанный показатель приведен в табл. 4 и позволяет оценить эффективность борьбы с лесными пожарами.

Согласно данным табл. 4, средняя площадь лесных пожаров существенно различается по субъектам УрФО. Так, несмотря на то, что доля лесных пожаров в ЯНАО не превышает за 22-летний период 5,5 % от их общего количества в УрФО, средняя площадь пожара составляет 120,2 га, или в 3,4 раза превышает таковую по УрФО в целом. Почти в 3 раза превышает средняя площадь лесного пожара в ХМАО-Югре таковую по округу. В то же время в Челябинской области при доле лесных пожаров 31,9 % от общего

их количества по УрФО доля пройденной огнем площади от общей по УрФО не превышает 6,9 %, а средняя площадь пожара на момент ликвидации составляет 7,7 га.

Естественно, что на площадь лесных пожаров оказывает влияние слабая дорожная сеть на территории ЯНАО и ХМАО-Югры. Однако можно предположить, что большая средняя площадь лесного пожара объясняется и слабой оперативностью тушения.

Особо следует отметить, что, несмотря на предпринимаемые усилия, пожарная обстановка в последние годы усложняется, что вызвано, на наш взгляд, изменениями климата. Данные об относительной горимости по частоте лесных пожаров приведены в табл. 5.

Данные, приведенные в табл. 5, наглядно свидетельствуют, что относительная горимость существенно различается по субъектам УрФО. При этом в большинстве субъектов показатели относительной горимости по частоте пожаров превышают таковые по пройденной огнем площади.

Таблица 4
Table 4

Средняя площадь лесного пожара по субъектам УрФО
за период с 2001 по 2022 гг., га/ %
Average area of forest fires in the subjects of the Ural Federal District for
the period from 2001 to 2022, ha/ %

Период, гг. Period, years	Область Area				Округ District		Всего Total
	Курганская Kurgan	Свердловская Sverdlovsk	Тюменская Tyumen	Челябинская Chelyabinsk	ХМАО-Югра KhMAO-Yugra	ЯНАО YaNAO	
2001–2005	$\frac{15,9}{110,4}$	$\frac{8,5}{59,0}$	$\frac{8,2}{56,9}$	$\frac{3,4}{23,6}$	$\frac{57,6}{400,0}$	$\frac{9,6}{66,7}$	$\frac{14,4}{100}$
2006–2010	$\frac{12,9}{62,6}$	$\frac{51,4}{249,5}$	$\frac{15,5}{75,2}$	$\frac{5,1}{24,8}$	$\frac{49,8}{241,7}$	$\frac{15,8}{76,7}$	$\frac{20,6}{100}$
2011–2015	$\frac{8,4}{24,0}$	$\frac{11,7}{33,4}$	$\frac{8,7}{24,9}$	$\frac{9,5}{27,1}$	$\frac{62,0}{177,1}$	$\frac{159,6}{456,0}$	$\frac{35,0}{100}$
2016–2020	$\frac{25,2}{39,7}$	$\frac{11,4}{18,0}$	$\frac{9,3}{14,6}$	$\frac{17,0}{26,8}$	$\frac{126,9}{199,8}$	$\frac{269,5}{424,4}$	$\frac{63,5}{100}$
2021–2022	$\frac{117,8}{84,2}$	$\frac{39,7}{28,4}$	$\frac{240,0}{171,6}$	$\frac{29,1}{20,8}$	$\frac{575,6}{411,4}$	$\frac{46,9}{33,5}$	$\frac{139,9}{100}$
2001–2022	$\frac{24,8}{69,5}$	$\frac{27,7}{77,6}$	$\frac{27,8}{77,9}$	$\frac{7,7}{21,6}$	$\frac{104,8}{293,6}$	$\frac{120,2}{336,7}$	$\frac{35,7}{100}$

Таблица 5

Table 5

Относительная горимость лесов субъектов УрФО по частоте лесных пожаров (числитель)
и площади (знаменатель)

Relative burnability of the forests of the subjects of the Ural Federal District in terms of the frequency
of forest fires (numerator) and area (denominator)

Период, гг. Period, years	Область Area				Округ District		Всего Total
	Курганская Kurgan	Свердловская Sverdlovsk	Тюменская Tyumen	Челябинская Chelyabinsk	ХМАО-Югра KhMAO-Yugra	ЯНАО YaNAO	
2001–2005	<u>Чрезв.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Emerg.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Выше ср.</u> <u>Ниже ср.</u> <u>Above av.</u> <u>Below av.</u>	<u>Выше ср.</u> <u>Ниже ср.</u> <u>Above av.</u> <u>Below av.</u>	<u>Чрезв.</u> <u>Высокая</u> <u>Emerg.</u> <u>High</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Средняя</u> <u>Below av.</u> <u>Average</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Низкая</u> <u>Below av.</u> <u>Low</u>	<u>Средняя</u> <u>Средняя</u> <u>Average</u> <u>Average</u>
2006–2010	<u>Чрезв.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Emerg.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Выше ср.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Above av.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Выше ср.</u> <u>Высокая</u> <u>Above av.</u> <u>High</u>	<u>Чрезв.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Emerg.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Ниже ср.</u> <u>Below av.</u> <u>Below av.</u>	<u>Низкая</u> <u>Низкая</u> <u>Low</u> <u>Low</u>	<u>Выше ср.</u> <u>Выше ср.</u> <u>Above av.</u> <u>Above av.</u>
2011–2015	<u>Чрезв.</u> <u>Высокая</u> <u>Emerg.</u> <u>High</u>	<u>Средняя</u> <u>Средняя</u> <u>Average</u> <u>Average</u>	<u>Средняя</u> <u>Ниже ср.</u> <u>Average</u> <u>Below av.</u>	<u>Чрезв.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Emerg.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Средняя</u> <u>Below av.</u> <u>Average</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Высокая</u> <u>Below av.</u> <u>High</u>	<u>Средняя</u> <u>Выше ср.</u> <u>Average</u> <u>Above av.</u>
2016–2020	<u>Высокая</u> <u>Чрезв.</u> <u>High</u> <u>Emerg.</u>	<u>Средняя</u> <u>Ниже ср.</u> <u>Average</u> <u>Below av.</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Ниже ср.</u> <u>Below av.</u> <u>Below av.</u>	<u>Чрезв.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Emerg.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Средняя</u> <u>Below av.</u> <u>Average</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Высокая</u> <u>Below av.</u> <u>High</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Выше ср.</u> <u>Below av.</u> <u>Above av.</u>
2021–2022	<u>Чрезв.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Emerg.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Выше ср.</u> <u>Высокая</u> <u>Above av.</u> <u>High</u>	<u>Средняя</u> <u>Чрезв.</u> <u>Average</u> <u>Emerg.</u>	<u>Чрезв.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Emerg.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Below av.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Ниже ср.</u> <u>Below av.</u> <u>Below av.</u>	<u>Средняя</u> <u>Чрезв.</u> <u>Average</u> <u>Emerg.</u>
2001–2022	<u>Чрезв.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Emerg.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Выше ср.</u> <u>Выше ср.</u> <u>Above av.</u> <u>Above av.</u>	<u>Средняя</u> <u>Высокая</u> <u>Average</u> <u>High</u>	<u>Чрезв.</u> <u>Чрезв.</u> <u>Emerg.</u> <u>Emerg.</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Выше ср.</u> <u>Below av.</u> <u>Above av.</u>	<u>Ниже ср.</u> <u>Средняя</u> <u>Below av.</u> <u>Average</u>	<u>Средняя</u> <u>Выше ср.</u> <u>Average</u> <u>Above av.</u>

Особо следует отметить, что основной причиной лесных пожаров в ХМАО-Югре и ЯНАО являются молнии, в то время как в остальных субъектах абсолютное большинство пожаров возникает по вине населения. Последнее свидетельствует о необходимости усиления работы по противопожарной пропаганде.

Учитывая изменения климата и увеличение вероятности возникновения лесных пожаров, можно предложить следующие мероприятия.

Повысить внимание к противопожарному устройству территории, особенно вокруг населенных пунктов и объектов экономики. Последнее позволит не только минимизировать ущерб от лесных пожаров, но и снизит опасность гибели людей от природных пожаров.

Для каждого населенного пункта должен быть разработан и реализован проект противопожарного устройства, внедрение которого исключит проникновение на территорию населенного пункта любых видов природных пожаров.

Особое внимание следует уделить взаимодействию лесопожарных служб, МЧС и администраций населенных пунктов, а также маневрированию средствами пожаротушения охраны.

Выводы

1. Субъекты УрФО существенно различаются по показателям фактической горимости лесов.
2. Показатели относительной горимости по частоте лесных пожаров в большинстве субъектов РФ ниже, чем по пройденной огнем площади.

3. За период с 2001 по 2022 гг. относительная горимость в УрФО по частоте пожаров характеризуется как средняя, а по пройденной огнем площади – выше средней.

4. Наиболее пожароопасными являются Курганская и Челябинская области, где показатели относительной горимости за анализируемый период характеризуются как чрезвычайные.

5. В целях минимизации послепожарного ущерба необходимо усилить противопожарную пропаганду и повысить эффективность противопожарного устройства.

6. Минимизировать расходы на охрану лесов от пожаров можно за счет маневрирования силами и средствами.

Список источников

- Влияние продуктов сжигания попутного газа при добыче нефти на репродуктивное состояние сосновых древостоев в северотаежной подзоне / Д. Р. Аникеев, И. А. Юсупов, Н. А. Луганский, С. В. Залесов, К. И. Лопатин // *Экология*. 2006. № 2. С. 122–126.
- 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.
- Данчева А. В., Залесов С. В. Влияние рубок ухода на биологическую устойчивость сосняков защитного назначения Северного Казахстана // *Лесной вестник*. 2022. Т. 26. № 4. С. 5–13. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-5-13
- Данчева А. В., Залесов С. В. Формирование рубками ухода биологически устойчивых сосняков защитного назначения в Северном Казахстане // *ИВУЗ. Лесной журнал*. 2023. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1
- Деградация и демутиация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи / С. В. Залесов, Н. А. Кряжевских, Н. Я. Крупинин, К. В. Крючков, К. И. Лопатин, В. Н. Луганский, Н. А. Луганский, А. Е. Морозов, И. В. Ставищенко, И. А. Юсупов. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. Вып. 1. 436 с.
- Залесов С. В., Годовалов Г. А., Кректунов А. А. Система пожаротушения NATISK для остановки и локализации лесных пожаров // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 3. URL: www.science-education.ru/117-12757 (дата обращения: 19.04.2023).
- Защита населенных пунктов от природных пожаров / С. В. Залесов, Г. А. Годовалов, А. А. Кректунов, Е. Ю. Платонов // *Аграрный вестник Урала*. 2013. № 2 (108). С. 34–36.
- Залесов С. В., Годовалов Г. А., Платонов Е. Ю. Уточненная шкала распределения участков лесного фонда по классам природной пожарной опасности // *Аграрный вестник Урала*. 2013. № 10 (116). С. 45–49.
- Залесов С. В., Залесова Е. С., Оплетев А. С. Рекомендации по совершенствованию охраны лесов от пожаров в ленточных борах Прииртышья. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 67 с.
- Залесов С. В., Магасумова А. Г., Новоселова Н. Н. Организация противопожарного устройства насаждений, формирующихся на бывших сельскохозяйственных угодьях // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2010. № 4 (66). С. 60–63.
- Кректунов А. А., Залесов С. В. Охрана населенных пунктов от природных пожаров. Екатеринбург : Урал. ин-т ГПС МЧС России, 2017. 162 с.
- Марченко В. П., Залесов С. В. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс орманы» // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. № 10 (108). С. 55–59.
- Новый способ создания заградительных и опорных противопожарных полос / С. В. Залесов, Г. А. Годовалов, А. А. Кректунов, А. С. Оплетев // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2014. № 3 (31). С. 90–95.
- Ольховка И. Э., Залесов С. В. Лесопожарное районирование лесов Курганской области и рекомендации по их противопожарному обустройству // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. URL: www.science-education.ru/111-10262 (дата обращения: 19.04.2023).

- Пожарная обстановка в лесах Хабаровского края / *А. М. Орлов, Ю. А. Андреев, В. В. Чаков, В. В. Позднякова*. Хабаровск : Хабаровская краевая типография, 2022. 160 с.
- Противопожарное обустройство лесов южной тайги, лесостепи Западной Сибири и Урала / *Б. Е. Чижов, С. В. Залесов, Г. Г. Терехов, Н. С. Санников, Е. В. Егоров* // Лесохозяйственная информация. 2022. № 2. С. 13–33. DOI: 10.24419. JHI. 2304-3083. 2022. 2.02
- Шубин Д. А., Залесов С. В.* Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 127 с. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/6238> (дата обращения: 19.04.2023).
- Шубин Д. А., Залесов С. В.* Послепожарный отпад деревьев в сосновых насаждениях Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края // Аграрный вестник Урала. 2013. № 5 (111). С. 39–41.
- Шубин Д. А., Малиновских А. А., Залесов С. В.* Влияние пожаров на компоненты лесного биогеоценоза в Верхне-Обском боровом массиве // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 6 (44). С. 205–208.

References

- A new way of creating protective and supporting fire-fighting strips / *S. V. Zalesov, G. A. Godovalov, A. A. Krektunov, A. S. Opletaev* // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2014. № 3 (31). P. 90–95. (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V.* Formation of biologically stable pine forests of protective purpose by logging in Northern Kazakhstan // IVZ. Lesnoy zhurnal. 2023. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1 (In Russ.)
- Dancheva A. V., Zalesov S. V.* The effect of logging on the biological stability of protective pine forests of Northern Kazakhstan // Lesnoy vestnik. Forest Bulletin. 2022. Vol. 26. № 4. P. 5–13. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-5-13 (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.)
- Degradation and demutation of forest ecosystems in the conditions of oil and gas production / *S. V. Zalesov, N. A. Kryazhevskikh, N. Ya. Krupinin, K. V. Kryuchkov, K. I. Lopatin, V. N. Lugansky, N. A. Lugansky, A. E. Morozov, I. V. Stavishenko, I. A. Yusupov*. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2002. Issue 1. 436 p.
- Fire-fighting arrangement of forests of the southern taiga, forest-steppe of Western Siberia and the Urals / *B. E. Chizhov, S. V. Zalesov, G. G. Terekhov, N. S. Sannikov, E. V. Egorov* // Forestry information. 2022. № 2. P. 13–33. DOI: 10.24419. JHI. 2304-3083. 2022. 2.02 (In Russ.)
- Fire situation in the forests of the Khabarovsk Territory / *A. M. Orlov, Yu. A. Andreev, V. V. Chakov, V. V. Pozdnyakova*. Khabarovsk : Khabarovsk regional printing house, 2022. 160 p.
- Krektunov A. A., Zalesov S. V.* Protection of settlements from natural fires. Yekaterinburg : Ural. in-t GPS EMERCOM of Russia, 2017. 162 p.
- Marchenko V. P., Zalesov S. V.* The burnability of ribbon hogs in the Irtysh region and ways to minimize it by the example of the State Enterprise GLPR «Yertys Ormany» // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2013. № 10 (108). P. 55–59. (In Russ.)
- Olkhovka I. E., Zalesov S. V.* Forest fire zoning of forests of the Kurgan region and recommendations for their fire protection // Modern problems of science and education. 2013. № 5. URL: www.science-education.ru/111-10262 (date of application: 19.04.2023).
- Protection of settlements from natural fires / *S. V. Zalesov, G. A. Godovalov, A. A. Krektunov, E. Yu. Platonov* // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 2 (108). P. 34–36. (In Russ.)

- Shubin D. A., Zalesov S. V. Consequences of forest fires in the pine forests of the Priobsky water protection pine-birch forestry district of the Altai Territory. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2016. 127 p. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/6238> (date of application: 19.04.2023).
- Shubin D. A., Zalesov S. V. Post-fire fall of trees in pine plantations of the Priobsky water protection pine-birch forestry district of the Altai Territory // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 5 (111). P. 39–41. (In Russ.)
- Shubin D. A., Malinovskikh A. A., Zalesov S. V. The effect of fires on the components of forest biogeocenosis in the Upper Ob forest massif // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2013. № 6 (44). P. 205–208. (In Russ.)
- The influence of associated gas combustion products during oil production on the reproductive state of pine stands in the North Taiga sub-zone / D. R. Anikeev, I. A. Yusupov, N. A. Lugansky, S. V. Zalesov, K. I. Lopatin // Ecology. 2006. № 2. P. 122–126. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Godovalov G. A., Krektunov A. A. NATISK fire extinguishing system for stopping and localizing forest fires // Modern problems of science and education. 2014. № 3. URL: www.science-education.ru/117-12757 (date of application: 19.04.2023).
- Zalesov S. V., Godovalov G. A., Platonov E. Yu. The refined scale of distribution of forest fund plots by classes of natural fire danger // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 10 (116). P. 45–49. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Magasumova A. G., Novoselova N. N. Organization of fire-fighting device of plantings formed on former agricultural lands // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2010. № 4 (66). P. 60–63. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Zalesova E. S., Opletaev A. S. Recommendations for improving the protection of forests from fires in the ribbon forests of the Priir-tyshye. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2014. 67 p.

Информация об авторах

- И. М. Секерин – кандидат сельскохозяйственных наук,
sekerinim@m.usfeu.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3492-4322>;
- А. М. Ерицов – кандидат сельскохозяйственных наук, зам. начальника ФБУ «Авиалесоохрана»,
aeritsov@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2756-5349>;
- А. А. Кректунов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
- Ю. П. Юдина – магистр;
- Г. А. Годовалов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
godovalov1952@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2309-2302>.

Information about the authors

- I. M. Sekerin – Candidate of Agricultural Sciences,
sekerinim@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3492-4322>;
- A. M. Yeritsov – Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Head of the FBU «Avialesookhrana»,
aeritsov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2756-5349>;
- A. A. Krektunov – Candidate of Agricultural Sciences,
alexkrec96@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2160-3305>;
- Yu. P. Yudina – master's student;
- G. A. Godovalov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
godovalov1952@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2309-2302>.

Статья поступила в редакцию 21.03.2023; принята к публикации 21.04.2023.

The article was submitted 21.03.2023; accepted for publication 21.04.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 33–41.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 33–41.

Научная статья

УДК 630.2

DOI: 10.51318/FRET.2023.12.75.004

ПРОБЛЕМЫ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ ПРИРОДНОГО ПАРКА «САМАРОВСКИЙ ЧУГАС»

Андрей Евгеньевич Морозов¹, Елена Николаевна Заболотных²,
Андрей Анатольевич Чертов³, Татьяна Юрьевна Карташова⁴

¹ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

^{2, 3, 4} Департамент недропользования и природных ресурсов ХМАО-Югры,
Управление лесного хозяйства и особо охраняемых природных территорий,
Ханты-Мансийск, Россия

¹ MorozovAE@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2373-1151>

² lady.polliakowa2009@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4421-0328>

³ ii904810@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0000-8424-9038>

⁴ KartashovaTU@admhmao.ru, <http://orcid.org/0009-0000-8424-9038>

Аннотация. Статья посвящена проблемам природного парка «Самаровский чугас», обусловленным его рекреационным использованием. Исследования проводились в период с 2006 по 2022 гг. по методу пробных площадей, которые закладывались в кедровниках зеленомошной группы типов леса на территории рекреационно-мемориальной и лесопарковой зон.

Представлены результаты оценки состояния компонентов лесных насаждений природного парка, находящихся на разных стадиях рекреационного воздействия. Установлено, что наибольшее воздействие рекреации испытывают насаждения рекреационно-мемориальной зоны в границах городской черты.

Представлены предложения по зонированию территории природного парка по ряду признаков в дополнение к существующему, а также комплекс мероприятий для различных функциональных зон в целях оптимизации использования и повышения рекреационной устойчивости и рекреационного потенциала парка. Результаты исследования могут быть использованы при организации рекреационного использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов природного парка.

Ключевые слова: природный парк, рекреация, рекреационная дигрессия, санитарное состояние деревьев, подрост, живой напочвенный покров, лесная подстилка, зонирование территории, комплекс мероприятий

Scientific article

PROBLEMS OF RECREATIONAL USE OF NATURAL PARK FORESTS «SAMAROVSKIY CHUGAS»

Andrey E. Morozov¹, Elena N. Zabolotnykh², Andrey A. Chertov³,
Tatiana Yu. Kartashova⁴

¹ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

^{2, 3, 4} Department of Subsoil Use and Natural Resources of Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra,
Department of Forestry and Specially Protected Natural Territories, Khanty-Mansiysk, Russia

¹ MorozovAE@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2373-1151>

² lady.poliakowa2009@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4421-0328>

³ ii904810@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0000-8424-9038>

⁴ KartashovaTU@admhmao.ru, <http://orcid.org/0009-0000-8424-9038>

Abstract. The article is devoted to the problems of the natural park “Samarovskiy Chugas”, due to its recreational use. The studies were carried out in the period from 2006 to 2022 according to the method of trial plots, which were laid in the cedar forests of the green moss group of forest types on the territory of the recreational-memorial and forest-park zones.

The results of assessing the state of the components of forest plantations of the natural park, which are at different stages of recreational impact, are presented. It has been established that the plantings of the recreational-memorial zone within the boundaries of the city limits experience the greatest impact of recreation.

Proposals are presented for zoning the territory of the natural park according to a number of features in addition to the existing one, as well as a set of measures for various functional zones in order to optimize its use and increase recreational sustainability and recreational potential.

The results of the study can be used in the organization of recreational use, protection, protection and reproduction of the forests of the natural park.

Keywords: natural park, recreation, recreational digression, sanitary condition of trees, undergrowth, living ground cover, forest litter, territory zoning, complex of measures

Введение

Развитие рекреации и туризма на особо охраняемых природных территориях страны отнесено к числу важных государственных задач в послании Президента Российской Федерации Федеральному Собранию (2023).

Согласно Федеральному закону «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (2022) рекреационное использование лесов на указанных территориях должно осуществляться с учетом таких критериев и особенностей, как сохранение уникальных и типичных природных комплексов и объектов, объектов растительного и животного мира, естественных экологических систем, биоразнообразия; минимизация негативного воздействия на

окружающую среду при осуществлении туризма; соблюдение установленной предельно допустимой рекреационной емкости особо охраняемой природной территории при осуществлении туризма (максимального количества посетителей, которые могут посетить в качестве туриста особо охраняемую природную территорию либо ее отдельные части в единицу времени без деградации природных комплексов и объектов, объектов растительного и животного мира, естественных экологических систем), режима ее особой охраны; осуществление туризма на специально оборудованных для этого местах и маршрутах; сохранение объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации.

Город Ханты-Мансийск расположен в уникальном месте, будучи органично вписанным в уникальный ландшафт особо охраняемой природной территории регионального значения – природный парк «Самаровский чугас». Природный парк практически граничит с селитебной и промышленной зонами, садово-огородническими товариществами, транспортными магистралями, что способствует высокой рекреационной активности местного населения и интенсивным рекреационным нагрузкам на лесные насаждения на его территории. В настоящее время на территории природного парка расположены биатлонный комплекс международного уровня, лыжные трассы, прогулочные, экологические и туристические тропы, площадки для активного отдыха и пикников, смотровые площадки. Кроме того, транспортные коридоры разбивают территорию парка на несколько фрагментов, различных по площади, функциям и рекреационной нагрузке.

Активная рекреационная деятельность приводит к ухудшению состояния лесов, захламлению их бытовыми отходами, росту числа нарушений лесного и природоохранного законодательства. Сохранение устойчивости и повышение рекреационного потенциала лесов природного парка является важной задачей в части оптимизации использования, охраны и защиты данной особо охраняемой природной территории.

К проблемам использования и охраны природного парка «Самаровский чугас» обращался целый ряд исследователей (Communities..., 2002; Зотеева и др., 2006; Флора..., 2008, 2009; Ставишенко, Залесов, 2008; Санитарное состояние..., 2008; Кокорина, Безденежных, 2009; Безденежных и др., 2011; Колтунов и др., 2011; Туктаров, 2016, 2021) и др. Вместе с тем данная тема остается по-прежнему актуальной.

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Целью исследования явились оценка состояния лесных насаждений природного парка «Самаровский чугас» в условиях рекреационного воздействия, а также разработка рекомендаций по повышению их устойчивости и рекреационного потенциала.

Задачи исследования включали в себя:

- оценку негативного воздействия рекреационной деятельности на лесные насаждения природного парка;
- разработку предложений по повышению устойчивости и рекреационного потенциала территории природного парка.

Исследования проводились в период с 2006 по 2022 г. по методу пробных площадей. В целях оценки рекреационной нагрузки на природный парк в процессе исследования была заложена серия пробных площадей в наиболее репрезентативных кедровых насаждениях зеленомошной группы типов леса, преобладающих в районе исследования и находящихся на различных стадиях рекреационной дигрессии (с первой по четвертую). Всего было заложено 26 пробных площадей на территории урочищ «Городские леса» (в рекреационно-мемориальной функциональной зоне парка) и «Шапшинское» (в лесопарковой функциональной зоне парка), в настоящее время наиболее подверженных рекреационному воздействию.

При сборе и обработке полевого материала использовались общепринятые лесоводственно-таксационные и геоботанические методы исследования. Стадии рекреационной дигрессии определяли по методике А. И. Тарасова (1986). Оценка санитарного состояния проводилась в соответствии со шкалой категорий санитарного состояния деревьев «Правил санитарной безопасности в лесах» (2020). Индекс состояния каждой древесной породы рассчитывался путем перемножения доли деревьев всех категорий состояния на соответствующее значение категории.

Результаты и обсуждение

Согласно существующему функциональному зонированию, на территории природного парка выделено четыре функциональные зоны: рекреационно-мемориальная (урочище «Городские леса»), рекреационно-защитная (урочище «Городские леса»), лесопарковая (урочище «Шапшинское»), научно-исследовательская (урочище «Острова»). В настоящее время основная рекреационная нагрузка приходится на рекреационно-мемориальную, рекреационно-защитную и лесопарковую зоны.

При этом благоустройство двух последних функциональных зон практически отсутствует, что создает предпосылки для слабой устойчивости лесных насаждений этих зон к рекреационным нагрузкам.

Исследования показали, что, независимо от принадлежности обследованных лесных насаждений к той или иной функциональной зоне, с повышением стадии рекреационной дигрессии наблюдается увеличение доли поврежденных и снижение доли здоровых деревьев в составе древостоев. Распределение деревьев по категориям санитарного состояния представлено в табл. 1. Как следует из данных табл. 1, на пробных площадях у всех древесных пород доминируют деревья третьей категории санитарного состояния (сильно

ослабленные). На долю здоровых деревьев первой категории приходится не более 3,8 %. Причем этот показатель имеет наибольшее значение у осины, а наименьшее – у ели.

Доля сухостойных деревьев пятой категории варьирует от 0,8 % у осины до 3,6 % у пихты. Наименьшее значение индекса состояния наблюдается у осины (2,7), у остальных пород значение этого показателя составляет 3,0. Значения индексов состояния характеризуют насаждения всех древесных пород как сильно ослабленные.

Анализ повреждения растущих деревьев позволяет отметить, что у всех древесных пород основными причинами ухудшения санитарного состояния являются механические повреждения (табл. 2).

Таблица 1

Table 1

Распределение деревьев на пробных площадях по категориям санитарного состояния, % от общего количества
Distribution of trees in trial plots by categories of sanitary condition, % of the total

Категория санитарного состояния Category sanitary states	Кедр Cedar	Ель Spruce	Пихта Fir	Осина Aspen
1	2,6	2,1	2,7	3,8
2	19,3	16,7	19,0	28,5
3	55,9	60,3	56,8	59,7
4	18,9	17,7	17,9	7,2
5	3,3	3,2	3,6	0,8
Индекс состояния Index states	3,0	3,0	3,0	2,7

Таблица 2

Table 2

Распределение деревьев на пробных площадях по причинам повреждения, % от общего количества
Distribution of trees in trial plots by cause damage, % of the total

Порода Kind	Вредители и болезни Pests and diseases	Механические повреждения Mechanical damage
Кедр Cedar	3,3	66,4
Ель Spruce	1,9	29,5
Пихта Fir	32,3	56,4
Осина Aspen	2,2	22,9

При этом доля деревьев с механическими повреждениями имеет наибольшее значение у кедр (66,4 %), а минимальное – у осины (22,9 %). Причина этого заключается в том, что наиболее повреждены для рекреации у населения кедровники, а наименее – осинники. Плодоносящие кедровые деревья, кроме того, часто повреждаются в результате их околота во время сезонного сбора шишек.

На долю деревьев кедр, ели и осины, поврежденных вредными организмами, приходится в среднем от 1,9 до 3,3 %. Значительно выше доля больных деревьев у пихты (32,3 %), что обусловлено в основном их поражением ржавчинным раком (возбудитель – гриб *Melampsorella cerastii* Wint.), который проявляется в трех формах: ржавчина хвои, «ведьмины метлы», опухолевидный рак стволов и ветвей. Заражению деревьев способствуют также механические повреждения их стволов и ветвей рекреантами.

Наибольшая доля деревьев с признаками повреждения наблюдается в рекреационно-мемориальной зоне парка в границах городской черты. Особенно интенсивное повреждение отмечается в насаждениях вокруг биатлонного центра.

Негативное воздействие рекреации отражается прежде всего на нижних ярусах лесных насаждений. Так, численность подроста в обследованных насаждениях находится в обратной зависимости от стадии рекреационной дигрессии. В насаждениях с высокими стадиями рекреационной дигрессии численность подроста значительно ниже, чем в ма-

лонарушенных. Среднее значение общей численности подроста в кедровых насаждениях на первой стадии рекреационной дигрессии составляет 9375, на второй – 6440, на третьей – 3975, на четвертой – 1475 шт./га.

Аналогично в обратной зависимости от стадии рекреационной дигрессии находятся параметры живого напочвенного покрова на пробных площадях (табл. 3). С увеличением стадий рекреационной дигрессии с первой до четвертой из состава живого напочвенного покрова зеленомошных кедровников постепенно исчезают гипновые мхи (*Hypnales*), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.), грушанка однобокая (*Orthilia secunda* (L.) House). Наиболее устойчивыми видами являются хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.), майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), присутствующие в составе живого напочвенного покрова лесных насаждений, находящихся даже на четвертой стадии рекреационной дигрессии.

Характерным признаком негативного воздействия рекреации также является уменьшение мощности лесной подстилки с увеличением стадии рекреационной дигрессии. Так, в обследованных нами кедровниках зеленомошной группы типов леса наибольшее значение средней мощности лесной подстилки наблюдается в насаждениях, находящихся на первой стадии рекреационной дигрессии, – 8,2 см.

Таблица 3

Table 3

Параметры живого напочвенного покрова в зависимости
от стадий рекреационной дигрессии
Living ground cover parameters depending on from the stages
of recreational digression

Стадия рекреационной дигрессии Stage of recreational digression	Количество видов, шт. Number of species, pcs.	Фитомасса, кг/га Phytomass, kg/ha	Проективное покрытие, % Projective coverage, %
1	7	1994	100
2	5	1288	85
3	5	890	70
4	3	450	50

В насаждениях второй стадии дигрессии этот показатель составляет 5,7, третьей – 3,5, четвертой – 2,2 см.

Во фракционном составе лесной подстилки кедровников зеленомошных с увеличением стадии рекреационной дигрессии с первой до четвертой наблюдается постепенное снижение массовой доли мхов (с 15,1 до 4,2 %) и, напротив, увеличение массовой доли веточек (с 11,1 до 16,9 %) и шишек (с 8,2 до 14,0 %). Массовая доля остальных фракций (хвои, листьев, корней, трухи) остается относительно постоянной вне зависимости от стадии рекреационной дигрессии.

Для предотвращения ухудшения состояния лесных насаждений природного парка в зонах интенсивного рекреационного использования, а также в целях повышения их устойчивости и сохранения рекреационного потенциала территории целесообразно провести комплекс мероприятий по благоустройству и регулированию рекреационных нагрузок, включающий:

- реконструкцию и ремонт существующей дорожно-тропиночной сети на территории рекреационно-мемориальной зоны с устройством в критически нарушенных и наиболее посещаемых местах настилов, трапиков, мостиков, а также лестниц на крутых склонах;

- оптимизацию маршрутов существующей дорожно-тропиночной сети на территории рекреационно-мемориальной, рекреационно-защитной и лесопарковой зон с целью исключения посещения рекреантами мест с высокими стадиями рекреационной дигрессии;

- проведение очистки территории, прилегающей к дорожно-тропиночной сети и площадкам для отдыха на территории всех функциональных зон, от бурелома и ветровала, валежной древесины в целях обеспечения безопасности рекреантов, предупреждения распространения вероятных лесных пожаров, а также повышения эстетической ценности природных ландшафтов;

- обустройство мест отдыха с размещением их преимущественно на наименее ценных и наиболее устойчивых к рекреационным нагрузкам участках леса;

- проведение санитарно-оздоровительных мероприятий в отношении больных и механически поврежденных деревьев;

- временное исключение (на 5–10 лет) из рекреационного использования сильно нарушенных и ослабленных участков леса с проведением мероприятий по уходу за почвой, нижними ярусами растительности и древостоями;

- проведение биотехнических мероприятий, направленных на сохранение местообитаний местной фауны, включая формирование «зеленых коридоров», соединяющих все зеленые насаждения на территории города и природного парка в единую систему;

- проведение информационно-разъяснительной работы среди местного населения о правилах осуществления рекреационной деятельности в лесу;

- обустройство туристических троп и определение границ туристических зон в границах парка;

- проведение благоустройства территории мемориально-защитной и лесопарковой зон природного парка;

- разработку зонирования территории природного парка по комплексу дополнительных признаков, кроме существующего в настоящее время. Так, нам представляется целесообразным дополнительно провести зонирование территории по следующим признакам: а) на основе оценки рекреационного потенциала территории (с выделением зон высокого, среднего и низкого потенциала); б) на основе условий особого использования территории (с выделением водоохранных и прибрежно-защитных зон вдоль водных объектов, санитарно-защитных зон вокруг промышленных предприятий, зеленых зон вдоль транспортных коридоров и вокруг жилой застройки, зон интенсивного рекреационного использования, зон консервации и восстановления); в) на основе пригодности территории для рекреации (с выделением зон благоприятных, относительно благоприятных и неблагоприятных). Для каждого типа зон целесообразно разработать свой комплекс мероприятий по повышению устойчивости и развитию благоустройства территории.

Выводы

Состояние лесных насаждений природного парка, подверженных рекреационному воздействию, зависит от его интенсивности. При этом лесные насаждения реагируют на рекреационные нагрузки ухудшением санитарного состояния деревьев, уменьшением численности подроста, снижением видового разнообразия и фитомассы живого напочвенного покрова, уменьшением мощности лесной подстилки и увеличением плотности почвы.

В целях оптимизации подходов к организации рекреационного использования, охраны и защиты лесов на территории природного парка целесообразно использовать зонирование по рекреационному потенциалу, особенностям использования территории и пригодности ее для рекреации, а также провести комплекс мероприятий по повышению рекреационной устойчивости и рекреационного потенциала территории.

Список источников

- Безденежных И. В., Безденежных А. П., Неволин А. В. Кедровники памятника природы «Шапшинские кедровники» // Аграрный вестник Урала. № 9 (88). 2011. С. 32–33.
- Зотеева Е. А., Петров А. П., Капралов А. В. Лесные сообщества природного парка «Самаровский чугас» // ИВУЗ. Лесной журнал. 2006. № 1. С. 46–52.
- Кокорина И. В., Безденежных И. В. Оценка рекреационной нагрузки на лесонасаждения природного парка «Самаровский чугас» по живому напочвенному покрову // Аграрный вестник Урала. 2009. № 12 (66). С. 89–91.
- Колтунов Е. В., Залесов С. В., Демчук А. Ю. Стволовые и корневые гнили в пригородных лесах г. Ханты-Мансийска // Аграрный вестник Урала. 2011. № 8 (87). С. 47–49.
- Послание Президента Федеральному Собранию. М., 2023. 25 с.
- Правила санитарной безопасности в лесах : утв. Постановлением Правительства РФ от 09.12. 2020 г. № 2047. М., 2020. 16 с.
- Санитарное состояние кедровников природного парка «Самаровский чугас» и пути его улучшения / А. Н. Павлов, Т. Ю. Карташова, В. И. Середкин, А. А. Матросов, А. Ю. Демчук // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2008. № 3. С. 67–70.
- Ставищенко И. В., Залесов С. В. Флора и фауна природного парка «Самаровский чугас». Ксилотрофные и базидиальные грибы. Екатеринбург : Урал. гос. лесотех. ун.-т, 2008. 104 с.
- Тарасов А. И. Рекреационное лесопользование. М. : Агропромиздат, 1986. 176 с.
- Туктаров З. Х. Организация защиты, благоустройства лесов природного парка «Самаровский чугас»: взаимодействие с администрацией г. Ханты-Мансийска // Природный парк «Самаровский чугас»: научные исследования, охрана, экологическое просвещение : сборник тезисов заочной конференции, посвященной 15-летию БУ ХМАО-Югры «Природный парк „Самаровский чугас“». Ханты-Мансийск, 2016. С. 72–77. (In Russ.)
- Туктаров З. Х. Сохранение природных комплексов природного парка «Самаровский чугас» в условиях повышенной рекреационной нагрузки // Молодой ученый. 2021. № 7 (349). С. 153–155.
- Федеральный закон (проект во втором чтении № 1130300-7) «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». М., 2022. 34 с.
- Флора и фауна природного парка «Самаровский чугас» / Е. В. Колтунов, Е. В. Зиновьев, С. В. Залесов, А. В. Гилев. Энтомофауна. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун.-т, 2009. 178 с.
- Флора и фауна природного парка «Самаровский чугас». Флора сосудистых растений живого напочвенного покрова / Е. А. Зотеева, А. П. Петров, С. В. Залесов, Л. И. Аткина. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун.-т, 2009. 106 с.

Флора и фауна природного парка «Самаровский чугас» Арборифлора / *А. П. Петров, Е. А. Зотеева, С. В. Залесов, А. В. Капралов, А. А. Матросов*. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008. 107 с.

Communities of Wood-Attacking Fungi in the Region of Oil and Gas Production / *I. V. Stavishenko, S. V. Zalesov, N. A. Lugansky, N. A. Kryazhevskikh, A. E. Morozov* // Russian Journal of Ecology. 2002. № 33. P. 161–169. DOI: 10.1023/A:1015423422744

References

- Bezdenzhnykh I. V., Bezdenzhnykh A. P., Nevolin A. V.* Cedar forests of the natural monument “Shapshinskiye cedar forests” // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. № 9 (88). P. 32–33. (In Russ.)
- Communities of Wood-Attacking Fungi in the Region of Oil and Gas Production / *I. V. Stavishenko, S. V. Zalesov, N. A. Lugansky, N. A. Kryazhevskikh, A. E. Morozov* // Russian Journal of Ecology. 2002. № 33. P. 161–169. DOI: 10.1023/A:1015423422744. (In Russ.)
- Federal Law (Draft in the second reading № 1130300-7) “On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation”. Moscow, 2022. 34 p.
- Flora and fauna of the Samarovsky Chugas Arboriflora Nature Park / *A. P. Petrov, E. A. Zoteeva, S. V., Zalesov, A. V. Kapralov, A. A. Matrosov*. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2008. 107 p.
- Flora and fauna of the Samarovsky Chugas Nature Park. Entomofauna / *E. V. Koltunov, E. V. Zinoviev, S. V. Zalesov, A. V. Gilev*. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2009. 178 p.
- Flora and fauna of the Samarovsky Chugas Nature Park. Flora of vascular plants of living ground cover / *E. A. Zoteeva, A. P. Petrov, S. V. Zalesov, L. I. Atkina*. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2009. 106 p.
- Kokorina I. V., Bezdenzhnykh I. V.* Assessment of the recreational load on the forest plantations of the Samarovsky Chugas Nature Park according to the living ground cover // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. № 12 (66). P. 89–91. (In Russ.)
- Koltunov E. V., Zalesov S. V., Demchuk A. Yu.* Stem and root rot in the suburban forests of Khanty-Mansiysk // Agrarian Bulletin of Urals. 2011. № 8 (87). P. 47–49. (In Russ.)
- Message of the President to the Federal Assembly. Moscow, 2023. 25 p.
- Rules for sanitary safety in forests : approved by Decree of the Government of the Russian Federation of December 9, 2020 № 2047. Moscow, 2020. 16 p.
- Sanitary condition of stone pine forests of the nature park “Samarovskiy chugas” and ways to improve it / *A. N. Pavlov, T. Yu. Kartashova, V. I. Seredkin, A. A. Matrosov, A. Yu. Demchuk* // Bulletin of the Moscow State Forest University – Forest Bulletin, 2008. № 3. S. 67–70.
- Stavishenko I. V., Zalesov S. V.* Flora and fauna of the Samarovsky Chugas Nature Park. Xylotrophic and basidiomycetes. Yekaterinburg : Ural. state timber industry un-t, 2008. 104 p.
- Tarasov A. I.* Recreational forest management. Moscow : Agropromizdat, 1986. 176 p.
- Tuktarov Z. Kh.* Organization of protection, improvement of forests of the Samarovsky Chugas Nature Park: interaction with the Administration of the city of Khanty-Mansiysk // Samarovsky Chugas Nature Park: scientific research, protection, environmental education : Collection of abstracts of the correspondence conference dedicated to the 15th anniversary of the BU KhMAO-Yugra “Nature Park Samarovsky Chugas”. Khanty-Mansiysk, 2016. P. 72–77. (In Russ.)
- Tuktarov Z. Kh.* Preservation of natural complexes of the Samarovsky Chugas Natural Park in conditions of increased recreational load // Young scientist. 2021. № 7 (349). P. 153–155. (In Russ.)
- Zoteeva E. A., Petrov A. P., Kapralov A. V.* Forest communities of the nature park “Samarovskiy Chugas” // IVUZ. Forest Journal. 2006. № 1. P. 46–52. (In Russ.)

Информация об авторах

А. Е. Морозов – доктор сельскохозяйственных наук, доцент;

Е. Н. Заболотных – главный специалист;

А. А. Чертов – начальник отдела, лесничий территориального отдела – лесничества;

Т. Ю. Карташова – начальник отдела.

Information about the authors

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

E. N. Zabolotnykh – main expert;

A. A. Chertov – head of the department, forester of the territorial department – forestry;

T. Yu. Kartashova – head of department.

Статья поступила в редакцию 14.03.2023; принята к публикации 21.04.2023.

The article was submitted 14.03.2023; accepted for publication 21.04.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 42–50.
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 42–50.

Научная статья

УДК 630*52:630*174.754

DOI: 10.51318/FRET.2023.36.20.005

БИОМАССА ДЕРЕВЬЕВ ОЛЬХИ СЕРОЙ И ЕЕ АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В УСЛОВИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Алексей Александрович Карабан¹, Владимир Андреевич Усольцев²,
Сергей Васильевич Третьяков³, Сергей Викторович Коптев⁴,
Андрей Алексеевич Парамонов⁵, Илья Васильевич Цветков⁶,
Александр Владимирович Давыдов⁷, Иван Степанович Цепордей⁸

^{1, 3, 4, 5, 6, 7} Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия

^{1, 3, 4, 6, 7} Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия

² Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

^{1, 8} Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Владимир Андреевич Усольцев,
Usoltsev50@mail.ru

Аннотация. Научное сообщество проявляет повышенное внимание к текущим климатическим изменениям и в этой связи к возможным изменениям как продуктивности лесов, так и к способности лесов депонировать атмосферный углерод и тем самым смягчать климатические сдвиги. Однако в имеющихся базах данных о биомассе деревьев имеются обширные регионы, для которых отсутствуют эмпирические данные о биомассе лесообразующих пород. Поэтому обеспечение таких регионов фактологическим материалом по биомассе деревьев имеет первостепенное значение. К одному из таких регионов относится Архангельская область, для которой ранее отсутствовали данные о биомассе ольхи серой. Целью наших исследований было получение фактических данных о структуре надземной биомассы ольхи серой, произрастающей в условиях северной тайги Архангельской области, и разработка аллометрических моделей для ее фракций. Предложенные аллометрические модели для фракций надземной биомассы деревьев ольхи серой, произрастающей в подзоне северной тайги Архангельской области, характеризуются высокими показателями адекватности исходным данным и могут быть полезны при оценке углероддепонирующей способности ольховых насаждений.

Ключевые слова: биомасса деревьев, фракции биомассы, региональная и обобщенная модели, аллометрические модели биомассы

Благодарности: публикация подготовлена по результатам НИР, выполненного в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства. Регистрационный номер темы: 123022800113-9.

Scientific article

BIOMASS OF GRAY ALDER TREES AND ITS ALLOMETRIC MODELS IN THE CONDITIONS OF THE ARKHANGELSK REGION

Alexey A. Karaban¹, Vladimir A. Usoltsev², Sergey V. Tretyakov³,
Sergey V. Koptev⁴, Andrey A. Paramonov⁵, Ilya V. Tsvetkov⁶,
Alexander V. Davydov⁷, Ivan S. Tsepordey⁸

^{1, 3, 4, 5, 6, 7} Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia

^{1, 3, 4, 6, 7} Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

² Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

^{1, 8} Botanical Garden, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Vladimir A. Usoltsev,
Usoltsev50@mail.ru

Abstract. The scientific community is paying increased attention to current climate changes and, in this regard, to possible changes in both forest productivity and the ability of forests to deposit atmospheric carbon and thereby mitigate climate shifts. However, there are vast regions in the available tree biomass databases for which there is no empirical data on the biomass of forest-forming species. Therefore, providing such regions with empirical material on tree biomass is of paramount importance. One of these regions is the Arkhangelsk oblast', for which there was previously no data on the biomass of gray alder. The purpose of our research was to obtain empirical data on the structure of the aboveground biomass of gray alder growing in the conditions of the northern taiga of the Arkhangelsk region, and to develop allometric models for its fractions. The proposed allometric models for fractions of aboveground biomass of gray alder trees growing in the northern taiga subzone of the Arkhangelsk region are characterized by high indicators of adequacy to the initial data and can be useful in assessing the carbon depositing capacity of alder forests.

Keywords: tree biomass, biomass fractions, regional and generalized models, allometric models of biomass

Acknowledgements: the publication was prepared based on the results of the research carried out within the framework of the state task of the FBU "SevNIILH" for conducting applied scientific research in the field of activity of the Federal Forestry Agency. Registration number of the topic: 123022800113-9.

Введение

В последние годы научная общественность проявляет повышенное внимание к текущим климатическим изменениям и в этой связи к возможным изменениям как продуктивности лесов, так и к способности лесов депонировать атмосферный углерод и тем самым смягчать климатические сдвиги (Замолотчиков и др., 2007; Голубятников, Денисенко, 2009; Коломыц, 2020; He et al., 2022). Однако в имеющихся базах данных о биомассе деревьев (Falster et al., 2015; Усольцев, 2016; Shcherashchenko et al., 2017) имеются обширные регионы, в которых отсутствуют эмпирические

данные о биомассе лесообразующих пород. Поэтому обеспечение таких регионов фактологическим материалом по биомассе деревьев имеет первостепенное значение. К одному из таких регионов можно отнести Архангельскую область, для которой ранее отсутствовали данные о биомассе ольхи серой.

Ольха серая – одна из наиболее быстрорастущих пород, до 10–15 лет растет быстро, после чего прирост замедляется; доживает до 40–60, изредка до 100 лет (Купцов, Попов, 2015). Ольха, уступающая иве и осине в скорости роста (Биомасса..., 2022), имеет ряд существенных преимуществ.

Будучи азотфиксатором и продуцентом веществ, ингибирующих патогенные организмы, обладая устойчивостью к энтомофитовредителям, ольха является перспективным видом для плантационного выращивания (Palmgren et al., 1985; Купцов, Попов, 2015). В Западной Европе проводятся интенсивные исследования свойств древесины этой быстрорастущей породы и возможностей ее использования (Saarsalmi et al., 1985; Rytter L., Rytter R.-M., 2016).

Для оценки углероддепонирующей способности лесов активно разрабатываются аллометрические модели биомассы деревьев, особенно актуальные для смешанных лесов, и их количество во всем мире исчисляется уже тысячами (Jucker et al., 2022). В России единственные аллометрические модели для биомассы ольхи (Усольцев и др., 2022) построены по малочисленным данным В.В. Смирнова (1971) и Н.И. Казиминова с соавторами (1978), полученным в подзоне южной тайги России.

Цель, методика и объекты исследования

Целью наших исследований было получение фактических данных о структуре надземной биомассы ольхи серой, произрастающей в условиях северной тайги Архангельской области, и разработка аллометрических моделей для ее фракций.

Сбор полевого материала проводился с июня по сентябрь в 2020 и 2021 гг. на территории лесничеств Архангельской области в Приморском, Красноборском и Каргопольском районах. Подбирались чистые древостои или с примесью других пород. Было заложено 30 пробных площадей, на которых взято от 1 до 4 модельных деревьев в возрастном диапазоне от 20 до 50 лет. Пробные площади закладывали в соответствии с ОСТ 56–69–83 «Площади пробные лесоустроительные». Обработка модельных деревьев на пробных площадях проводилась с учетом методических рекомендаций И.И. Гусева (2002). Полная характеристика полученных данных о 50 модельных деревьях ольхи серой дана в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Характеристика модельных деревьев ольхи серой, взятых на 30 пробных площадях
Архангельской области
Characteristics of gray alder model trees taken on 30 sample plots of the Arkhangelsk region

№	A, лет A, yrs	D, см D, cm	D ₀ , см D ₀ , cm	H, м H, m	Lcr, м Lcr, m	V _t	V _{bk}	P _s	P _{bk}	P _b	P _f	P _a	N, тыс. экз./га N/1000, trees per ha
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	28	10,1	12,30	11,00	5,50	0,046	0,005	24,736	0,629	2,189	0,988	27,913	5,200
2	26	8,6	10,50	12,65	3,80	0,037	0,006	18,730	0,479	1,065	0,205	20,000	4,225
3	24	10,3	10,50	12,22	4,90	0,052	0,003	24,858	1,084	2,501	0,338	27,697	4,300
4	35	13,6	16,90	14,15	7,08	0,102	0,012	44,594	2,230	5,820	1,047	51,461	2,300
5	26	6,7	8,75	10,50	5,25	0,019	0,001	13,934	0,681	1,724	0,375	16,033	4,800
6	36	10,0	12,90	12,10	4,84	0,048	0,004	19,555	1,462	3,960	0,405	23,920	4,775
7	34	7,1	10,00	9,00	8,10	0,019	0,002	5,783	0,352	1,201	0,653	7,636	4,675
8	39	12,9	15,10	14,00	7,00	0,091	0,007	43,540	0,875	2,805	0,892	47,237	7,175
9	21	6,0	7,25	9,00	3,60	0,014	0,001	4,998	0,49	1,122	0,244	6,363	2,900
10	24	10,6	10,65	11,50	4,60	0,052	0,005	15,714	0,732	2,938	0,561	19,213	3,350
11	42	12,5	14,10	15,10	7,55	0,09	0,003	43,721	2,702	5,563	1,257	50,541	5,025
12	32	9,5	11,35	11,20	5,60	0,041	0,003	19,663	0,956	3,09	0,418	23,172	3,750
13	23	5,9	7,50	9,40	5,64	0,014	0,002	5,750	0,253	0,618	0,124	6,492	4,075

Окончание табл. 1

The end of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	46	10,0	12,80	12,00	7,20	0,048	0,005	33,409	3,105	8,988	0,552	42,949	3,725
15	50	16,9	18,00	13,20	13,20	0,148	0,002	40,892	4,774	7,596	0,997	49,484	6,250
16	31	9,5	11,35	9,80	5,88	0,037	0,002	14,900	0,789	2,735	0,610	18,245	4,225
17	20	5,7	7,65	10,00	5,00	0,014	0,001	8,044	0,249	0,721	0,220	8,985	4,050
18	25	6,3	8,95	8,80	3,52	0,015	0,003	4,530	0,353	0,801	0,157	5,488	2,550
19	22	7,8	10,45	9,00	4,50	0,023	0,002	5,137	0,201	0,551	0,192	5,882	3,925
20	23	8,9	11,25	10,40	5,20	0,034	0,003	15,373	0,681	1,380	0,214	16,967	2,875
21	20	6,7	8,70	10,50	6,30	0,019	0,001	8,882	0,473	1,199	0,182	10,263	2,675
22	34	9,8	12,35	11,15	6,69	0,044	0,004	16,283	1,440	3,612	0,386	20,282	7,500
23	23	6,5	8,50	11,00	7,21	0,018	0,002	6,365	0,365	0,735	0,101	7,201	4,300
24	22	5,2	6,20	12,65	3,32	0,010	0,001	3,665	0,124	0,347	0,200	4,212	4,075
25	20	3,6	5,10	12,22	6,48	0,004	0,001	2,596	0,121	0,230	0,049	2,875	4,250
26	28	7,2	9,65	14,15	6,30	0,020	0,003	3,150	0,471	1,619	0,217	4,987	2,450
27	30	8,2	10,20	10,50	4,00	0,028	0,003	12,324	0,348	1,369	0,291	13,984	4,075
28	29	8,5	10,35	12,10	6,00	0,030	0,002	11,107	1,186	2,817	0,573	14,497	2,250
29	37	9,4	12,15	9,00	4,56	0,041	0,003	14,078	0,934	1,903	0,221	16,201	2,300
30	23	5,2	7,50	14,00	7,56	0,010	0,001	3,260	0,462	2,045	0,166	3,769	4,300
31	26	5,8	7,80	9,00	7,04	0,013	0,001	5,021	0,876	0,351	0,221	5,593	2,450
32	27	7,1	8,45	11,50	3,60	0,019	0,001	6,929	0,837	1,252	0,372	8,553	1,075
33	20	5,5	6,95	15,10	4,80	0,012	0,002	5,394	0,855	0,322	0,292	6,007	2,675
34	30	7,4	9,85	11,20	2,20	0,025	0,003	10,984	2,557	0,564	0,174	11,721	4,525
35	30	5,4	8,60	9,40	3,35	0,009	0,001	4,072	0,485	0,633	0,223	4,928	5,900
36	33	5,7	8,40	12,00	3,80	0,011	0,001	4,610	0,584	1,015	0,084	5,709	4,575
37	20	4,3	5,80	13,20	4,14	0,005	0,001	1,377	0,247	0,443	0,163	1,984	4,000
38	24	6,4	7,55	9,80	2,88	0,013	0,001	5,326	0,575	0,540	0,154	6,020	5,900
39	26	5,6	7,20	10,00	2,60	0,010	0,001	3,556	0,519	0,504	0,160	4,220	4,575
40	32	8,2	10,25	8,80	3,25	0,021	0,002	4,962	0,397	0,846	0,421	6,230	4,000
41	25	5,8	7,60	9,00	4,20	0,011	0,001	3,892	0,327	0,595	0,155	4,643	5,900
42	30	7,9	10,40	10,40	4,00	0,022	0,001	5,573	0,540	3,270	0,252	9,096	4,575
43	21	5,1	7,05	10,50	6,66	0,009	0,001	1,675	0,318	0,413	0,111	2,200	4,000
44	20	4,7	6,85	11,15	3,12	0,006	0,001	2,663	0,752	0,408	0,050	2,714	4,000
45	22	6,4	10,90	11,00	3,24	0,015	0,001	6,603	0,752	0,656	0,183	7,443	4,300
46	26	5,5	7,55	12,65	3,60	0,012	0,001	4,794	0,458	0,903	0,094	5,792	5,025
47	21	5,9	7,90	12,22	5,04	0,011	0,001	3,679	0,567	1,275	0,240	5,195	4,075
48	23	4,8	6,65	14,15	4,00	0,008	0,001	2,789	0,460	0,387	0,055	3,232	4,250
49	34	10,1	11,60	10,50	5,50	0,046	0,004	18,697	2,200	3,184	0,287	22,168	4,675
50	32	6,8	9,15	12,10	7,20	0,018	0,002	7,190	0,888	0,779	0,053	8,022	4,250

Примечание. A , D , D_0 , H , Lcr , N – соответственно возраст, диаметр ствола на высоте груди, диаметр ствола у его основания, высота дерева, длина кроны, густота древостоя; Vt и Vbk – соответственно объем ствола в коре и коры ствола, m^3 ; Ps , Pbk , Pb , Pf , Pa , Pr – соответственно биомасса ствола в коре, коры ствола, ветвей, листвы, надземная и корней в абсолютно сухом состоянии, кг.

Note. A , D , D_0 , H , Lcr , N – respectively age, trunk diameter at chest height, trunk diameter at its base, tree height, crown length, stand density; Vt and Vbk – respectively trunk volume in the bark and trunk bark, m^3 ; Ps , Pbk , Pb , Pf , Pa , Pr – respectively, the biomass of the trunk in the bark, trunk bark, branches, foliage, aboveground and roots in an absolutely dry state, kg.

Поскольку мы не определяли биомассу корней, для построения моделей их биомассы использованы данные Н. И. Казиминова с соавторами (1978) и латвийских коллег (Miezīte et al., 2011) для ольхи серой подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов в количестве 17 определений.

Результаты и их обсуждение

По исходным данным табл. 1 рассчитаны аллометрические модели, структура которых обсуждалась ранее (Биомасса..., 2022). В данном случае рассмотрены модели трех видов:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D, \quad (1)$$

$$\ln P_{bk} = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln (P_s), \quad (2)$$

$$\ln P_r = a_0 + a_1 \ln D + a_3 \ln P_a, \quad (3)$$

где P_i – биомасса дерева i -й фракции, в данном случае P_s , P_b , P_f , P_a . Характеристика полученных моделей приведена в табл. 2.

Соотношение расчетных и фактических данных модели (1) в логарифмических координатах с обозначением ошибки модели (рисунок) показывает достаточно высокую адекватность модели и наличие равномерной остаточной дисперсии.

Существует проблема применимости локальных аллометрических моделей в регионах, для ко-

торых пока не разработаны аналогичные модели. Для сравнения с нашими результатами мы сформировали пакет фактических данных для ольхи серой, полученных в подзонах южной тайги и хвойно-широколиственных лесов (Смирнов, 1971; Казимиров и др., 1978; Miezīte et al., 2011), и включили его в совместный анализ с нашими данными согласно модели смешанного типа (Fu et al., 2012):

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 X, \quad (4)$$

где X – бинарная переменная, равная 0 для данных подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов и равная 1 для данных для северной тайги. Оказалось, что регрессионный коэффициент a_2 при бинарной переменной значим на уровне вероятности $p < 0,01$ ($t = 2,9 > t_{99} = 2,58$) только для биомассы листвы. При этом масса листвы в северной тайге меньше, чем в южных подзонах, на 25 %. По массе ствола, ветвей и надземной регрессионный коэффициент a_2 оказался незначимым ($t = 1,0 \dots 1,3 < t_{95} = 1,96$). Для оценки надземной биомассы ольхи серой на территории европейской части России мы рассчитали обобщенную модель:

$$\begin{aligned} \ln P_a &= -2,5395 + 2,4527 \ln D; \\ \text{adj}R_2 &= 0,939, SE = 0,26. \end{aligned} \quad (5)$$

Таблица 2

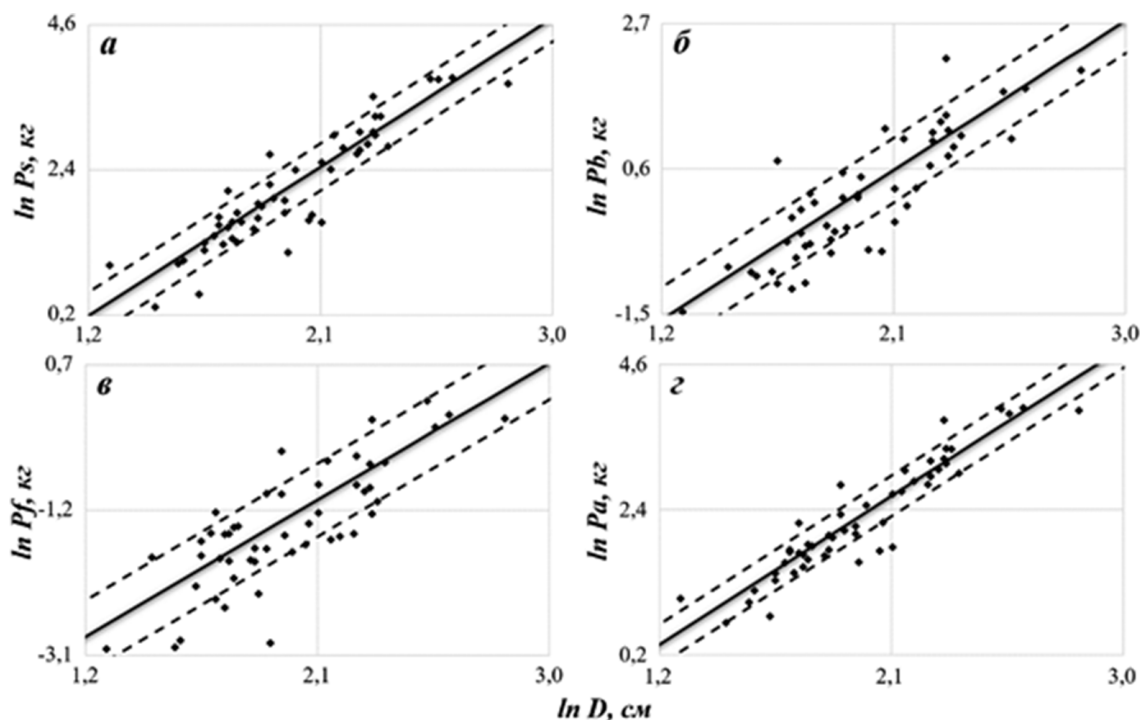
Table 2

Характеристика моделей (1–3)
Characteristics of models (1–3)

Зависимая переменная Dependent variable	Номер модели Model number	Коэффициенты Coefficients				$\text{adj}R^2$	SE	n
		a_0	a_1	a_2	a_3			
$\ln P_s$	(1)	–2,8211	2,5081	–	–	0,835	0,357	50
$\ln P_{bk}$	(2)	–0,9069	–0,6817	–	1,1675	0,821	0,386	
$\ln P_b$	(1)	–4,4668	2,4038	–	–	0,729	0,469	
$\ln P_f$	(1)	–5,2476	1,9910	–	–	0,639	0,478	
$\ln P_a$	(1)	–2,5641	2,4652	–	–	0,867	0,310	
$\ln P_r$	(3)	2,1294	–3,5935	2,4672	–	0,945	0,265	17

Примечание. $\text{adj}R^2$ – коэффициент детерминации, скорректированный на число переменных; SE – стандартная ошибка уравнения; n – число наблюдений. В свободный член введена поправка на логарифмирование (Baskerville, 1972).

Note $\text{adj}R^2$ – coefficient of determination adjusted for the number of variables; SE – standard error of the equation; n – observation number. The free term is corrected for logarithm (Baskerville, 1972).



Соотношение расчетных и фактических данных биомассы согласно модели (1) в логарифмических координатах;
 a , b , v , g – биомасса соответственно ствола, ветвей, листвы, надземная.

Пунктирной линией показана стандартная ошибка модели

The ratio of calculated and actual biomass data according to the model (1) in logarithmic coordinates;

a , b , v , g – biomass of the trunk, branches, foliage, aboveground, respectively.

The dotted line shows the standard error of the model

Предлагаемая обобщенная модель (5) надземной биомассы ольхи серой, построенная по данным 80 наблюдений, более адекватна по отношению к исходным данным, чем модель (1), построенная по данным только для северной тайги ($0,939 > 0,867$). Как следует из данных табл. 1, диапазон варьирования надземной биомассы ольхи в северной тайге составил от 2 до 81 кг и диаметра ствола – от 4 до 17 см, тогда как в объединенном массиве данных – соответственно от 2 до 274 кг и от 3 до 28 см. Более высокая общая дисперсия биомассы и диаметра ствола объединенного массива данных по отношению к соответствующим

значениям для северной тайги на фоне примерно той же остаточной дисперсии обеспечила повышенную адекватность обобщенной модели для надземной биомассы ольхи серой.

Заключение

Предложенные аллометрические модели для фракций надземной биомассы деревьев ольхи серой, произрастающей в подзоне северной тайги Архангельской области, характеризуются высокими показателями адекватности исходным данным и могут быть полезны при оценке углероддепонирующей способности ольховых насаждений.

Список источников

- Биомасса деревьев ивы и ее аллометрические модели в условиях Архангельской области / А. А. Парамонов, В. А. Усольцев, С. В. Третьяков [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 4. С. 10–19.
- Голубятников Л. Л., Денисенко Е. А. Влияние климатических изменений на растительный покров Европейской России // Известия РАН. Сер. географ. 2009. № 2. С. 57–68.
- Гусев И. И. Моделирование экосистем : учебное пособие. Архангельск : Изд-во АГТУ, 2002. 112 с.
- Замолотчиков Д. Г., Коровин Г. Н., Гитарский М. Л. Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации // Лесоведение. 2007. № 6. С. 23–34.

- Казимиров Н. И., Морозова Р. М., Куликова В. К. Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги. Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1978. 216 с.
- Коломыц Э. Г. Углеродный баланс и устойчивость лесных экосистем при глобальных изменениях климата. Экологические ресурсы бореальных лесов. М. : Наука, 2020. 423 с.
- Купцов Н. С., Попов Е. Г. Энергоплантации : справочное пособие по использованию энергетических растений. Минск : Конфидо, 2015. 128 с.
- Смирнов В. В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР. М. : Наука, 1971. 362 с.
- Усольцев В. А. Фитомасса модельных деревьев лесообразующих пород Евразии: база данных, климатически обусловленная география, таксационные нормативы. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 336 с. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5696> (дата обращения: 18.03.2023).
- 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.
- Baskerville G. L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // Canadian Journal of Forest Research. 1972. Vol. 2. P. 49–53.
- Falster D. S., Duursma R. A., Ishihara M. I. et al. BAAD: a Biomass And Allometry Database for woody plants // Ecology. 2015. Vol. 96. Article 1445.
- Fu L. Y., Zeng W. S., Tang S. Z. et al. Using linear mixed model and dummy variable model approaches to construct compatible single-tree biomass equations at different scales – A case study for Masson pine in Southern China // Journal of Forest Science. 2012. Vol. 58. Iss. 3. P. 101–115.
- He X., Lei X., Zeng W. et al. Quantifying the effects of stand and climate variables on biomass of larch plantations using random forests and National Forest Inventory data in North and Northeast China // Sustainability. 2022. Vol. 14. Article 5580.
- Jucker T., Fischer F. J., Chave J. et al. Tallo – a global tree allometry and crown architecture database // Global Change Biology. 2022. Vol. 28. P. 5254–5268. <https://doi.org/10.1111/gcb.16302>
- Miezite O., Liepa I., Lazdins A. Carbon accumulation in overground and root biomass of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) in *Aegopodiosa* // Annual 17th International Scientific Conference Proceedings «Research for Rural Development» 2011, Vol. 2. Jelgava: Latvia University of Agriculture. P. 46–51.
- Palmgren K., Saarsalmi A., Weber A. Nitrogen fixation and biomass production in some alder clones // Silva Fennica. 1985. Vol. 19 (4). Article id 5254. <https://doi.org/10.14214/sf.a15433>
- Rytter L., Rytter R. M. Growth and carbon capture of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) under north European conditions – Estimates based on reported research // Forest Ecology and Management. 2016. Vol. 373. P. 56–65.
- Saarsalmi A., Palmgren K., Levula T. Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation // Folia Forestalia. 1985. Vol. 628. P. 1–24.
- Schepaschenko D., Shvidenko A., Usoltsev V. A. et al. A dataset of forest biomass structure for Eurasia // Scientific Data. 2017. Vol. 4. Article No 170070. P. 1–11. DOI: 10.1038/sdata.2017.70

References

- Baskerville G. L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // Canadian Journal of Forest Research. 1972. Vol. 2. P. 49–53.
- Falster D. S., Duursma R. A., Ishihara M. I. et al. BAAD: a Biomass And Allometry Database for woody plants // Ecology. 2015. Vol. 96. Article 1445.
- Using linear mixed model and dummy variable model approaches to construct compatible single-tree biomass equations at different scales – A case study for Masson pine in Southern China / L. Y. Fu, W. S. Zeng, S. Z. Tang [et al.] // Journal of Forest Science. 2012. Vol. 58. Iss. 3. P. 101–115.

- Golubyatnikov L. L., Denisenko E. A.* The influence of climatic changes on the vegetation cover of European Russia // *Izvestiya RAS. Ser. geograf.* 2009. № 2. P. 57–68. (In Russ.)
- Gusev I. I.* Ecosystem modeling : training guide. Arkhangelsk : Publishing House of AGTU, 2002. 112 p.
- He X., Lei X., Zeng W.* et al. Quantifying the effects of stand and climate variables on biomass of larch plantations using random forests and National Forest Inventory data in North and Northeast China // *Sustainability.* 2022. Vol. 14. Article 5580.
- Jucker T., Fischer F. J., Chave J.* et al. Tallo – a global tree allometry and crown architecture database // *Global Change Biology.* 2022. Vol. 28. P. 5254–5268. URL: <https://doi.org/10.1111/gcb.16302>
- Kazimirov N. I., Morozova R. M., Kulikova V. K.* Organic mass and matter flows in birch stands of the middle taiga. Leningrad : Nauka Publishing, 1978. 216 p.
- Kolomyts E. G.* Carbon balance and sustainability of forest ecosystems under global climate change. Ecological resources of boreal forests. Moscow : Nauka, 2020. 423 p.
- Kuptsov N. S., Popov E. G.* Energy plantations: a reference guide on the use of energy plants. Minsk : Confido, 2015. 128 p.
- Miezite O., Liepa I., Lazdins A.* Carbon accumulation in overground and root biomass of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) in *Aegopodiosa* // Annual 17th International Scientific Conference Proceedings «Research for Rural Development» 2011, Vol. 2. Jelgava: Latvia University of Agriculture. P. 46–51.
- Palmgren K., Saarsalmi A., Weber A.* Nitrogen fixation and biomass production in some alder clones // *Silva Fennica.* 1985. Vol. 19 (4). Article id 5254. <https://doi.org/10.14214/sf.a15433>
- Paramonov A. A., Usoltsev V. A., Tretyakov S. V.* et al. Willow tree biomass and its allometric models in the conditions of the Arkhangelsk region // *Forests of Russia and Economy in them.* 2022. № 4. P. 10–19. (In Russ.)
- Rytter L., Rytter R. M.* Growth and carbon capture of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) under north European conditions – Estimates based on reported research // *Forest Ecology and Management.* 2016. Vol. 373. P. 56–65. (In Russ.)
- Saarsalmi A., Palmgren K., Levula T.* Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation // *Folia Forestalia.* 1985. Vol. 628. P. 1–24.
- Schepaschenko D., Shvidenko A., Usoltsev V. A.* et al. A dataset of forest biomass structure for Eurasia // *Scientific Data.* 2017. Vol. 4. Article No 170070. P. 1–11. DOI: 10.1038/sdata.2017.70
- Smirnov V. V.* Organic mass in some forest phytocenoses of the European part of the USSR. Moscow : Nauka, 1971. 362 p.
- Usoltsev V. A.* Phytomass of model trees of forest-forming species of Eurasia: database, climatically determined geography, taxation standards. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2016. 336 p. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5696> (date of application: 16.03.2023).
- Usoltsev V. A., Tsepordey I. S., Noritsin D. V.* Allometric models of single-tree biomass for forest-forming species of the Urals // *Forests of Russia and Economy in them.* 2022. № 1. C. 4–14. (In Russ.)
- Zamolodchikov D. G., Korovin G. N., Guitarsky M. L.* Carbon budget of managed forests of the Russian Federation // *Lesovedenie. Forest science.* 2007. № 6. C. 23–34. (In Russ.)

Информация об авторах

- A. A. Карабан* – лаборант-исследователь, аспирант,
karaban@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2934-0303>;
- B. A. Усольцев* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>;
- C. B. Третьяков* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
s.v.tretyakov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>;

С. В. Коптев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
s.koptev@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>;
А. А. Парамонов – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник,
a.paramonov@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0961-221X>;
И. В. Цветков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник,
i.tsvetkov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1559-32540>;
А. В. Давыдов – лаборант-исследователь, магистрант,
davydov.a@edu.narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4328-7040>;
И. С. Цепордей – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник,
ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>.

Information about the authors

A. A. Karaban – laboratory researcher, post-graduate student,
karaban@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2934-0303>;
V. A. Usoltsev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>;
S. V. Tretyakov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
s.v.tretyakov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>;
S. V. Koptev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
s.koptev@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>;
A. A. Paramonov – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher,
a.paramonov@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0961-221X>;
I. V. Tsvetkov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, senior researcher,
i.tsvetkov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1559-32540>;
A. V. Davydov – laboratory Researcher, Master's student,
davydov.a@edu.narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4328-7040>;
I. S. Tsepordey – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher,
ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>.

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. № 2. С. 51–56.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 51–56.

Научная статья

УДК 581.1:630.177.722

DOI: 10.51318/FRET.2023.30.85.006

ИССЛЕДОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ IN VITRO КЛЕНА МЕЛКОЛИСТНОГО (ACER MONO MAXIM.)

Анастасия Николаевна Марковская¹, Елена Геннадьевна Мартюшова²,
Павел Александрович Мартюшов³

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

¹ markovskayaan@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5966-7825>

² eva88871@mail.ru

³ martyushovpa@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6541-0375>

Аннотация. Для расширения ассортимента видов древесно-кустарниковых растений, используемых в озеленении, требуется посадочный материал. Однако многие виды плохо размножаются стандартными способами. Часто возникают сложности со сбором семян по причине периодичности семенных лет. Кроме того, сорта и формы древесно-кустарниковых растений не сохраняют свои свойства при семенном размножении.

Одним из путей решения проблемы обеспечения качественным посадочным материалом является микроклональное размножение. В то же время указанный способ размножения древесных растений сдерживается недостатком специализированных лабораторий по микроклональному размножению и отсутствием научно обоснованных методик его проведения для разных видов растений. Известно, что на микроклональное размножение растений влияет большое количество разнообразных факторов. В статье рассмотрены вопросы микроклонального размножения культуры in vitro клена мелколистного. Проанализированы такие факторы, как сезон года при сборе материала и стерилизация полученных образцов.

Ключевые слова: микроклонирование, микроклональное размножение, культура in vitro, размножение клена мелколистного

Scientific article

IN VITRO CULTURE OF SMALL-LEAVED MAPLE (ACER MONO MAXIM.)

Anastasia N. Markovskaya¹, Elena G. Martyushova²,
Pavel A. Martyushov³

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

¹ markovskayaan@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5966-7825>

² eva88871@mail.ru

³ martyushovpa@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6541-0375>

Abstract. To expand the range of types of woody and shrubby plants used in landscaping, planting material is required. However, many species reproduce poorly in standard ways. There are often difficulties with collecting seeds due to the frequency of seed years. In addition, varieties and forms of woody and shrubby plants do not retain their properties during seed propagation.

One of the ways to solve the problem of providing high-quality planting material is microclonal reproduction. At the same time, this method of reproduction of woody plants is constrained by the lack of specialized laboratories for microclonal reproduction and the lack of scientifically sound methods for its implementation for different plant species. It is known that a large number of various factors affect the microclonal reproduction of plants. The article deals with the issues of microclonal reproduction of culture in vitro of small-leaved maple. Factors such as the season of the year when collecting the material and sterilization of the obtained samples are analyzed.

Keywords: microcloning, microclonal reproduction, in vitro culture, reproduction of small-leaved maple

Введение

Одним из приоритетных направлений в области озеленения является создание благоприятных условий для проживания и отдыха населения. Реализация данного направления возможна только при условии создания внутри городской застройки вокруг крупных мегаполисов зеленых насаждений, оказывающих положительное влияние на экологическую обстановку (Залесов, Хайретдинов, 2011; Хайретдинов, Залесов, 2011; Качество жизни..., 2013; Жилищно-коммунальное хозяйство..., 2017).

В то же время при формировании лесных парков и выращивании древесно-кустарниковой растительности внутри городской застройки следует учитывать негативное влияние на растения промышленных поллютантов и рекреации (Залесов и др., 2008; Залесов, Колтунов, 2009). Решить проблему создания эстетически привлекательных устойчивых объектов озеленения можно, только

вводя интродуценты, а также декоративные виды и формы аборигенных видов (Залесов и др., 2011; Оплетев и др., 2016).

Особо следует отметить, что размножение различных видов древесно-кустарниковых растений связано с определенными сложностями. Так, из-за периодичности семенных лет многие виды сложно выращивать из семян. Кроме того, выращенные из семян растения не сохраняют своей специфической формы или сорта. При этом многие виды сложно размножаются вегетативным способом.

Указанное выше свидетельствует о перспективности микроклонального размножения декоративных видов деревьев и кустарников. В то же время следует отметить, что указанный способ выращивания посадочного материала сдерживается недостаточным количеством специализированных лабораторий и отсутствием научно-методических разработок по микроклональному размножению большинства видов древесных растений.

Последнее относится и к подбору образцов для микроклонального размножения.

Цель исследования – установление влияния сезона года при отборе исходного материала для микроклонального размножения на примере клена мелколистного (*Acer mono* Maxim).

Методы и принципы исследования

Термин «клон» (от греч. *clon* – отпрыск) был предложен Веббером в 1903 г. для вегетативно размножаемых растений. Таким образом, клональное микроразмножение – это использование практики *in vitro* для быстрого получения неполовым способом размножения растений, идентичных исходному (Широков, 2012).

Объектами культуры *in vitro* могут быть как клетки, так и ткани, взятые из различных частей растений. Выбор экспланта для любого типа регенерации *in vitro* зависит от многочисленных факторов, таких как материнский генотип, особенности введения экспланта в стерильную культуру, состав питательных сред, условия и методы выращивания (Бутенко, 1999). Но главное, при выборе экспланта необходимо учитывать сезон года, фазы развития материнского растения при определении реакции экспланта на питательную среду (Практикум..., 2001).

Процесс микроклонального размножения включает 4 этапа: 1 этап – введение экспланта в культуру *in vitro*; 2 этап – непосредственно само микроразмножение; 3 этап – процесс укоренения микропобегов; 4 этап – осуществление выхода укорененных растений из стерильных условий в нестерильные.

Существует несколько способов микроклонального размножения:

а) индукция развития адвентивных побегов непосредственно из ткани экспланта, метод является очень эффективным, все признаки размножаемого образца полностью сохраняются;

б) развитие пазушных побегов, которое основано на снятии апикального доминирования, это наиболее надежный способ, заключающийся во введении полученной массы побегов на микрочеренки;

в) получение каллусной ткани с последующей индукцией органогенеза (Биотехнология..., 1989).

По данным Р. Г. Бутенко (1999), наиболее эффективный для оздоровления от вирусов, вириодов, микоплазм – способ культивирования меристем стебля или органов стеблевого происхождения. Поэтому в нашем исследовании мы выбрали способ черенкования органов стеблевого происхождения.

Объектами в данном исследовании были выбраны древесные растения семейства *Sapindaceae*. Представители: *Acer ginnala* Maxim., *Acer mono* Maxim., *Acer platanoides* L., *Acer tatàricum* L.

Опыт был начат в июле 2022 г. Обоснование выбора: климатическая устойчивость вида к условиям Екатеринбурга, отсутствие видимых повреждений болезнями и вредителями. Образцы для эксперимента были отобраны в саду лечебных культур имени профессора Л. И. Вигорова на территории Уральского сада лечебных культур (УСЛК) 1 и 2.

Важным условием отбора образцов является срезка побегов с верхней части кроны, так как для участия в эксперименте требуются только молодые побеги (текущего года). Также нужно учитывать, что для эксперимента требуются только верхушечные и боковые почки до третьего междоузлия.

После среза необходимых частей в лабораторных условиях начинается подготовка побегов к стерилизации: образцам присваивается номер и производится сегментирование до 1–2 см в зависимости от вида растения.

Стерилизация производится в два этапа. Первый этап заключается в очистке образцов от внешних загрязнений. Для этого образцы заливают мыльным раствором и держат в нем 1 ч. После мыльный раствор смывается проточной водой и далее образцы оставляют в дистилляте на 20 мин.

Второй этап производится в ламинар-боксе, который был заранее подготовлен. Здесь образцы подвергаются более тщательной стерилизации: спиртом, гидрохлоридом натрия. Промыв образцов проводится стерильным дистиллятом.

После стерилизации образцы иницируют на заранее подготовленную среду, в нашем случае среда Мурасиге – Скуга с добавлением фитогормонов. Подписывают, герметично закрывают пленкой и после окончания работы в ламинар-боксе переносят их в специальное помещение – растильню. В растильне образцы находятся при дополнительном

освещении и обогреве (световая фаза длится 16 ч, теневая – 8 ч; влажность воздуха равна 80 %, температура воздуха – 25 °C).

В данных условиях наблюдают за ходом роста образцов, а также определяют эффективность стерилизации. Инфекция обычно проявляется на 7–14-й день после инициации растения.

Основные результаты

Первые образцы были отобраны в июле в количестве 35 шт. Стандартная схема стерилизации показала, что 97,1 % образцов инфицированы, также было отмечено выделение фенолов (реакция растений на стресс). Для продолжения опыта необходимо внести коррективы в схему стерилизации.

Повторный отбор образцов был произведен в октябре в количестве 35 шт. Чистота образцов после стерилизации составила 100 %. На полученный результат повлияло внесение мертиолята в раствор гидрохлорида натрия. Выделение фенолов не обнаружено.

После успешной стерилизации особое внимание было уделено отзывчивости образцов на питательную среду. Интенсивный рост был отмечен у клена мелколистного (*Acer mono* Maxim). Полученные результаты показаны на фото (рис. 1, 2).

На 3-й день после инициации было отмечено набухание почек, на 13-й день рост почек был ярко выражен, а на 21-й день образовались листья раз-

мером до 1 см. Верхушечная почка в рост не тронулась (см. рис. 1). На 28-й день листья увеличились в размерах. На 29-й день была произведена пересадка образцов на питательную среду Мурасиге – Скуга с увеличением дозы фитогормонов. После пересадки был отмечен интенсивный рост листьев и образование новых побегов (см. рис. 2). Образцы *Acer mono* Maxim готовы для перехода на следующий этап.

Образцы *Acer ginnala* Maxim., *Acer platanoides* L., *Acer tataricum* L. также дали положительный отзыв на среду – началось образование каллуса. Но на 38-й день эксперимента каллусные ткани потемнели, и на 52-й день рост прекратился. Так как каллусные ткани, нередко и в пределах вида, требуют различных физических и химических условий выращивания *in vitro*, то для полного анализа образцов необходимо дополнительное исследование.

Итоги исследования можно проанализировать в нескольких направлениях. Предложенная схема стерилизации образцов дала положительные результаты, прежде всего на это повлияло внесение мертиолята в раствор гидрохлорида натрия.

Выбор среды, как показал эксперимент, был удачен. Все выбранные образцы начали активно расти. Но необходимо отметить, что *Acer mono* Maxim пошел по пути развития прямого морфогенеза, а образцы *Acer ginnala* Maxim., *Acer*



Рис. 1. После инициации
Fig. 1. After initiation

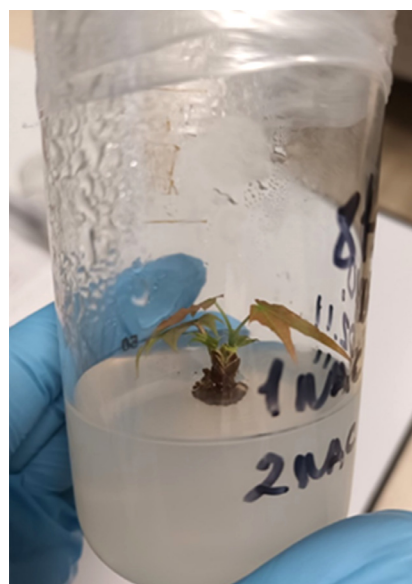


Рис. 2. После пересадки
Fig. 2. After the transplant

platanoïdes L., *Ácer tatáricum* L. – каллусогенеза. Можно предположить, что на данное обстоятельство повлияли увеличение дозы фитогормонов и генетическая особенность вида.

Влияние фенолов на рост растения также играет важную роль. При выделении фенолов происходит отравление органов растения, что и способствует угнетению роста. Поэтому очень важно учитывать сезон для отбора черенков.

Из вышеперечисленного можно сделать предварительный вывод, что перевод образцов на второй этап микроклонального размножения напрямую зависит от времени года сбора черенков, эффективного подбора стерилизации эксплантов, питательной среды, созданных условий для выращивания, а также соблюдения всех необходимых требований проведения исследования способом микроклонирования.

Заключение

1. Первый этап микроклонирования клена мелколистного (*A. mono* Maxim) прошел успешно, что подтверждается хорошими результатами.
2. Успех эксперимента объясняется правильным подбором способов стерилизации и питательной среды.
3. Наиболее удачным периодом отбора черенков для микроклонального размножения следует считать осенний период.
4. Образцы, отобранные в октябре, не выделяют фенолов, а следовательно, более устойчивы к стрессовым ситуациям.
5. На образование каллусной ткани влияют увеличение дозы фитогормонов и генетическая особенность вида.

Список источников

- Биотехнология растений: культура клеток / Г. П. Болвелл, К. Р. Вуд, Р. А. Гонзалес, Дж. М. Данвелл, Р. А. Диксон [и др.]. М. : Агропромиздат, 1989. 280 с.
- Бутенко Р. Г. Биология высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М. : ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.
- Жилищно-коммунальное хозяйство и качество жизни в XXI веке: экономические модели, новые технологии и пути управления / Л. С. Азаренков, Г. В. Астратова, Я. П. Силин [и др.]. М. : Екатеринбург : Науковедение, 2017. 600 с.
- Залесов С. В., Колтунов Е. В. Корневые и стволовые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в Нижне-Исетском лесопарке г. Екатеринбурга // Аграрный вестник Урала. 2009. № 1 (55). С. 73–75.
- Залесов С. В., Хайретдинов А. Ф. Ландшафтные рубки в лесопарках. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 176 с.
- Залесов С. В., Колтунов Е. В., Лаишевцев Р. Н. Основные факторы пораженности сосны корневыми и стволовыми гнилями в городских лесопарках // Защита и карантин растений. 2008. № 2. С. 56–58.
- Залесов С. В., Платонов Е. П., Гусев А. В. Перспективность древесных интродуцентов для озеленения в условиях средней подзоны тайги Западной Сибири // Аграрный вестник Урала. 2011. № 4 (83). С. 56–58.
- Качество жизни : Проблемы и перспективы XXI века / Г. А. Астратова, А. В. Мехренцев, М. К. Хрущева [и др.]. Екатеринбург : Стратегия позитива™, 2013. 532 с.
- Оплетаев А. С., Залесов С. В., Кожевников А. П. Новая декоративная форма ели сибирской (*Picea obovate* Ledeb.) // Аграрный вестник Урала. 2016. № 6 (148). С. 40–44.
- Практикум по росту и устойчивости растений : учебное пособие / В. В. Полевой, Т. В. Чуркова, Л. А. Лугова [и др.]. СПб., 2001. 208 с.
- Хайретдинов А. Ф., Залесов С. В. Введение в лесоводство. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 202 с.
- Широков А. И., Куюков Л. А. Основы биотехнологии растений. Н. Новгород, 2012. 49 с.

References

- Butenko R. G. Biology of higher plants in vitro and biotechnologies based on them. Moscow : FBK-PRESS, 1999. 160 p.
- Housing and communal services and the quality of life in the XXI century: economic models, new technologies and ways of management / L. S. Azarenkov, G. V. Astratova, Ya. P. Silin [et al.]. Moscow ; Yekaterinburg : Publ. NauKovedenie. 2017. 600 p.
- Khayretdinov A. F., Zalesov S. V. Introduction to forestry. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2011. 202 p.
- Opletaev A. S., Zalesov S. V., Kozhevnikov A. P. A new decorative form of Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. № 6 (148). P. 40–44. (In Russ.)
- Plant biotechnology: cell culture / G. P. Bolwell, K. R. Wood, R. A. Gonzales, J. M. Dunwell, R. A. Dixon [et al.]. Moscow : Agropromizdat, 1989. 280 p.
- Practicum on plant growth and resistance : Textbook / V. V. Polevoy, T. V. Churikova, L. A. Lutova [et al.]. Sankt-Petersburg, 2001. 208 p.
- Quality of life: Problems and prospects of the XXI century / G. A. Astratova, A. V. Mehrentsev, M. K. Khru-shchev [et al.]. Yekaterinburg : Publ. Strategy positiva™, 2013. 532 p.
- Shirokov A. I., Kuyukov L. A. Fundamentals of plant biotechnology. Nizhny Novgorod, 2012. 49 p.
- Zalesov S. V., Khayretdinov A. F. Landscape logging in forest parks. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2011. 176 p.
- Zalesov S. V., Koltunov E. V. Root and stem rot of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and hanging birch (*Betula pendula* Roth.) in the Lower Iset forest park of Yekaterinburg // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. № 1 (55). P. 73–75. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Koltunov E. V., Laishevsev R. N. The main factors of pine infestation by root and stem rot in urban forest parks // Protection and quarantine of plants. 2008. № 2. P. 56–58. (In Russ.)
- Zalesov S. V., Platonov E. P., Gusev A. V. Prospects of tree introducers for landscaping in the conditions of the middle taiga subzone of Western Siberia // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. № 4 (83). P. 56–58. (In Russ.)

Информация об авторах

А. Н. Марковская – аспирант,
markovskayaan@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5966-782>;
Е. Г. Мартюшова – аспирант,
eva88871@mail.ru;
П. А. Мартюшов – аспирант,
martyushovpa@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6541-0375>.

Information about the authors

A. N. Markovskaya – postgraduate student,
markovskayaan@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5966-782>;
E. G. Martyushova – postgraduate student,
eva88871@mail.ru;
P. A. Martyushov – postgraduate student,
martyushovpa@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6541-0375>.

Статья поступила в редакцию 27.02.2023; принята к публикации 20.03.2023.
The article was submitted 27.02.2023; accepted for publication 20.03.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 57–66.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 57–66.

Научная статья

УДК 712.4

DOI: 10.51318/FRET.2023.75.12.007

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ ДЕКОРАТИВНЫХ СОРТОВ ЕЛИ КОЛЮЧЕЙ (*PICEA PUNGENS* ENGELM.)

Светлана Зуфаровна Бабина¹, Татьяна Борисовна Сродных²,
Зуфар Ягфарович Нагимов³

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

¹ babinasveta1978@yandex.ru

² tanya.srodnykh@mail.ru, [http:// orcid.org/0000-0003-4297-0147](http://orcid.org/0000-0003-4297-0147)

³ nagimovzy@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6853-2375>

Аннотация. Хвойные растения играют важную роль в озеленении городов бореальной зоны, так как являются долговечными, улучшают микроклимат и увеличивают декоративный аспект в зимнее время года. Ассортимент хвойных видов и особенно декоративных сортов для городского озеленения на Среднем Урале беден. Цель исследования – оценка перспективности использования декоративных сортов ели колючей в условиях Екатеринбурга. Объекты исследования – саженцы трех сортов ели колючей (*Picea pungens* Engelm.): Хупси (*Picea pungens Hoopsii*), Изели Фастигиата (*Picea pungenes Iseli Fastigiata*), Фат Альберт (*Picea pungens Fat Albert*). Задачи работы – определить приросты елей по высоте и диаметру у шейки корня за пятилетний период, а также изменение жизненной формы растений. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что исследованные сорта растений не меняют жизненной формы в новых условиях, а по интенсивности роста по высоте и диаметру преимущество имеет сорт Хупси. По предварительным данным исследования наиболее перспективным для озеленения населенных пунктов в условиях Среднего Урала является сорт Хупси.

Ключевые слова: ель колючая, городские посадки, перспективные сорта, интродукция растений

Scientific article

THE PROSPECTS OF USING DECORATIVE VARIETIES OF PRICKLY SPRUCE (*PICEA PUNGENS* ENGELM.) IN THE MIDDLE URALS

Svetlava Z. Babina¹, Tatyana B. Srodnykh²,
Zufar Ya. Nagimov³

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

¹ babinasveta1978@yandex.ru

² tanya.srodnykh@mail.ru, [http:// orcid.org/0000-0003-4297-0147](http://orcid.org/0000-0003-4297-0147)

³ nagimovzy@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6853-2375>

Abstract. Coniferous plants play an important role in the greening of boreal cities, as they are durable, improve the microclimate and increase the decorative aspect in the winter season. The range of coniferous species, and especially ornamental varieties for urban landscaping in the Middle Urals, is poor. The purpose of the study is to establish the prospects of using decorative varieties of prickly spruce in the conditions of Yekaterinburg. The objects of research are seedlings of three varieties of prickly spruce (*Picea pungens* Engelm.): Hoopsi (*Picea pungens* Hoopsii), Iseli Fastigiata (*Picea pungens* Iseli Fastigiata), Fat Albert (*Picea pungens* Fat Albert). The tasks are to determine the growth of fir trees in height and diameter at the root neck over a five-year period, as well as the change in the life form of plants. The data obtained indicate that the Hoopsie variety is the leader in height gains. According to preliminary research data, the most promising variety in the conditions of the Middle Urals is the Hoopsi variety.

Keywords: prickly spruce, urban planting, promising varieties

Введение

Хвойные растения играют важную роль в городском озеленении, особенно в регионах бореальной зоны с продолжительным зимним периодом. Некоторые специалисты, в частности С. А. Мамаев (1983), рекомендуют активно включать в состав городского ассортимента растений на Среднем Урале до 10 % хвойных видов.

Ель колючая (*Picea pungens* Engelm.) занимает важное место в ассортименте растений для озеленения городских объектов на Среднем Урале. В культуры городов Урала она была введена еще до революции и успешно акклиматизировалась в условиях Среднего и Южного Урала (Коновалов и др., 2010).

Это один из наиболее декоративных видов елей, который в последнее время все более широко используется на Среднем Урале как в частном, так и в городском озеленении.

Цель, объекты

и методика исследований

Цель нашего исследования – оценка перспективности использования декоративных сортов ели колючей в условиях Екатеринбурга. Для ее достижения были поставлены следующие задачи: определение приростов по высоте и диаметру у шейки корня у растений трех декоративных сортов ели колючей за пятилетний период; изучение изменения жизненной формы изучаемых растений.

Объектом исследований послужили три сорта ели колючей: Хупси (*Picea pungens* Hoopsii), Изели Фастигиата (*Picea pungens* Iseli Fastigiata), Фат Альберт (*Picea pungens* Fat Albert).

Исследования проводились в Екатеринбурге, территория которого относится к Средне-Уральскому таежному лесному району.

Экземпляры елей в возрасте 5 лет были приобретены в двух питомниках: Bruns Pflanzen (Германия) и Bracia Dedscy (Польша). Они завезены

на территорию Уральского региона в 2017 г. Растения были посажены на территории Уральского сада лечебных культур им. профессора Л.И. Вигорова, на участке УСЛК-2. Количество исследуемых саженцев каждого сорта колебалось от 7 до 10 шт.

В процессе исследований оценивалась динамика приростов растений по высоте и диаметру у шейки корня за прошедший после посадки период. Из показателей, которые обычно применяются при оценке результатов интродукции, используя известные методические указания (Арестова С.В., Арестова Е.А., 2017), мы выбрали наиболее информативный – изменение жизненной формы растений. Показатель сохранения жизненной формы определялся визуально и оценивался с помощью десятибалльной шкалы. Замеры прироста по высоте и диаметру диаметра у шейки корня производились штангенциркулем с точностью 0,1 см.

Результаты исследования и их обсуждение

Ель колючая (*Picea pungens* Engelm.) – это североамериканский вид семейства сосновых (*Pinaceae* Lindl.). Она достигает в высоту 20–30 м и характеризуется эффектной строго ярусной архитектурой кроны. Морозо- и ветроустойчива. По скорости роста немного уступает ели обыкновенной (*Picea excelsa* Link.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ldb.). По данным А.И. Колесникова (1974), в Екатеринбурге ель колючая к 17 годам достигает 4 м, а ель сибирская, по данным С.В. Вишняковой (2009), к 20 годам – 5–7 м. Это неприхотливый к городским условиям произрастания вид, который лучше других видов ели переносит загрязнение и загазованность воздуха (Колесников, 1974; Вишнякова, 2005; Коновалов и др., 2010).

Благодаря своим качествам ель колючая входит в ассортимент видов, рекомендуемых для озеленения городов Урала, за исключением самых северных (Соликамск, Ивдель) и самых южных (Оренбург, Орск) районов (Коновалов и др., 2010). Она рекомендована для озеленения Екатеринбурга многими специалистами (Сродных, Денеко, 2004; Вишнякова, 2005, 2009), включена в ассортимент

городского озеленения для городов и поселков южной части Красноярского края (Протопопова, 1972).

Следует также отметить, что большинство видов елей, способных произрастать в условиях Среднего Урала, начинают вегетацию в середине мая, тогда как ель колючая начинает рост в начале июня. Период роста побегов у ели колючей значительно длиннее, чем у других видов елей в условиях Среднего Урала, и составляет около 40 дней (Коновалов и др., 2010). Возможно, эти особенности фенологического и морфологического развития побегов способствуют ее устойчивости к пониженным температурам в весенний период.

Для этого вида характерно большое внутривидовое разнообразие как по форме кроны (существуют шаровидные, конусовидные, карликовые и другие формы), так и по окраске хвои. В молодом возрасте ель колючая хорошо переносит стрижку, во взрослом состоянии – пересадку. Возможно ее вегетативное размножение (Мамаев, 1983).

Ель колючая и ее формы используются часто на парадных участках парков и скверов, во входных зонах и на частных участках. Она применяется в одиночных, групповых, рядовых посадках и даже в качестве декоративных «экранов» и кулис. При обследовании центральной части Екатеринбурга в 90-х годах встречаемость ели сибирской составляла 51,8 %, а ели колючей – всего 8,9 % (Семкина, 1991). В настоящее время ситуация несколько изменилась. Нередко для создания декоративных зон в условиях уплотненной застройки, например около крупных торгово-развлекательных центров, ель колючую высаживают в контейнеры, создавая декоративные ландшафтные композиции (Кудряшова, Сродных, 2022).

В последние 10–15 лет в питомниках нашей страны как в средней полосе, так и на Урале выращиваются, а чаще доращиваются различные декоративные формы ели колючей. Количество сортов и форм этого вида в питомниках увеличивается. Большое разнообразие (до 15 сортов) декоративных сортов ели колючей наблюдается в питомнике СЦ «Плантариум». Однако серьезных исследований по акклиматизации декоративных сортов этого вида на Урале не проводилось.

Отмеченные выше декоративные сорта ели колючей для исследований отобраны в питомнике СЦ «Плантариум». Именно эти три сорта были выделены нами ранее благодаря лучшей приживаемости за пятилетний период как наиболее перспективные (Бабина, Сродных, 2022). Все сорта являются декоративными деревьями средней высоты 10–15 м и имеют правильную коническую форму. Изели Фастигиата отличается более узкой компактной формой кроны. Хвоя елей острая, колючая серо-голубого или серо-серебристого цвета. Есть некоторые неярко выраженные отличия между сортами по оттенкам цвета и характеру ветвления (Bruns Pflanzen, 2018). Выбранные сорта елей могут успешно произрастать в 4 зоне зимостойкости, что соответствует нашему региону.

Зона зимостойкости – регион, в котором древесный вид хорошо переносит зимы. Индикатором того, насколько климатическая зона подходит для посадки определенного сорта, является средняя температура воздуха января, июля и среднегодовое количество осадков. Среднее значение самой низкой температуры определяет принадлежность к зоне зимостойкости (Bruns Pflanzen, 2018).

Быстрота роста деревьев в высоту характеризуется размером ежегодного прироста высоты ствола. Величина этого прироста у разных видов древесных растений весьма различна. Быстрорастущие породы обладают также большим ежегодным приростом боковых побегов, у медленно растущих годичный прирост побегов по величине значительно ниже (Колесников, 1974). Для всех видов древес-

ных растений характерна общая закономерность: в первые годы развития дерева годичный прирост сравнительно невелик, затем он увеличивается, достигая к определенному возрасту наибольшей величины, потом постепенно уменьшается; наконец, в старости рост деревьев в высоту почти приостанавливается (Колесников, 1974). Ель сибирская в городских посадках Екатеринбурга достигает максимальной высоты в возрасте 41–50 лет (Вишнякова, 2009).

Данные прироста по высоте трех сортов ели колючей, полученные по совокупностям обмеренных растений, по годам исследуемого периода приведены в табл. 1. Следует отметить, что исследуемые сорта ели не дали прироста в 2018 г. – в первый год после приобретения и посадки в новых условиях. Этот факт не противоречит литературным данным. Некоторые специалисты отмечают, что в первый год после посадки растений наблюдается низкий прирост елей по высоте либо он отсутствует (Лапин и др., 1979). С учетом того, что в 2018 г. прирост по высоте отсутствовал у всех сортов, в нашей работе анализ приростов дан по последним 4 годам.

Значения текущих годичных приростов по годам исследования, приведенные в табл. 1, в высшей степени достоверны ($t_{факт} > t_{0,05}$). При доказательстве достоверности средних приростов с учетом определенного числа степеней свободы по соответствующей таблице Стьюдента устанавливалась величина критерия $t_{0,05}$ (Рокицкий, 1973). Как видно из данных табл. 1, растения всех сортов в год

Таблица 1

Table 1

Прирост по высоте сортов ели колючей по годам исследования
Growth in height of varieties of prickly spruce by years of study

Наименование растений – вид, сорт Name of plants – type, variety	Средняя высота растений в год пересадки, см Average height of plants in the year of transplantation, cm	Прирост растений по высоте в разные годы, см Plant growth in height in different years, cm			
		2019	2020	2021	2022
Ель колючая Изели Фастигиата Prickly spruce Izeli Fastigiata	110,0 ± 2,25	2,1 ± 0,01	5,5 ± 0,07	5,4 ± 0,06	5,4 ± 0,06
Ель колючая Фат Альберт Prickly spruce Fat Albert	110,4 ± 3,01	2,1 ± 0,01	8,0 ± 0,05	8,4 ± 0,08	8,3 ± 0,07
Ель колючая Хупси Prickly Spruce Hoopsie	112,1 ± 2,05	5,7 ± 0,08	8,5 ± 0,13	8,0 ± 0,11	8,3 ± 0,10

пересадки имели примерно одинаковые средние высоты. Различия по высоте растений между сортами статистически не доказываются. Их прирост по высоте стабилизируется к третьему году после посадки (к 2020 г.). В последующие годы он меняется незначительно.

Данные о текущем периодическом (за 4 года) и среднем периодическом приростах по высоте исследуемых сортов ели, полученные по результатам математико-статистической обработки экспериментальных материалов, представлены в табл. 2. На основе анализа ее данных можно отметить, что выборочная совокупность (объем экспериментального материала) обеспечивает достаточно устойчивые результаты. Точность исследований соответствует требованиям, предъявляемым для лесоводственно-таксационных работ. По отдельным совокупностям растений ели (сортам) этот показатель изменяется от 2,9 до 7,8 %.

Данные табл. 2 позволяют достаточно объективно оценить интенсивность роста по высоте различных сортов ели колючей. Приступая к их анализу, следует отметить, что изменчивость годовых приростов по высоте у разных сортов ели различна. Коэффициент вариации данного показателя по выборочной совокупности растений сорта Изели Фастигиата составляет 32,9 %, сорта Фат Альберт – 41,1 % и сорта Хупси – 15,5 %. При

сопоставлении полученных значений коэффициента вариации с данными эмпирической шкалы уровней изменчивости количественных признаков растений С. А. Мамаева (1973) выявлены следующие результаты: изменчивость годовых приростов по высоте сорта Хупси соответствует среднему уровню (от 13 до 20 % по шкале), сорта Изели Фастигиата – высокому (от 31 до 40 %) и сорта Фат Альберт – очень высокому (более 40 %). Таким образом, сорт Хупси по сравнению с другими сортами характеризуется более стабильными приростами.

За 4-летний период высота разных сортов ели увеличилась на величину от 18,4 до 30,5 см. Все они, согласно классификации древесных пород по скорости роста в высоту (Колесников, 1974), являются медленно растущими. Интенсивный прирост по высоте у них происходит в возрасте от 10 до 30 лет (Bruns Pflanzen, 2018). Возраст наших растений в 2022 г. достиг только 10 лет.

Наиболее высоким среднепериодическим приростом (7,6 см) характеризуется сорт Хупси, а наименьшим – сорт Изели Фастигиата (4,6 см). Сорт Фат Альберт по этому показателю занимает промежуточное положение (6,7 см). Вычисленные значения показателя существенности различия t среднепериодических приростов разных сортов составили: между сортами Изели Фастигиата

Таблица 2

Table 2

Текущий и средний периодические приросты по высоте сортов ели колючей
Current and average periodic increases in height of varieties of prickly spruce

Наименование растений – вид, сорт Name of plants – type, variety	Средняя высота растений в год пересадки, см Average height of plants in the year of transplantation, cm	Прирост растений по высоте за исследуемый период, см Plant growth in height during the study period, cm		Доля прироста за 4 года в общей высоте, % The share of growth over 4 years in the total height, %	Точность опыта, % Accuracy of experience, %
		Текущий current	Средний average		
Ель колючая Изели Фастигиата Prickly spruce Izeli Fastigiata	110,0 ± 2,25	18,4	4,6 ± 0,29	14,3	6,3
Ель колючая Фат Альберт Prickly spruce Fat Albert	110,4 ± 3,01	26,8	6,7 ± 0,52	19,5	7,8
Ель колючая Хупси Prickly Spruce Hoopsie	112,1 ± 2,05	30,5	7,6 ± 0,22	21,4	2,9

и Фат Альберт – $t = 3,53$, между сортами Изели Фастигиата и Хупси – $t = 26,1$ и между сортами Фат Альберт и Хупси – $t = 5,06$.

При малом числе наблюдений n (от 5 до 25) разницу между средними арифметическими рекомендуется (Дворецкий, 1971) считать существенной, если коэффициент достоверности различия удовлетворяет требованию

$$t > 3 + (6/n - 4).$$

Из этого условия различия по среднепериодическому приросту между сортом Хупси, с одной стороны, и сортами Изели Фастигиата и Фат Альберт – с другой, существенны, доказываются статистически. Между сортами Изели Фастигиата и Фат Альберт они несущественны.

В целом ель колючая Хупси имеет самые высокие показатели прироста. За исследуемый период она имела общий прирост по высоте в размере 30,5 см. Высота 10-летнего дерева составила 142,6 см, что соответствует норме, приведенной в каталоге садовых растений (Bruns Pflanzen, 2018). Ель Хупси имеет и самую высокую долю прироста за 4 года – 21,4 % от общей высоты растений в 2022 г.

Изменчивость годовых приростов растений по диаметру у шейки корня заметно ниже, чем изменчивость приростов по высоте. По выборочной совокупности растений сорта Изели Фастигиата она составляет 15,0 %, сорта Фат Альберт – 19,7 % и сорта Хупси – 18,5 %. По шкале С. А. Мамаева

(1973) изменчивость данного показателя по всем сортам соответствует среднему уровню.

Данные текущего годовичного прироста по диаметру у шейки корня у исследуемых сортов ели представлены в табл. 3. Из ее данных видно, что исследуемые сорта ели в год пересадки (в 2017 г.) несколько отличались по среднему диаметру растений. Однако различия по диаметру растений между сортами статистически не доказываются. Текущие приросты приведены только за 2020–2022 гг. В первые два года после посадки происходил процесс приживаемости растений, акклиматизации в новых условиях и прирост по диаметру в 2018 и 2019 гг. отсутствовал. В последующие годы у растений всех сортов наблюдалось достаточно стабильное увеличение их диаметра у шейки корня. Следует отметить, что значения текущих годовичных приростов по годам исследования, приведенные в табл. 3, в высшей степени достоверны ($t_{\text{факт}} > t_{0,05}$).

Данные о текущем периодическом (за 3 года) и среднем периодическом приростах по диаметру у шейки корня растений исследуемых сортов ели представлены в табл. 4. Точность данных исследований, как и в случае с высотой, соответствует требованиям, предъявляемым для лесоводственно-таксационных работ. По отдельным совокупностям растений ели (сортам) этот показатель изменяется от 3,7 до 5,0 %.

За 3-летний период диаметр у шейки корня растений разных сортов ели увеличился от 0,60 до 0,80 см. Наиболее высоким среднепериодическим

Таблица 3

Table 3

Прирост сортов ели колючей по диаметру ствола у шейки корня по годам исследования
Growth of varieties of prickly spruce by trunk diameter at the root neck according to the study results

Наименование растений – вид, сорт Name of plants – type, variety	Средний диаметр стволика растений в год пересадки, см Average height of plants in the year of transplantation, cm	Прирост растений по диаметру в разные годы, см Plant growth in height in different years, cm		
		2020	2021	2022
Ель колючая Изели Фастигиата Prickly spruce Izeli Fastigiata	2,1 ± 0,27	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,25 ± 0,02
Ель колючая Фат Альберт Prickly spruce Fat Albert	2,2 ± 0,31	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01
Ель колючая Хупси Prickly Spruce Hoopsie	2,5 ± 0,35	0,30 ± 0,02	0,25 ± 0,02	0,25 ± 0,02

Таблица 4

Table 4

Текущий и средний периодические приросты по диаметру у шейки корня сортов ели колючей
Current and average periodic increases in diameter at the neck of the root of varieties of spruce prickly

Наименование растений – вид, сорт Name of plants – type, variety	Средний диаметр растений в год пересадки, см Average height of plants in the year of transplantation, cm	Прирост растений по диаметру за исследуемый период, см Plant growth in height during the study period, cm		Доля прироста за 3 года в величине диаметра, % The share of growth over 4 years in the total height, %	Точность опыта, % Accuracy of experience, %
		текущий current	средний average		
Ель колючая Изели Фастигиата Prickly spruce Izeli Fastigiata	2,1 ± 0,27	0,65	0,22 ± 0,01	23,6	4,5
Ель колючая Фат Альберт Prickly spruce Fat Albert	2,2 ± 0,31	0,60	0,20 ± 0,01	21,4	5,0
Ель колючая Хупси Prickly Spruce Hoopsie	2,5 ± 0,35	0,80	0,27 ± 0,01	25,2	3,7

приростом по этому показателю (0,27 см) характеризуется сорт Хупси, а наименьшим – сорт Фат Альберт (0,20 см). Существенность различия по среднепериодическому приросту диаметра статистически доказывается только между сортами Фат Альберт и Хупси ($t = 5,0$).

В целом представленные материалы свидетельствуют, что ель колючая Хупси имеет преимущество над другими сортами и в показателях роста по диаметру.

При оценке результатов интродукции используются различные методы. Иногда оценка дается по одному лимитирующему фактору, иногда по двум показателям. Имеются шкалы, учитывающие совокупность факторов (Лапин, Сиднева, 1973). Мы при оценке результатов интродукции взяли за основу модифицированные методические рекомендации (Арестова С. В., Арестова Е. А., 2017) и использовали один показатель – сохранение жизненной формы. Этот показатель связан с изменением габитуса растений, которое, в свою очередь, зависит от зимостойкости растений и некоторых других показателей.

В онтогенезе каждый вид имеет определенную жизненную форму, которая может изменяться в зависимости от возраста и условий существования растений. При интродукции растения часто меняют жизненные формы. Например, после сильного обмерзания деревья могут приобретать форму куста.

Оценка жизненной формы растений нами производилась с использованием специальной шкалы, которая представлена в табл. 5.

Таблица 5

Table 5

Шкала оценки жизненной формы Life form assessment scale

Группа Group	Жизненная форма Life form	Балл Mark
1	Сохраняется Saved	10
2	Восстанавливается Recovering	5
3	Не восстанавливается It is not being restored	1

Результаты исследования показали, что все три сорта ели колючей можно отнести к первой группе растений. Они на протяжении пяти лет (с 2018 по 2022 гг.) в новых условиях не меняли жизненной формы и оцениваются 10 баллами, т. е. имели вид небольшого дерева с конической формой кроны.

Выводы

1. В процессе работы были исследованы три сорта ели колючей, имеющие самые высокие показатели приживаемости: Изели Фастигиата (*Picea pungens Iseli Fastigiata*), Фат Альберт (*Picea pungens Fat Albert*) и Хупси (*Picea pungens Hoopsii*).

2. В первый год роста в новых условиях растения всех трех сортов ели колючей не дали прироста ни по высоте, ни по диаметру у шейки корня. На второй год приростов по диаметру снова не наблюдалось, но рост в высоту был зафиксирован у всех сортов. Причем у сорта Хупси прирост в высоту составил 5,7 см, что более чем в два раза превысило приросты у двух других.

3. В последующие годы все три сорта ели имели хорошие приросты в высоту. Их величина колебалась от 5,40 до 8,50 см. Но лидировал сорт Хупси со среднепериодическим приростом 7,6 см и общим за весь период 30,5 см. Немного от него отстал сорт Фат Альберт, среднепериодический прирост которого составил 6,7 см, а общий – 26,8 см. Сорт Изели Фастигиата имел самые низкие показатели прироста по высоте.

4. Приросты по диаметру у шейки корня у всех исследованных сортов характеризовались сравни-

тельно небольшими значениями. Лучшим ростом по диаметру, так же как и по высоте, отличается сорт Хупси.

5. Жизненное состояние растений у всех трех сортов было стабильным и не менялось в течение всего пятилетнего периода наблюдений.

Представленные результаты исследования за пятилетний период свидетельствуют о том, что все три декоративных сорта ели колючей развивались стабильно, не меняя жизненной формы. Преимущество в росте и по диаметру и по высоте имел сорт Хупси (*Picea pungens Hoopsii*). По предварительным данным он является наиболее перспективным для введения в озеленение на Среднем Урале. Неплохо себя зарекомендовал и сорт Фат Альберт (*Picea pungens Fat Albert*). Для уточнения данных о перспективности сортов ели колючей следует продолжить исследования.

Список источников

- Арестова С. В., Арестова Е. А. Оценка адаптации интродуцированных древесно-кустарниковых растений в условиях Саратовского Поволжья : методические рекомендации. Саратов : НИИСХ Юго-Востока, 2017. 28 с.
- Бабина С. З., Сродных Т. Б. Приживаемость сортовых растений ели колючей в условиях г. Екатеринбурга // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XVIII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. С. 26–29.
- Вишнякова С. В. Лесоводственно-экологические особенности видов темнохвойных в посадках г. Екатеринбурга : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Вишнякова Светлана Вячеславовна. Екатеринбург : Урал. лесотехн. ун-т, 2009. 23 с.
- Вишнякова С. В. Формирование ассортимента древесных пород для озеленения г. Екатеринбурга в связи с разным уровнем загрязнения атмосферного воздуха и почвы по районам города // Леса Урала и хозяйство в них. 2005. № 2 (26). С. 154–159.
- Дворецкий М. Л. Пособие по вариационной статистике (для лесохозяйственников). М. : Лесн. пром-сть, 1971. 104 с.
- Колесников А. Н. Декоративная дендрология. М. : Лесн. пром-сть, 1974. 703 с.
- Коновалов Н. А., Луганский Н. А., Сродных Т. Б. Деревья и кустарники для озеленения городов Урала : монография. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 181 с.
- Кудряшова А. В., Сродных Т. Б. Динамика санитарного состояния ели колючей в контейнерах на территории Екатеринбурга // Лесное хозяйство : материалы 86-й науч.-техн. конф. сотрудников и аспирантов. Минск : БГТУ, 2022. С. 134–136.
- Латин П. И., Калуцкий К. К., Калуцкая О. Н. Интродукция лесных пород. М. : Лесн. пром-сть, 1979. 224 с.
- Латин П. И., Сиднева С. В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М. : ГБС АН СССР, 1973. С. 7–67.

- Мамаев С. А. Виды хвойных на Урале и их использование в озеленении. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1983. 102 с.
- Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М. : Наука, 1973. 284 с.
- Протопопова Е. Н. Рекомендации по озеленению городов и рабочих поселков Средней Сибири. Красноярск : Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева, 1972. 148 с.
- Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Изд. 3-е, испр. Минск : Вышэйш. шк., 1973. 320 с.
- Семкина Л. А. Состояние зеленых насаждений в г. Свердловске и на некоторых промышленных предприятиях. Экология и интродукция растений на Урале // Сборник научных трудов. Свердловск : Урал. отд-ние АН СССР, 1991. С. 81–94.
- Сродных Т. Б., Денек В. Н. Ассортимент древесно-кустарниковых видов в озеленении г. Екатеринбурга // Леса Урала и хозяйство в них. 2004. № 4 (25). С. 151–159.
- Bruns Pflanzen. Catalog of garden plants 2018/2019. Bad. Zwischenahn, 2018. 1206 p.

References

- Arestova S. V., Arestova E. A. Assessment of adaptation of introduced tree and shrub plants in the conditions of the Saratov Volga region : methodological recommendations. Saratov : NIISH of the South-East, 2017. 28 p.
- Babina S. Z., Srodnykh T. B. Survival of varietal plants of prickly spruce in the conditions of Yekaterinburg // Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia : materials of the XVIII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference. Yekaterinburg : UGLTU, 2021. P. 26–29. (In Russ.)
- Bruns Pflanzen. Catalog of garden plants 2018/2019. Bad. Zwischenahn, 2018. 1206 p.
- Dvoretzky M. L. Handbook of variational statistics (for forestry workers). Moscow : Lesnaya promychlennost', 1971. 104 p.
- Kolesnikov A. N. Decorative dendrology. Moscow : Lesnaya promychlennost', 1974. 703 p.
- Konovalov N. A., Lugansky N. A., Srodnykh T. B. Trees and shrubs for landscaping the cities of the Urals : monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2010. 181 p.
- Kudryashova A. V., Srodnykh T. B. Dynamics of the sanitary condition of the prickly spruce in containers on the territory of Yekaterinburg // Forestry : materials of the 86th scientific-technical conf. of staff and graduate students. Minsk, BSTU, 2022. P. 134–136. (In Russ.)
- Lapin P. I., Sidneva S. V. Assessment of the prospects of the introduction of wild plants according to visual observations // The experience of the introduction of woody plants. Moscow : GBS of the USSR Academy of Sciences, 1973. P. 7–67.
- Lapin P. I., Kalutsky K. K., Kalutskaya O. N. Introduction of forest species. Moscow : Lesnaya promychlennost', 1979. 224 p.
- Mamaev S. A. Forms of intraspecific variability of woody plants. Moscow : Nauka, 1973. 284 p.
- Mamaev S. A. Coniferous species in the Urals and their use in landscaping. Sverdlovsk : UNC of the USSR Academy of Sciences, 1983. 102 p.
- Protopopova E. N. Recommendations for greening cities and workers' settlements in Central Siberia. Krasnoyarsk : Institute of Forests and Wood named after V. N. Sukachev, 1972. 148 p.
- Rokitsky P. F. Biological statistics. 3rd edition, ispr. Minsk : Vysheysh. shk., 1973. 320 p.
- Semkina L. A. The state of green spaces in Sverdlovsk and at some industrial enterprises. Ecology and introduction of plants in the Urals // Collection of scientific papers. Sverdlovsk : Ural Publishing House USSR Academy OF Sciences, 1991. P. 81–94.
- Srodnykh T. B., Deneko V. N. Assortment of tree and shrub species in landscaping of Yekaterinburg // Forests of the Urals and economy in them. 2004. № 4 (25). P. 151–159. (In Russ.)

Vishnyakova S. V. Forestry and ecological features of dark coniferous species in the plantings of Yekaterinburg : abstract. dis. ... Candidate of Agricultural Sciences / Vishnyakova Svetlana Vyacheslavovna : Ural State Forest Engineering University, 2009. 23 p.

Vishnyakova S. V. Formation of an assortment of tree species for landscaping in Yekaterinburg due to different levels of atmospheric air and soil pollution by city districts // Forests of the Urals and economy in them. 2005. № 2 (26). P. 154–159. (In Russ.)

Информация об авторах

С. З. Бабина – магистр;

Т. Б. Сродных – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

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

Information about the authors

S. Z. Babina – master's degree;

T. B. Srodnykh – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

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

Статья поступила в редакцию 02.03.2023; принята к публикации 09.03.2023.

The article was submitted 02.03.2023; accepted for publication 09.03.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 67–73.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 67–73.

Научная статья

УДК 630*182.46

DOI: 10.51318/FRET.2023.16.76.008

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОСТА ВОЛОСИСТЫХ ВИДОВ СИРЕНИ В КОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА УРО РАН

Елена Александровна Тишкина¹, Ольга Николаевна Орехова²,
Александра Валерьевна Шашина³, Дарья Владимировна Фарфель⁴,
Андрей Сергеевич Филистеев⁵, Александр Сергеевич Механошин⁶,
Анастасия Дмитриевна Морозова⁷

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Тишкина Елена Александровна,
Elena.MLOB1@yandex.ru

Аннотация. Сирени из секции волосистых являются самыми востребованными в озеленении, так как они морозо- и газоустойчивы, хорошо размножаются, быстро растут и цветут в течение двух недель. Сегодня коллекция сирени Ботанического сада состоит из 16 видов и 46 сортов. Цель работы – анализ роста волосистых видов сирени в закрытой части Ботанического сада УрО РАН в течение вегетационного периода 2022 г. Объекты исследования – виды сирени секции *Villosae* в возрасте 6–7 лет из различных географических районов, произрастающие в однородных почвенных и микроклиматических условиях. Выполнены морфометрические замеры (высота, площадь проекции и объема кроны сиреней, длина и диаметр побега ветвления первого порядка), подсчитаны количество скелетных ветвей и генеративных побегов растений. На каждом кусте со скелетных ветвей определены ростовые характеристики вегетативных побегов первого порядка ветвления текущего года. Всего исследовано и изучено 1214 побегов ветвления первого порядка. Среди изученных 7 видов сиреней в наших условиях с наилучшими ростовыми показателями выявлена *S. sweginzowii*, остальные виды ранжированы в следующем порядке: *S. henry*; *S. villosa*; *S. tomentella*; *S. komarovii*; *S. velutina*; *S. wolfii*. *S. sweginzowii* зацвела в 5 лет при высоте 1,5 м, остальные виды сирени – в 6 лет.

Установлено, что у исследуемых видов сиреней уже в молодом возрасте проявляется видоспецифичность по особенностям роста и развития, среди них выделяется *Syringa sweginzowii*, она раньше всех зацвела и по скорости роста оказалась наилучшей, хотя все виды семян одного возраста и происхождения и выращены в однородных условиях.

Ключевые слова: *Syringa*, морфометрические параметры, коллекция, однолетний побег, морфометрические показатели

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН с использованием образцов уникальной научной установки «Коллекция растений открытого и закрытого грунта Ботанического сада УрО РАН» (код УНУ 673947).

Scientific article

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE GROWTH OF HAIRY LILAC SPECIES IN THE COLLECTION OF THE BOTANICAL GARDEN OF THE URAL BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Elena A. Tishkina¹, Olga N. Orekhova², Alexandra V. Shashina³,
Darya V. Farfel⁴, Andrey S. Filisteev⁵, Alexander S. Mekhanoshin⁶,
Anastasia D. Morozova⁷

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Tishkina Elena Aleksandrovna,
bashegurovka@m.usfeu.ru

Abstract. Lilacs from the hairy section are the most in demand in gardening, as they are frost- and gas-resistant, reproduce well, grow quickly and bloom within two weeks. Today, the collection of the Botanical Garden consists of 16 species and 46 varieties. The purpose of the work is to analyze the growth of hairy lilac species in the closed part of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences during the growing season of 2022. The objects of the study are lilac species of the Villosae section aged 6–7 years from various geographical areas growing in homogeneous soil and microclimatic conditions. Morphometric measurements were made (height, projection area and volume of lilac crown, length and diameter of the branching shoot of the first order), the number of skeletal branches and generative shoots of the plant were calculated. On each bush from skeletal branches, the growth characteristics of vegetative shoots of the first order of branching of the current year are determined.

Among the studied 7 species of lilacs, in our conditions, *S. sweginzowii* was identified with the best growth parameters, the remaining species were ranked in the following order: *S. henry*; *S. villosa*; *S. tomentella*; *S. komarovii*; *S. velutina*; *S. wolffii*. *S. sweginzowii* bloomed at 5 years old, at a height of 1,5 m, the remaining types of lilac at 6 years old. It was found that the studied species of lilacs already at a young age show species specificity in terms of growth and development, and *Syringa sweginzowii* stands out among them, it bloomed earlier than all and proved to be the best in terms of growth rate, although all species are of the same age and seed origin and are grown in homogeneous conditions.

Keywords: syringa, morphometric parameters, collection, annual escape, morphometric indicators

Funding: the work was carried out within the framework of the state task of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences using samples of a unique scientific installation “Collection of plants of open and closed ground of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences” (UNU code 673947).

Введение

Сирени группы волосистые – крупные кустарники, широко применяемые в озеленении в качестве бордюрных и солитерных растений (рис. 1). Перспектива использования этой группы на территории нашей страны огромна, особенно для

районов с суровым климатом (Полякова, 2020; Баранова и др., 2020). Сирени имеют ряд преимуществ: легко размножаются, устойчивы к болезням и вредителям.

Сирени характеризуются высокой комбинационной способностью, дающей возможность



Рис. 1. Коллекция сирени мохнатой в Ботаническом саду УрО РАН
Fig. 1. Collection of shaggy *Syringa* in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

получить формы с махровыми цветками, расширить их колористическую гамму, сделать более продолжительным цветение, а также получить низкорослые формы (Окунева, 2008; Полякова и др., 2010).

Традиционно сорта и виды сирени представлены в большинстве ботанических садов (Пшеникова, 2007; Растения..., 2013; Окунева, 2008). К настоящему времени в коллекции Ботанического сада УрО РАН насчитывается 16 видов и 46 сортов сирени (Тишкина, 2020).

Цель, методика и объекты исследования

Цель работы – анализ роста волосистых видов сирени в закрытой части Ботанического сада УрО РАН. Объекты – различные виды сиреней секции *Villosae* в возрасте 6–7 лет, произрастающих в однородных почвенных и микроклиматических условиях. Исследования проведены в течение вегетационного периода 2022 г. Выполнены морфометрические замеры (высота, площадь проекции и объема кроны сиреней, длина и диаметр побега ветвления первого порядка), подсчитано количество скелетных ветвей и генеративных побегов растений. На каждом кусте со скелетных ветвей определяли ростовые характеристики вегетатив-

ных побегов первого порядка ветвления текущего года (Kishchenko, 2020). После прекращения роста измеряли диаметр основания побега. Измерения длины проводили с точностью 0,5 мм, а диаметра – 0,01 мм. Всего исследовано и изучено 1214 побегов ветвления 1-го порядка.

Результаты исследования и их обсуждение

Коллекция растений рода *Syringa* на базе Ботанического сада УрО РАН начала формироваться с 1957 г.; пополнение коллекции продолжается и по сей день (Тишкина, 2021). Первоначальная коллекция сирени, созданная в 1959–1960 гг. в Ботаническом саду УрО РАН, погибла в 55 лет, она оказалась в затенении. Возобновление коллекции осуществлено в начале 90-х годов, она оказалась также в полутени, в связи с этим отмечено слабое цветение и плодоношение, и началось отмирание крупных скелетных ветвей. Следующая коллекция создана в 2015 г. из других географических образцов (таблица).

Исследуемые сирени в основном китайского происхождения.

Во время выращивания сирени среднегодовая температура варьировала от 2,6 до 5,4 °С, а количество осадков – от 403 до 631 мм (рис. 2).

Характеристика различных волосистых видов сирени
Characteristics of various hairy species of *Syringa*

№	Название образца Sample name	Происхождение образца, год посева Origin of the sample, year of sowing	Ареал Area	Высота, м Height, m	Площадь проекции кроны, м ² Crown projection area, m ²	Объем кроны, м ³ Crown volume, m ³	Количество, шт. Quantity, pcs.		Побеги ветвления первого порядка First – order branching shoots		
							скелетных ветвей skeletal branches	генеративных побегов generative shoots	Длина, см Length, cm	Диаметр, мм Diameter, mm	Количество, шт. Quantity, pcs.
1	<i>S. wolfii</i> Schneid.	г. Архангельск, 2016 Arkhangelsk, 2016	Дальний Восток, Восточная Азия Far East, East Asia	1,14±0,07	0,17±0,01	0,05±0,02	7	2	5,47±1,21	3,31±0,17	25
2	<i>S. sweginzowii</i> Koehne et Lingelsh.	г. Архангельск, 2015 Arkhangelsk, 2015	Китай China	1,52±0,10	1,10±0,07	0,52±0,02	15	29	8,39±0,61	2,19±0,08	220
3	<i>S. tomentella</i> Bur. et Franch.	г. Таллин, 2015 Tallinn, 2015	Зап. Китай Zap. China	1,34±0,02	0,75±0,09	0,35±0,03	12	15	10,4±1,09	2,55±0,12	161
4	<i>S. komarovii</i> Schneid.	г. Архангельск, 2015 Arkhangelsk, 2015	Китай China	1,08±0,09	0,66±0,05	0,25±0,05	6	11	6,08±0,66	2,35±0,09	135
5	<i>S. henry</i> Schneid.	г. Архангельск, 2015 Arkhangelsk, 2015	Гибрид <i>S. villosa</i> x <i>S. josikae</i> Hybrid <i>S. villosa</i> x <i>S. josikae</i>	1,41±0,16	1,02±0,08	0,51±0,11	16	10	12,12±1,05	2,71±0,08	195
6	<i>S. velutina</i> Komar.	г. Архангельск, 2015 Arkhangelsk, 2015	Сев. Корея Sev. Korea	1,21±0,14	0,83±0,12	0,38±0,10	7	12	7,40±0,86	2,02±0,08	121
7	<i>S. villosa</i> Vahl.	г. Архангельск, 2015 Arkhangelsk, 2015	Китай China	1,36±0,21	1,04±0,19	0,50±0,16	7	18	10,57±0,88	2,59±0,12	142

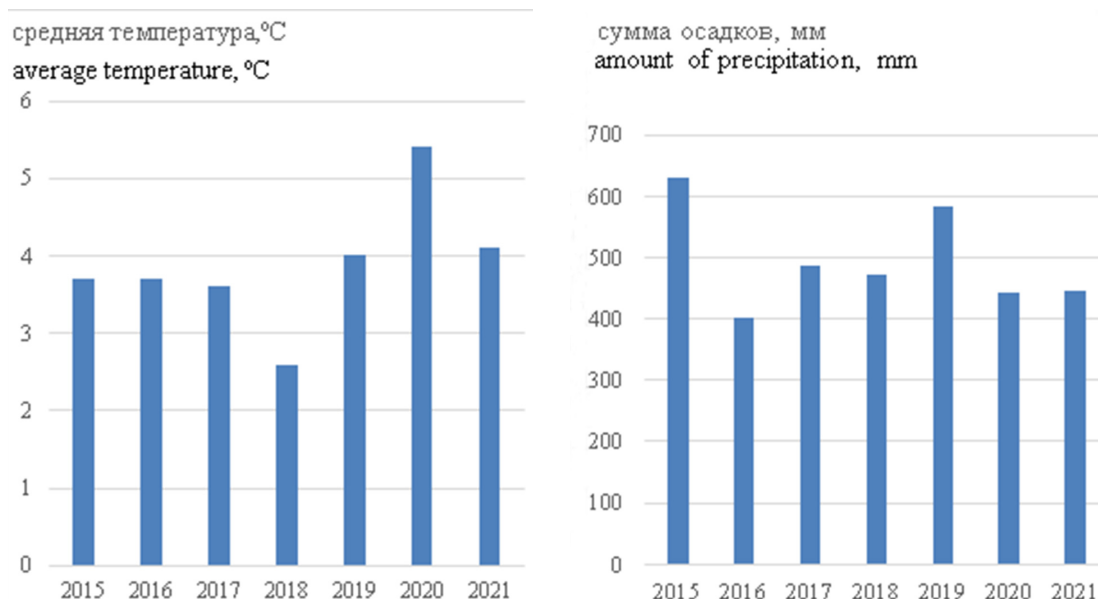


Рис. 2. Климатические условия за 2015–2021 гг.

Fig. 2. Climatic conditions for 2015–2021

При изучении биологических особенностей были установлены высокие показатели длины побега у гибридного вида *S. henry* Schneid. и количества скелетных ветвей, в то время как у *S. sweginzowii* Koehne et Lingelsh выявлены максимальные морфометрические показатели (высота, площадь проекции и объем кроны растения), количество генеративных и побегов ветвления первого порядка. Наименьшая высота и площадь проекции определена у *S. komarovii* Schneid., но с большим количеством побегов ветвления. Наихудшими ростовыми параметрами роста отмечена *S. wolfii* Schneid.: при высоте 1,14 м всего 25 побегов ветвления первого порядка с минимальной длиной и максимальным их диаметром. Корреляционный анализ показал положительную связь высоты с площадью ($r = 0,86, p < 0,05$) и объемом кроны ($r = 0,88, p < 0,05$). Чем выше растение, тем больше скелетных ($r = 0,82, p < 0,05$) и генеративных ($r = 0,76, p < 0,05$) ветвей. Тесная корреляция установлена с высотой сирени и длиной побегов ветвления первого порядка ($r = 0,64, p < 0,05$) и их количеством ($r = 0,85, p < 0,05$).

По скорости роста и кустистости виды распределились в следующем порядке: *S. sweginzowii*, *S. henry*, *S. villosa*, *S. tomentella*, *S. komarovii*, *S. velutina*, *S. wolfii*.

Выводы

Сирени из секции волосистых являются самыми востребованными в озеленении, так как они морозо- и газоустойчивы, хорошо размножаются, быстро растут и цветут в течение двух недель.

Среди изученных 7 видов сиреней в наших условиях с наилучшими ростовыми показателями оказалась *S. sweginzowii*, остальные виды ранжированы в следующем порядке: *S. henry*; *S. villosa*; *S. tomentella*; *S. komarovii*; *S. velutina*; *S. wolfii*. *S. sweginzowii* зацвела в 5 лет при высоте 1,5 м, остальные виды – в 6 лет. Н. В. Полякова (2020) в Башкирском Предуралье по баллам декоративности распределила виды сирени следующим образом: *S. sweginzowii* – 76; *S. josikae* – 72; *S. velutina* – 72; *S. henry* – 69; *S. komarovii* – 65; *S. wolfii* – 62, эти данные близки к нашей оценке.

Среди изученных видов сиреней уже в молодом возрасте проявляется видоспецифичность по особенностям роста и развития.

Выделяется *Syringa sweginzowii*, она раньше всех зацвела и по скорости роста оказалась наилучшей, хотя все виды семян одного возраста и происхождения и выращены в однородных условиях.

Список источников

- Баранова О. Г., Падерина Л. А., Науменко Н. И. Виды и сорта сирени (*Syringa* L., Oleaceae), культивируемые в Учебном ботаническом саду Удмуртского государственного университета // *Syringa* L.: Коллекция, выращивание, использование : сб. ст. СПб., 2020. С. 13–17.
- Окунева И. Б. Сирень: коллекция ГБС РАН: история и современное состояние. М. : Наука, 2008. 174 с.
- Полякова Т. В. Поздние гибриды сирени группы *Villosae* // *Syringa* L.: коллекции, выращивание, использование : сб. ст. СПб., 2020. С. 114–117.
- Полякова Н. В., Путенихин В. П., Вафин Р. В. Сирени в Башкирском Предуралье: интродукция и биологические особенности. Уфа : АН РБ Голем, 2010. 164 с.
- Пишеникова Л. М. Сирени, культивируемые в Ботаническом саду-институте ДВО РАН. Владивосток : Дальнаука, 2007. 111 с.
- Растения природной флоры в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН: 65 лет интродукции / отв. ред. А. С. Демидов. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2013. 657 с.
- Тишкина Е. А. Исторические аспекты создания коллекции *Syringa* в Ботаническом саду УрО РАН г. Екатеринбург // *Syringa* L. : коллекции, выращивание, использование : сб. ст. СПб., 2020. С. 143–144.
- Тишкина Е. А. Сорта сирени обыкновенной (*Syringa* L., Oleaceae), культивируемые в Ботаническом саду УРО РАН // Леса России и хозяйство в них. 2021. Вып. 4 (79): С. 75–85.
- Kishchenko I. T. Growth and development of *Syringa* L. species introduced in the taiga zone (Karelia), Norwegian // J. Devel. Int. Sci. 2020. № 44. P. 15–22.

References

- Baranova O. G., Paderina L. A., Naumenko N. I. Species and varieties of lilac (*Syringa* L., Oleaceae) cultivated in the Educational Botanical Garden of Udmurt State University // *Syringa* L. : Collection, cultivation, use: collection. articles. Saint Petersburg, 2020. P. 13–17.
- Okuneva I. B. Lilac: collection of the SBS RAS: history and current state. Moscow : Nauka, 2008. 174 p.
- Polyakova T. V. Late hybrids of lilac of the *Villosae* group // *Syringa* L.: collections, cultivation, use : collection articles. Saint Petersburg, 2020. P. 114–117.
- Polyakova N. V., Putenikhin V. P., Vafin R. V. Lilacs in the Bashkir Urals: introduction and biological features. Ufa : AN RB Golem, 2010. 164 p.
- Plants of natural flora in the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences: 65 years of introduction / ed. by A. S. Demidov. Moscow : The Society of scientific publications of the CMC, 2013. 657 p.
- Pshennikova L. M. Lilacs cultivated in the Botanical Garden – Institute of the FEB RAS. Vladivostok : Dalnauka, 2007. 111 p.
- Tishkina E. A. Historical aspects of the creation of the *Syringa* collection in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Yekaterinburg // *Syringa* L.: collections, cultivation, use : collection articles. Saint Petersburg, 2020. P. 143–144.
- Tishkina E. A. Varieties of *Syringa vulgaris* (*Syringa* L., Oleaceae) cultivated in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences // Forests of Russia and economy in them. 2021. V. 4 (79). P. 75–85. (In Russ.)

Информация об авторах

*Е. А. Тишкина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Elena.MLOB1@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6315-2878>;*

*О. Н. Орехова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Elena.MLOB1@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6315-2878>;*

*А. В. Шашина – студент,
shasinaalex@gmail.com;*

*Д. В. Фарфель – студент,
daryafarfel@yandex.ru;*

*А. С. Филистеев – студент,
asfilisteev@gmail.com;*

*А. С. Механошин – студент,
tea_greenpro@mail.ru;*

*А. Д. Морозова – студент,
nastasya-maksimova-2021@mail.ru.*

Information about the authors

*E. A. Tishkina – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Elena.MLOB1@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6315-2878>;*

*O. N. Orekhova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
S_olga_n84@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9845-9589>;*

*A. V. Shashina – student,
shasinaalex@gmail.com;*

*D. V. Farfel – student,
daryafarfel@yandex.ru;*

*A. S. Filisteev – student,
asfilisteev@gmail.com;*

*A. S. Mekhanoshin – student,
tea_greenpro@mail.ru;*

*A. D. Morozova – student,
nastasya-maksimova-2021@mail.ru.*

Статья поступила в редакцию 13.03.2023; принята к публикации 13.04.2022.

The article was submitted 13.03.2023; accepted for publication 13.04.2022.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 74–82.
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 74–82.

Научная статья

УДК 631.4

DOI: 10.51318/FRET.2023.23.81.009

ПОЧВЫ УРАЛЬСКОГО САДА ЛЕЧЕБНЫХ КУЛЬТУР ИМ. Л. И. ВИГОРОВА

Любовь Павловна Абрамова¹, Лидия Андреевна Сенькова²,
Сергей Вениаминович Залесов³, Виталий Александрович Щербаков⁴,
Павел Александрович Мартюшов⁵, Наталья Ивановна Стародубцева⁶

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

Автор, ответственный за переписку: Лидия Андреевна Сенькова,
senkova_la@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования почвенного покрова Уральского сада лечебных культур (УСЛК) им. Л. И. Вигорова Уральского государственного лесотехнического университета. Исследование почвенных условий и возможностей их регулирования для роста и развития лесных лекарственных растений – цель работы. Используются общепринятые полевые и лабораторные методы исследования почв. Проведена съемка в масштабе 1:5000. В процессе исследования было заложено 20 почвенных разрезов. Результаты исследований показали, что основным фондом участка являются дерново-глеевые почвы (65 %). Дерново-среднеподзолистая и бурая лесная почвы составляют соответственно 30 и 5 % площади участка. По скелетности почвы участка оцениваются как некаменистые или слабо каменистые. Реакция дерново-подзолистой почвы слабокислая. У бурых лесных почв вниз по профилю кислотность увеличивается. Гранулометрический состав почв сада представлен чаще всего средне- и тяжелосуглинистой разностью. Почвы имеют низкое содержание доступных форм фосфора и калия, местами переувлажнены, с характерными признаками оглеения. Общая пористость верхних горизонтов благоприятна для роста растений, исключение составляют сильнооглеенные горизонты, в которых пористость ниже оптимального порога. Результаты исследований позволят корректировать и поддерживать на участке в соответствии с контурами необходимые для лечебных культур почвенные режимы.

Ключевые слова: почвенный покров, почвенная карта, лесные лекарственные растения, физические и агрохимические свойства почв

Scientific article

SOILS OF THE URAL MEDICINAL CROPS GARDEN NAMED AFTER L. I. VIGOROV

Lyubov P. Abramova¹, Lydia A. Senkova², Sergei V. Zalesov³,
Vitaly A. Scherbakov⁴, Pavel A. Martyushov⁵, Natalia I. Starodubtseva⁶

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

Corresponding author: Lydia Andreyevna Senkova,
senkova_la@mail.ru

Abstract. The results of the study of soil cover of the L.I. Vigorov Garden of Medicinal Crops (USLK) of the Ural State Forestry Engineering University are presented. The study of soil conditions and possibilities of their regulation for growth and development of forest medicinal plants is the purpose of the work. Conventional field and laboratory methods of soil research were used. A large-scale survey on a scale of 1:5000 was carried out. In the course of the study, 20 soil sections were laid. The results of the study showed that the main stock of the site are soddy-gley soils (65 %), soddy-medium-podzolic and brown forest soils are 30 and 5 % of the site area, respectively. According to the skeletalness of the soil of the site, it is estimated as not stony or slightly stony, the reaction of sod-podzolic soil is slightly acidic. In brown forest soils, the acidity increases down the profile. The granulometric composition of garden soils is most often represented by a medium- and heavy-loamy difference. Soils have a low content of available forms of phosphorus and potassium, in some places over-moistened, with characteristic signs of gleying. The overall porosity of the upper horizons is favorable for plant growth, with the exception of highly glued horizons in which porosity is below the optimal threshold. The results of studies will allow to adjust and maintain on the site, in accordance with the contours, the necessary soil regimes for medicinal crops.

Keywords: soil cover, soil map, forest medicinal plants, physical and agrochemical properties of soils

Введение

В структуре земельного фонда Свердловской области преобладают земли категории лесного фонда. По состоянию на 01.01.2022 его площадь увеличилась на 9,2 тыс. га (0,06 %) и составила в 2021 г. 13 621,7 тыс. га (70,1 %) земельного фонда (Государственный доклад..., 2022).

Почва, как важнейший, регулируемый и легко разрушаемый фактор среды обитания лесных биоценозов, требует исследования.

Лесное почвоведение в XX в. достигло значительного развития в деле изучения структуры почвенного покрова лесных сообществ, взаимодействия почв и фитоценозов. Выявлено взаимное влияние отдельных почв и лесных пород.

В современных условиях требуется решение разнообразных проблем, связанных с почвами лесов. Для почвенного покрова Свердловской области

представляет интерес генезис подзолистых, бурых лесных и серых лесных почв, вопрос по которым остается дискуссионным (Карпачевский, 2004).

Разнообразие естественных лесных почв с таким генезисом от примитивно аккумулятивных до полноразвитых подзолистых, дерново-подзолистых и лесных почв изучалось в естественных ландшафтах, лесничествах (Мещеряков, 2013, 2015 и др.).

Исследуются урбанизированные почвы объектов озеленения Екатеринбурга. Имеются данные по почвам лесопарковых зон Екатеринбурга (Сродных, 2008; Туленкова, 2021).

Для лесничеств разрабатываются лесохозяйственные регламенты, позволяющие при использовании лесов осуществлять научно-исследовательскую и образовательную деятельность (Лесохозяйственный регламент..., 2019).

Рядом работ подтверждается загрязнение почв селитебных территорий Свердловской области (Залесов, 2009; Харина, 2022).

Актуальной задачей настоящего времени в рамках лесного почвоведения является исследование почвенных условий для роста лесных лекарственных растений с наиболее выраженным фармацевтическим эффектом. Это направление пока совершенно не развивается (Карпачевский, 2004). При этом необходимым является сопоставление требований к элементам питания лесных сообществ и возможностей питательного режима почв.

Цель, объекты

и методика исследования

Решать проблему исследования взаимодействия почв и лесных лекарственных растений позволяет Уральский сад лечебных культур (УСЛК), основанный в 1969–1973 гг. первым создателем лечебно-профилактического садоводства, профессором кафедры ботаники и дендрологии лесотехнического института Л.И. Вигоровым и носящий его имя. Ученый создал единственную в СССР профильную лабораторию биологически активных веществ.

Сад предназначен для проведения научно-исследовательских работ по интродукции растений, разработке методов и приемов размножения перспективных интродуцентов, сохранения и пополнения уникальной коллекции плодово-ягодных, декоративных и редких растений с повышенным содержанием биологически активных веществ.

В УСЛК им. Л. И. Вигорова за последние годы была создана новая коллекция культурных растений, плоды которых могут интенсивно предупреждать или излечивать различные заболевания человека.

Исследуемый земельный участок сада лечебных культур площадью 10,7 га расположен в пределах юго-восточной части Екатеринбурга, в умеренных широтах таежно-лесной зоны Средне-Уральского таежного лесного района с континентальным климатом. Он находится вдали от океанов и морей, среди лесов, в наиболее пониженной части Среднего Урала. На формирование климата этого района влияет рельеф, растительный покров, смена теплых западных ветров Атлантического океана и холод-

ных потоков Арктики, приводящих к частой перемене погоды.

На произрастание, рост и развитие как местной флоры, так и интродуцированных растений важнейшее влияние оказывает почва. Однако почва, как основа сада, до настоящего времени не была изучена.

В связи с этим поставлена цель обследовать почвенный покров и создать крупномасштабную почвенную карту УСЛК им. Л.И. Вигорова, что позволит поддерживать на участке необходимые экологические условия, включая регулирование питательного режима местных и интродуцированных лечебных культур.

Методика исследований

Уральский сад лечебных культур им. Л. И. Вигорова территориально подразделяется на девять зон. Из них первая – входная зона, вторая – административно-хозяйственная часть, остальные находятся под посадками изучаемых культур.

При исследовании почвенного покрова сада проводилась почвенная съемка в масштабе 1:5000, основанная на учете всех факторов почвообразования, единства природного почвенного тела и присущего ему почвенного профиля. При этом использовался профильный метод почвенных исследований, который исходит из понятия о почве как неразрывной совокупности генетических почвенных горизонтов, сформированных под влиянием местных факторов почвообразования.

Полевые почвенные исследования включали заложение 20 почвенных разрезов, их морфологическое описание и отбор образцов по генетическим горизонтам для лабораторного изучения состава и свойств почв (рис. 1).

В лабораторных условиях выполнены следующие анализы физических и агрохимических свойств почвенных образцов по генетическим горизонтам: скелетность почв, плотность твердой фазы, плотность сложения, pH, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, подвижный калий, подвижный фосфор по общепринятым методикам (Аринушкина, 1970). Пористость и степень насыщенности основаниями получены расчетным методом.



Рис. 1. Схема расположения почвенных разрезов
Fig. 1. Scheme of the location of soil sections

Результаты исследования

Почвенный покров УСЛК им. Л.И. Вигорова представлен сочетанием дерново-подзолистых, дерново-глеевых и бурых лесных почв с преобладанием разностей дерново-глеевых.

По скелетности почвы участка оцениваются как некаменистые или слабо каменистые (табл. 1, 2). Однако близко к дневной поверхности местами наблюдаются выходы плотных горных пород, почвообразующие породы определяются как сильнокаменистые. Скелетность почв не оказывает отрицательного влияния на произрастающие культуры.

Гранулометрический состав почв сада в основном средне- и тяжелосуглинистый. Местами почвообразующая порода представлена глиной, что способствует в условиях пониженного микро- и мезорельефа проявлению процессов оглеения. В морфологии почв эти процессы отчетливо видны в виде охристых пятен окисных форм железа, сизых пятен и прослоек закиси железа. Все это свидетельствует о выраженности восстановительных процессов, образовании в почве токсичных веществ при переувлажнении и периоди-

ческом напряжении водно-воздушного режима. Не все интродуцированные растения экологически приспособлены к таким условиям.

Плотность твердой фазы типичная для минеральных почв и колеблется в узких пределах: от 2,2–2,6 г/см³ в гумусовых горизонтах до 2,5–2,9 г/см³ в нижележащих, отражая минералогический состав почв (см. табл. 1, 2).

Плотность сложения находится в диапазоне 0,8–1,2 г/см³ в зависимости от гранулометрического состава, содержания органического вещества, культурного состояния почв (см. табл. 1, 2). В сильно оглеенных верхних горизонтах (разрез 2) достигает высокого показателя (1,6 г/см³), негативно влияющего на корневую шейку молодых древесных культур.

Общая пористость верхних горизонтов почв, обеспечивающая растения водой, воздухом, комфортным пространством для корневой системы, превышает 40 % от объема почвы и составляет 65–48 %. Сильно выраженное оглеение в почве разреза 2 способствует снижению пористости до 38 %, что ниже оптимального порога (см. табл. 1, 2).

Таблица 1

Table 1

Физические свойства дерновых почв

Physical properties of sod soils

Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	Скелетность, % Skeleton, %	Плотность, г/см³ Density, g/cm³		Пористость общая, % Total porosity, %
			твёрдой фазы solid phase	сложения additions	
Разрез 2. Дерново-глеевая среднесуглинистая Section 2. Sod-gley medium-modern clay					
A ₁	2–7	0,3	2,4	0,9	63,1
G	7–26	0,0	2,6	1,6	38,0
Bg ₁	26–47	0,0	2,6	1,0	60,7
Bg ₂	47–80	1,0	2,6	1,1	56,0
Cg	80–90	3,8	2,6	1,1	59,4
Разрез 5. Дерново-глеевая глубокодерновая среднесуглинистая Section 5. Sod-gley deep sod medium loamy					
A ₁	0,5–16	0,0	2,1	0,8	63,0
Ag	16–40	1,0	2,5	1,1	54,8
G	40–82	47,0	2,6	1,2	50,0
Bg	82–115	15,5	2,7	1,6	40,0
Разрез 11. Дерново-глеевая мощная глинистая Section 11. Sod-gley thick clay					
A ₁	2–24	0,0	2,5	1,0	61,6
Ag ₁	24–52	0,0	2,6	1,0	59,5
Bg	52–87	0,7	2,4	1,0	57,0
Cg	87–130	2,8	2,8	1,2	57,2
Dg	130–161	0,0	2,7	1,2	55,2

Таблица 2

Table 2

Физические свойства дерново-подзолистых и бурых лесных почв

Physical properties of sod-podzol and brown forest soils

Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	Скелетность, % Skeleton, %	Плотность, г/см ³ Density, g/cm ³		Пористость общая, % Total porosity, %
			твёрдой фазы solid phase	сложения additions	
Разрез 1. Дерново-подзолистая слабодерновая супесчаная Section 1. Sod-podzolic light sod sandy loam					
A ₁	5–20	–	2,2	0,8	65,0
A ₁	20–30	6,6	2,6	1,2	55,6
Bg	30–53	0,0	2,9	1,2	58,0
Bg ₂	53–85	16,0	2,6	1,3	52,3
Разрез 7. Бурая лесная оподзоленная маломощная среднесуглинистая Section 7. Brown forest podzolized sparse medium-loam					
A ₁	2–20	0,0	2,3	1,1	54,0
A ₂ B	20–24	0,6	2,4	1,3	48,0
BC	34–64	0,8	2,7	1,2	56,0

Локально залегающие карбонатсодержащие почвообразующие породы на значительной части сада способствовали формированию дерновых почв со слабокислой реакцией среды, близкой к нейтральной, по всему профилю (табл. 3). Однако процесс оглеения способствует подкислению отдельных горизонтов (G) этих почв ($pH = 4,8$).

Реакция среды дерново-подзолистой супесчаной почвы слабокислая за счет легкого гранулометрического состава, при котором кислые продукты процесса оподзоливания могут выноситься за пределы почвенного профиля (табл. 4).

Бурые лесные почвы в гумусовом горизонте слабокислые, близки к нейтральным. Вниз по профилю они становятся кислыми, наследуя реакцию среды элювиально-делювиальных почвообразующих пород.

Обеспеченность доступными формами калия и фосфора всех разностей почв по профилю оценивается как низкая. Так, содержание калия в этих почвах составляет 3,8–9,4 мг/100 г почвы. Однако в дерновых почвах содержание доступного калия в некоторых горизонтах повышается до средней обеспеченности (18,3 мг/100 г) за счет скелетных обломков гидрослюд в почвообразующей породе.

Степень насыщенности основаниями дерново-глеевых и дерново-подзолистых почв средняя (50,7–74,7 %), как и реакция среды, благоприятна для растений. У бурой лесной оподзоленной почвы повышение гидролитической кислотности до 19,6 мг-экв./100 г почвы в горизонте BC снижает степень насыщенности основаниями до низкого показателя (44,2 мг-экв./100 г почвы).

Таблица 3

Table 3

Агрохимическая характеристика дерновых почв
Agrochemical characteristics of sod soils

Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	pH _{KCl}	K ₂ O	P ₂ O ₅	H	S	V, %
			мг/100 г почвы mg/100 g soil		мг-экв./100 почвы mg-eq./100 of soil		
Разрез 2. Дерново-глеевая среднесуглинистая Section 2. Sod-gley medium-modern clay							
A ₁	2–7	6,0	4,0	2,5	12,9	29,4	69,5
G	7–26	5,2	9,5	3,8	14,6	22,4	60,5
Bg ₁	26–47	5,4	4,0	3,8	14,1	29,7	61,2
Bg ₂	47–80	4,8	3,8	5,0	15,9	16,5	70,1
Cg	80–90	5,8	4,8	1,3	13,6	28,1	67,4
Разрез 5. Дерново-глеевая глубокодерновая среднесуглинистая Section 5. Sod-gley deep sod medium loamy							
A ₁	0,5–16	6,0	5,7	3,8	13,6	26,4	66,3
Ag	16–40	5,8	5,5	10,0	14,3	24,0	62,7
G	40–82	4,8	14,6	15,0	13,0	17,0	56,7
Bg	82–115	5,1	11,0	15,0	15,7	24,3	60,7
Разрез 11. Дерново-глеевая мощная глинистая Section 11							
A ₁	2–24	6,2	6,0	2,5	12,8	30,8	70,6
Ag ₁	24–52	6,6	18,3	2,5	12,2	36,0	74,7
Bg	52–87	6,0	8,0	3,8	12,4	30,5	71,1
Cg	87–130	4,8	11,0	1,9	11,1	17,5	61,2
Dg	130–161	6,0	6,0	5,0	13,5	25,8	65,6

Таблица 4

Table 4

Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых и бурых лесных почв
Agrochemical characteristics of soddy-podzolic and brown forest soils

Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	pH _{KCl}	K ₂ O	P ₂ O ₅	H	S	V, %
			мг/100 г почвы mg/100 g soil		мг-экв./100 почвы mg-eq./100 of soil		
Разрез 1. Дерново-подзолистая слабодерновая супесчаная Section 1. Section 1 Sod-podzolic light sod sandy loam							
A ₁	5–20	6,0	8,4	2,5	12,9	23,4	64,4
A ₁	20–30	5,8	4,2	8,8	13,5	20,4	59,5
Bg	30–53	5,8	3,8	8,8	13,9	20,4	59,5
Bg ₂	53–85	4,5	4,2	7,5	14,7	18,5	55,5
Разрез 7. Бурая лесная оподзоленная маломощная среднесуглинистая Section 7. Brown forest podzolized sparse medium-loam							
A ₁	2–20	6,2	7,0	4,8	12,8	22,5	54,5
A ₂ B	20–24	4,8	3,7	20,0	17,0	17,5	50,7
BC	34–64	4,2	3,6	4,8	19,6	15,5	44,2

Обсуждение

На основании почвенного обследования участка УСЛК им. Л. И. Вигорова составлена почвенная карта (рис. 2).

В почвенном покрове сада преобладают дерново-глеевые почвы, занимающие 65 % площади участка, дерново-среднеподзолистая и бурая лесная почвы составляют соответственно 30 и 5 %.

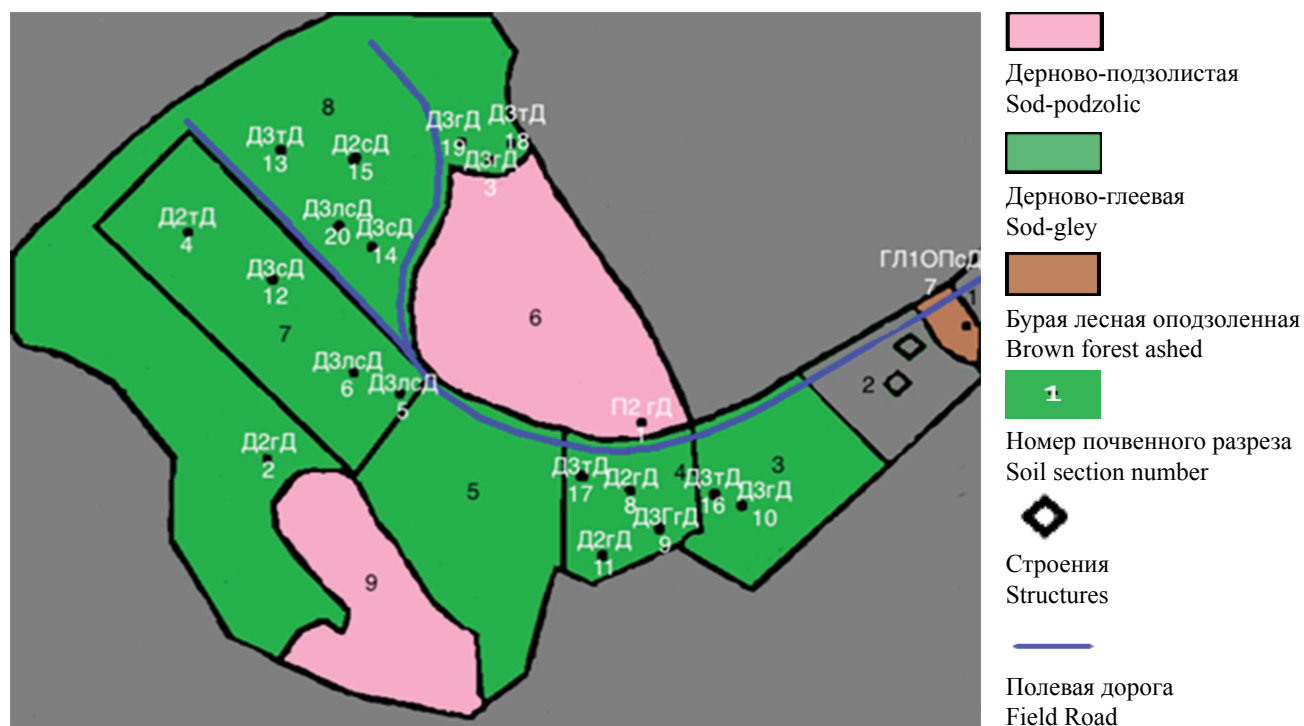


Рис. 2. Почвенная карта УСЛК им. Л. И. Вигорова
Масштаб 1:5000

Fig. 2. Soil map of the Garden USLC named after L. I. Vigorov
Scale 1:5000

Почвы лесов не только определяют условия существования их биогеоценозов, но одновременно являются их следствием. Поэтому использование растений-интродуцентов, предусмотренное программой сада, требует периодического исследования агрохимических показателей почв.

Актуальной проблемой является также выявление азотфиксации и денитрификации, активности выделения углекислого газа при разложении остатков древесных растений во вновь создаваемых лесных фитоценозах (Активность..., 2023).

Выводы

При крупномасштабной почвенной съемке земельного участка УСЛК им. Л.И. Вигорова определены контуры почвенных разностей, выявлены их основные показатели состава и свойств.

Повышенное поверхностное увлажнение почв, ухудшающее водно-воздушный и питательный режимы, требует адекватных агротехнических приемов и распределения культур по их биологическим требованиям в соответствии с контурами почв.

Недостаточное содержание доступных форм азота, калия и фосфора корректируется путем внесения удобрений.

Список источников

- Активность выделения CO_2 , азотфиксации и денитрификации при разложении крупных древесных остатков ели обыкновенной в южной тайге / И. В. Евдокимов, Н. В. Костина, С. С. Быховец, А. В. Кураков // Почвоведение. 2023. № 3. С. 370–379. DOI: 10.31857/S0032180X22600949
- Аринишкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. 488 с.
- Государственный доклад «О состоянии окружающей среды на территории Свердловской области в 2021 г.». URL: <https://inlnk.ru/ZZdLaD> (дата обращения 19.03.2023).
- Залесов С. В., Колтунов Е. В. Содержание тяжелых металлов в почвах лесопарков города Екатеринбурга // Аграрный вестник Урала. 2009. № 6 (60). С. 71–73.
- Карпачевский Л. О., Никонов В. В. Лесное почвоведение в XXI веке // Лесоведение. 2004. № 4. С. 3–5.
- Лесохозяйственный регламент Камышловского районного лесничества. Екатеринбург, 2019. 52 с. URL: <https://inlnk.ru/n0IDVy> (дата обращения: 19.03.2023).
- Мещеряков П. В. Особенности изучения условий почвообразования и свойств почв в рамках полевого практикума по курсу «Экология почв Урала» // Научный диалог. 2013. № 3 (15): Естествознание. Экология. Науки о земле. С. 117–128.
- Мещеряков П. В. Основы почвоведения: полевая практика, практические работы и задания для самостоятельной работы / ФГБОУ ВПО «УрГПУ». Екатеринбург, 2015. 116 с.
- Сродных Т. Б., Нечаева В. А. Почвы на объектах озеленения города Екатеринбурга // АБУ. 2008. № 5. С. 41–42. URL: <https://inlnk.ru/l0DI4z> (дата обращения: 19.03.2023).
- Туленкова А. В., Абрамова Л. П. Почвы и подлесок лесопарков города Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 1 (76). С. 44–53. URL: <https://inlnk.ru/zagYPV> (дата обращения: 19.03.2023).
- Харина Г. В., Алешина Л. В. Аккумуляция тяжелых металлов в почвах Свердловской области // Известия ТПУ. 2022. № 2. URL: <https://inlnk.ru/Pm9ZVO> (дата обращения: 19.03.2023).

References

- Activity of CO_2 release, nitrogen fixation and denitrification during decomposition of large woody remains of common fir in southern taiga / I. V. Evdokimov, N. V. Kostina, S. S. Bykhovets, A. V. Kurakov // Soil Science. 2023. № 3. P. 370–379. DOI: 10.31857/S0032180X22600949 (In Russ.)
- Arinushkina E. V. Guidance on chemical analysis of soils. 2nd ed. Moscow : Moscow State University Press, 1970. 488 p.
- Forest management regulations of the Kamyshlov district forestry. Yekaterinburg, 2019. 52 p. URL: <https://inlnk.ru/n0IDVy> (date of the application: 19.03.2023).

- Karpachevsky L. O., Nikonov V. V. Forest soil science in XXI century // Forest Science. 2004. № 4. P. 3–5. (In Russ.)
- Kharina G. V., Aleshina L. V. Accumulation of heavy metals in soils of Sverdlovsk region // Proceedings of TPU. 2022. № 2. URL: <https://inlnk.ru/Pm9ZVO> (date of the application: 19.03.2023).
- Meshcheryakov P. V. Fundamentals of Soil Science: field practice, practical work and assignments for independent work / FGBOU VPO «UrGPU». Yekaterinburg, 2015. 116 p.
- Meshcheryakov P. V. Peculiarities of studying the conditions of soil formation and properties of soils in the field workshop on the course «Soil Ecology of the Urals» // Scientific Dialogue. 2013. № 3 (15): Natural Science. Ecology. Earth Sciences. P. 117–128. (In Russ.)
- Srodnykh T. B., Nechaeva V. A. Soils on the objects of landscaping of the city of Yekaterinburg // AVU. 2008. № 5. P. 41–42. URL: <https://inlnk.ru/10DI4z> (date of the application: 19.03.2023).
- State Report «On the State of the Environment in the Sverdlovsk Region in 2021». URL: <https://inlnk.ru/ZZdLaD> (date of the application: 19.03.2023).
- Tulenкова A. V., Abramova L. P. Soils and undergrowth in forest parks of Yekaterinburg // Russian forests and economy in them. 2021. № 1 (76). P. 44–53. URL: <https://inlnk.ru/zagYPV> (date of the application: 19.03.2023).
- Zalesov S. V., Koltunov E. V. The content of heavy metals in the soils of forest parks of Yekaterinburg // Agrarny vestnik Urala. 2009. № 6 (60). P. 71–73.

Информация об авторах

Л. П. Абрамова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
abramovalp@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2472-7787>;

Л. А. Сенькова – доктор биологических наук, доцент,
senkova_la@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2597-662X>;

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

В. А. Щербakov – магистр,
olg.scher@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5007-7733>;

П. А. Мартюшов – и. о. директора УСЛК,
martyushovpa@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6541-0375>.

Information about the authors

L. P. Abramova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
abramovalp@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2472-7787>;

L. A. Senkova – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor,
senkova_la@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2597-662X>;

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

V. A. Shcherbakov – master,
olg.scher@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5007-7733>;

P. A. Martyushov – Acting Director of the USLK,
martyushovpa@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6541-0375>.

Статья поступила в редакцию 21.03.2023; принята к публикации 21.04.2023.

The article was submitted 21.03.2023; accepted for publication 21.04.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 83–90.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 83–90.

Научная статья

DOI: 10.51318/FRET.2023.74.28.010

УДК 630.6; 332.14; 334.7

РАЗВИТИЕ МАЛОГО ЛЕСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА КЛАСТЕРНОЙ ОСНОВЕ

Андрей Вениаминович Мехренцев¹, Эдуард Федорович Герц²,
Алина Флоритовна Уразова³, Валерия Николаевна Беляева⁴,
Оксана Дмитриевна Авдюкова⁵

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

Автор, ответственный за переписку: Алина Флоритовна Уразова,
urazovaaf@m.usfeu.ru

Аннотация. Одним из путей решения задачи уменьшения карбонового следа является формирование модели интенсивного лесопользования путем комплексного освоения лесных ресурсов, включая переход к технологиям с производством нормированного древесного топлива и создание эффективной транспортно-логистической модели. В данной работе рассмотрен проект организационно-технологической модели лесохимического кластера на примере создания кооперационных цепочек по производству высокотехнологической продукции предприятиями лесного сектора экономики в границах Свердловской и Челябинской областей. Использование дровяной древесины, отходов лесоперерабатывающих производств и лесосечных отходов для производства высокотехнологичной продукции существенно повышает экономическую эффективность и экологическую устойчивость лесного комплекса всего региона. Основу лесохимического кластера могут составить предприятия, применяющие в технологическом процессе переработки древесины взрывной автогидролиз. Полученные в результате раствор сахаров и твердая фракция, состоящая из целлюлозы и лигнина, перерабатываются на кормовые дрожжи и нормированное топливо в виде пеллет или прессованного древесного угля. Эти продукты находят широкое применение в сельском хозяйстве и черной металлургии. Древесный уголь в виде порошка добавляется в железную руду при производстве окатышей и может успешно применяться при производстве качественного ковкого чугуна на металлургических предприятиях средней и малой мощности. Применение древесного угля в металлургии повышает качество отечественного металла и снижает углеродный след.

Ключевые слова: древесное биотопливо, древесный уголь, лесохимический кластер, низкокачественная древесина, автогидролиз

Scientific article

DEVELOPMENT OF SMALL TIMBER-CHEMICAL PRODUCTION ON A CLUSTER BASIS

Andrey V. Mehrentsev¹, Edward F. Gertz², Alina F. Urazova³,
Valeria N. Beliaeva⁴, Oksana D. Avdyukova⁵

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

Corresponding author: Alina Floritovna Urazova,
urazovaaf@m.usfeu.ru

Abstract. One of the ways to solve the problem of reducing the carbon footprint is the formation of an intensive forest management model through integrated development of forest resources, including the transition to technologies with the production of rationed wood fuel and the creation of an efficient transport and logistics model. In this paper, we consider the project of organizational and technological model of forest chemical cluster on the example of creating cooperative chains for the production of high-tech products by forest sector enterprises within the borders of the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions. The use of firewood, timber processing waste and forest residues for the production of high-tech products significantly increases the economic efficiency and environmental sustainability of the forestry complex of the entire region. The basis of the timber-chemical cluster can be formed by the enterprises that use explosive auto-hydrolysis in the technological process of wood processing. The resulting solution of sugars and the solid fraction consisting of cellulose and lignin are processed into fodder yeast and normalized fuel in the form of pellets or pressed charcoal. These products are widely used in agriculture and the iron and steel industry. Charcoal in powder form is added to iron ore in the production of pellets and can be successfully used in the production of quality malleable iron at metallurgical plants of medium and small capacity. The use of charcoal in metallurgy improves the quality of domestic metal and reduces the carbon footprint.

Keywords: wood biofuel, charcoal, wood chemical cluster, low-quality wood, autohydrolysis

Введение

Современная российская экономика в значительной мере зависит от ископаемого топлива, что формирует большой неиспользованный потенциал для повышения энергоэффективности и перехода на технологические процессы с низким или нейтральным уровнем выбросов парниковых газов. В Стратегии развития лесного комплекса (2021) приоритетами научно-технологического развития обозначены формирование модели интенсивного лесопользования путем комплексного освоения лесных ресурсов, а также переход к биотопливным технологиям с производством современного нормированного древесного топлива и созданием эффективной транспортно-логистической модели. При этом леса России рассматриваются как ключевой фактор сокращения выбросов углекислого газа более чем на 80 % к 2050 г. Для выполнения

задач глобальной декарбонизации промышленности в отношении российских лесов важно решение двух основных задач:

- увеличение поглощения углерода управляемыми лесными экосистемами;
- увеличение производства и потребления древесного биотоплива, использование современных биопродуктов на основе технологий переработки древесного сырья, которые могли бы частично или полностью заместить использование углеродоемких материалов.

В данном исследовании считаем важным обратить внимание на развитие на предприятиях лесного сектора экономики производства биопродуктов, полученных в результате лесохимических технологий. При этом кластерный подход в организации технологических процессов и производств позволяет существенным образом

продвинуть решение проблемы создания высокотехнологичных лесохимических производств, продукция которых обладала бы признаками импортозамещающей и востребованной приоритетными отраслями на внутрироссийском рынке. Тем более что в современных условиях особая роль в обеспечении финансовой поддержки высокотехнологических проектов импортозамещения отводится государственным институтам.

Исследования состояния и современных условий работы конкурентоспособных кластеров в лесном секторе экономики, машиностроении, химическом производстве, пищевой промышленности, туристическом бизнесе и других отраслях позволили прогнозировать ожидаемые социально-экономические эффекты в процессе развития импортозамещающих кластеров (Бутко, 2012; Инновационные кластеры..., 2022; Еникеева, 2017; Резанов, 2016; Биоэнергетическая база..., 2023).

Лесохимическое производство использует в качестве сырья технологическое сырье из низкокачественной древесины, в том числе лесосечных отходов, что существенно влияет на снижение лесопожарных угроз за счет сокращения объемов горючей биомассы на лесосеках после завершения лесосечных работ. Применение при заготовке технологического сырья для лесохимического производства адаптивных технологий лесозаготовок, обеспечивающих минимизацию лесосечных отходов на лесосеке, сохранение компонентов природной среды, содействующих омоложению древесной растительности, оставляемой на доращивание, снижает возникновение природных пожаров.

По оценке специалистов Росгидромета, повышение эффективности защиты лесов от пожаров может сократить выбросы парниковых газов на 65–115 млн т С в год; изменение технологий лесозаготовок, уменьшение повреждения почв и сокращение количества древесных отходов могут обеспечить снижение выбросов на 27–29 млн т С в год.

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Целью проведения настоящего исследования является разработка проекта организационно-

технологической модели лесохимического кластера на примере создания кооперационных цепочек по производству высокотехнологической продукции предприятиями лесного сектора экономики в границах Свердловской и Челябинской областей.

Задачи проекта:

- снижение лесопожарных угроз в лесах за счет эффективного удаления и переработки горючей древесной массы (лесосечных отходов, больных, поврежденных, перестойных деревьев);
- улучшение качественного состояния лесов за счет снижения площади лесов, не пройденных рубками ухода;
- обеспечение возможности наращивания производства деловых круглых лесоматериалов для обеспечения лесопильных, фанерных, целлюлозно-бумажных производств за счет создания пула эффективных предприятий – утилизаторов неликвидной древесины на территории Свердловской и Челябинской областей;
- рост освоения расчетной лесосеки;
- производство высокотехнологичной продукции, обладающей признаками импортозамещающей для российского рынка;
- создание рабочих мест на предприятиях среднего и малого предпринимательства Урала;
- развитие удаленных муниципальных образований на лесных территориях.

Особенности формирования лесохимического кластера Урала:

- формирующееся ядро перерабатывающих предприятий, ориентированных преимущественно на лесохимическую переработку лиственной низкосортной древесины и лесосечных отходов;
- развитие межрегионального сотрудничества и кооперации;
- приоритет биоэнергетических (производство тепловой энергии и нормированного древесного топлива) и лесохимических (древесный уголь) производств с учетом необходимости переработки больших объемов низкосортного сырья для получения возможности увеличения заготовки деловой древесины;
- развитие малых подрядных лесозаготовительных производств, ориентированных на сырьевое

обеспечение местных лесопереработчиков и производство технологической щепы из отходов лесозаготовок;

– производство продукции, востребованной предприятиями металлургии и сельского хозяйства как приоритетно развивающимися;

– наличие собственной научно-производственной, исследовательской и инжиниринговой базы лесохимического кластера на базе Уральского лесотехнического университета;

– эффективное многоуровневое кадровое обеспечение кластера за счет университетского научно-образовательного лесотехнического комплекса.

Результаты исследований

и их обсуждение

Синергетический эффект проекта характеризуется созданием в агропромышленном комплексе регионов предпосылок для реализации технологии биочар в земледелии, применения биоактивных кормовых добавок местного производства в животноводстве. Это особенно важно для развития агропроизводства в условиях Нечерноземья.

Важный синергетический эффект окажет лесохимический кластер на производство качественных металлов, мощности которого традиционно размещаются в границах лесных земель Среднего и Южного Урала. Применение древесно-угольных окатышей, а также в качестве восстановителя древесно-угольного дутья или древесно-угольных брикетов позволит на новом технологическом уровне наращивать производство ковкого чугуна и качественных сталей, свободных от фосфорных и сернистых соединений. В качестве примера применения древесного угля в современном металлургическом производстве можно рассмотреть данные табл. 1 (Экономика: развитие металлургии, 2023).

Наращивание древесно-угольной массы повлияет и на производство сорбентов для очистки вод и воздуха от токсинов и загрязнителей, что особенно важно для Уральского региона. Одновременно может быть реализован метод сквозной секвестрации углерода для промышленных технологических цепочек.

Сырьевое обеспечение лесохимического кластера оценивается по величине размера допустимого ежегодного пользования в границах лесных земель регионов (табл. 2) (Лесной план Челябинской области..., 2023; Лесной план Свердловской области..., 2023).

Первые металлургические заводы на Урале появились в начале XVIII в. в лесных поселках вдоль Уральского хребта. Наличие углевыжигательных предприятий при богатой лесосырьевой базе позволило создать к 30-м годам XVIII в. шесть предприятий, ориентированных на железоплавильное производство: Шуралинский, Быньговский, Выйский, Нижнетагильский, Нижнелайский, Верхнетагильский заводы (Демидовские заводы, 2023). В XIX–XX вв. появились заводы в Верхнем Уфалее, Кыштыме, Карабаше, Златоусте, Сатке, Миассе, Катав-Ивановском, Аше. Таким образом была создана дуга уральских металлургических производств, которая соединила г. Серов (бывш. Надеждинск) и города Челябинской области до границы с Башкирией. Эта дуга проходит через лесные земли Свердловской и северо-запада Челябинской областей. Далеко не все предприятия дожили до сегодняшнего дня, не выдержав конкуренции. Но те, которые работают, могут, опираясь на производство высококачественного металла, успешно конкурировать и в современных условиях. Следовательно, можно говорить о потенциальном внутреннем рынке древесно-угольной продукции якорных предприятий лесохимического кластера Урала.

Основу лесохимического кластера должны составить предприятия, применяющие в технологическом процессе переработки древесины взрывной автогидролиз. Это кратковременная обработка измельченной древесной массы в виде древесной щепы или опилок перегретым водяным паром с последующим быстрым снижением давления до атмосферного.

Данный процесс происходит в интервале температур 180–250 °С с последующим резким сбросом давления – «выстрелом» обработанного материала в приемник. Вследствие этого процесс получил название взрывной автогидролиз, или парокрекинг (рисунок).

Таблица 1

Table 1

Показатели работы бразильских доменных печей на древесном угле
Performance of Brazilian charcoal-fired blast furnaces

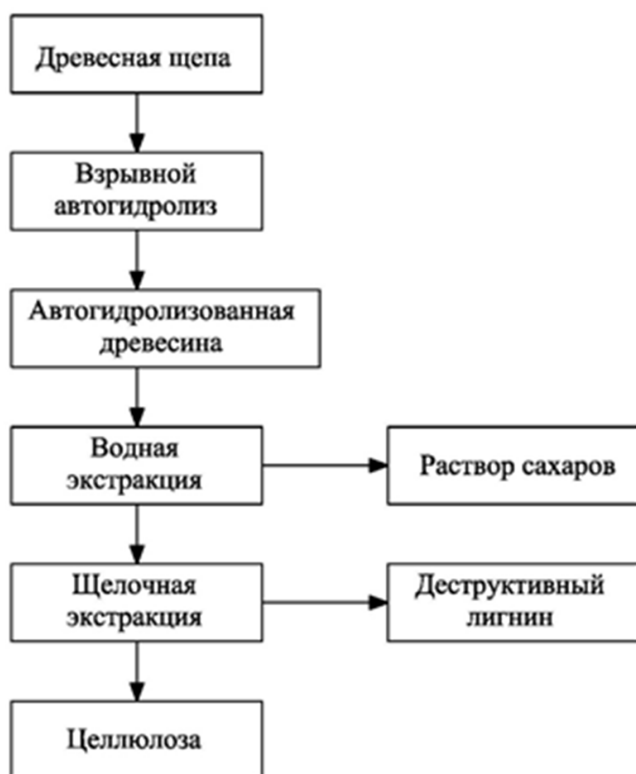
Показатель Indicator	MSA № 2, Белу-Оризонте Belo Horizonte	Gerdau № 1, Дивинополис Divinopolis	Sidersul № 1, Рибас ду Риу Парду Ribas do Rio Pardo
Полезный объем, м ³ Useful volume, m ³	250	118	136
Вид выплавляемого чугуна Type of cast iron	Передельный Redesigned	Передельный Redesigned	Передельный, литейный Remelting, foundry
Год начала эксплуатации Year of operation	1986	1982	1990
Наилучшая среднемесячная производительность, т/(м ³ ·сут) Best average monthly performance, t/(m ³ ·day)	2,83	2,20	2,28
Древесный уголь: Charcoal:			
крупность, мм coarseness, mm	10–25	12–120	12–120
зольность, % ash content, %	2	3	4
Кусковая руда: Lump ore:			
крупность, мм coarseness, mm	6–32	9–25	9–25
содержание Fe, % Fe content, %	66,5	65,0	66,5
Температура дутья, °C Blow temperature, °C	800	750	700
Расход древесного угля, кг/т чугуна Charcoal consumption, kg/t pig iron	640	630	637

Таблица 2

Table 2

Сырьевое обеспечение проекта
Raw materials for the project

Показатель Indicator	Свердловская область Sverdlovsk region	Челябинская область Chelyabinsk region
Общий запас древесины, млн м ³ Total stock of timber, mln m ³	2096,6	441,5
Размер допустимого ежегодного пользования, млн м ³ Amount of allowable annual use, mln m ³	24,8	2,01
Фактический средний объем ежегодной заготовки, млн м ³ Actual average volume of annual harvest, mln m ³	6,90	1,17



Структурная схема автогидролиза
Structural diagram of autohydrolysis

Преимуществами такого процесса по сравнению с традиционными технологиями гидролизных производств являются быстрота процесса (протекает в течение нескольких секунд или минут), отсутствие химических реагентов, что обеспечивает экологическую чистоту процесса (Переработка древесных отходов..., 2023).

Последующая водная экстракция продуктов автогидролиза позволяет отделить раствор сахаров и оставшуюся твердую фракцию, состоящую из целлюлозы и лигнина. Сахара перерабатываются на кормовые дрожжи (из одной тонны древесной массы производится около 60 кг кормовых белковых дрожжей), или экспортируется черный сироп как полуфабрикат для производства других высокотехнологичных продуктов.

Твердая фракция высушивается, и из нее производятся черные пеллеты или прессованный древесный уголь в установках непрерывного действия. Черные пеллеты характеризуются повышенной теплотворной способностью порядка 19 ГДж/т при 5 %-ной влажности, а также повы-

шенной насыпной плотностью порядка 750 кг/м³. Эти качества позволяют использовать их как высокоэффективное биотопливо. Как вариант дальнейшей переработки твердой фракции – проведение щелочной экстракции деструктивного лигнина и целлюлозы.

В результате из одной тонны твердой автогидролизованной древесной массы можно произвести 120–150 кг мелкофракционного древесного угля.

Древесный уголь в виде порошка добавляется в железную руду при производстве окатышей и может успешно применяться при производстве качественного ковкого чугуна на металлургических предприятиях средней и малой мощности. В классической технологии доменного производства может быть применено также пылеугольное дутье смесью древесного и каменного угля, что снизит долю сернистых соединений, ухудшающих качество металла. Возможна также полная или частичная замена каменного угля в доменном производстве прессованными древесно-угольными брикетами, плотность которых выше плотности естественного древесного угля. Применение древесного угля в металлургии повышает качество металла и снижает углеродный след отечественной металлургии.

Применение древесного угля в сельском хозяйстве можно рассматривать в качестве кормовой добавки в животноводстве, а также в растениеводстве в рамках технологии биочар. Наличие карбоновой добавки в почве стабилизирует водный баланс, а также препятствует вымыванию удобрений. Это особенно актуально в условиях низкопродуктивных почв и нестабильной погоды Нечерноземья.

Выводы

С учетом вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности реализации проекта создания лесохимического кластера, имеющего синергетический эффект в смежных отраслях промышленности и сельского хозяйства, а также снижающего лесопожарные угрозы за счет переработки биомассы лесосечных отходов, прежде оставляемых на лесосеках.

Список источников

- Биоэнергетическая база сельских территорий в контексте стратегии развития лесного комплекса (на примере Свердловской области) / *А. В. Мехренцев, А. А. Добрачев, А. Ф. Уразова, Г. В. Кашиников* // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 81–87.
- Бутко Г. П.* Конкуренция: теория, методология, практика : моногр. Екатеринбург : НОУ ВПО «УрФЮИ», 2012. 342 с.
- Демидовские заводы. URL: <https://fb.ru/article/247128/demidovskie-zavodyi-opisanie-istoriya-produktsiya-i-otzyivyi> (дата обращения: 24.02.23).
- Еникеева О. А.* Методы оценки инвестиционной привлекательности предприятия // Аллея науки. 2017. Т. 2. № 9. С. 295–304.
- Инновационные кластеры по рациональному использованию сырья на уровне региона / *Г. П. Бутко, А. В. Мехренцев, В. М. Шаранова, Н. В. Шаранова* // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 6 (390). С. 609–613.
- Лесной план Свердловской области. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561550939> (дата обращения: 24.02.23).
- Лесной план Челябинской области. URL: <http://лес74.пф/htmlpages/Show/activities/LESNOEPLANIROVANIE/LESNOJPLAN> (дата обращения: 24.02.23).
- Переработка древесных отходов с использованием метода взрывного автогидролиза. URL: <http://gazogenerator.com/energeticheskoe-ispolzovanie-biomassy/pererabotka-drevesnyx-otxodov-s-ispolzovaniem-metoda-vzryvnogo-avtogidroliza/> (дата обращения: 24.02.23).
- Резанов К. В.* Методологический подход к обеспечению устойчивого развития кластерной модели лесного комплекса региона // Управление экономическими системами: электрон. науч. журнал. 2016. № 4 (86). С. 1–33.
- Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации № 312-р от 11.02.2021 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573658653> (дата обращения: 24.02.2023).
- Экономика: развитие металлургии. URL: <https://metalspace.ru/production-science/economy/991-drevesnougolnaya-metallurgiya.html> (дата обращения: 24.02.23).

References

- Bioenergetic base of rural areas in the context of the development strategy of forestry complex (on the example of Sverdlovsk region) / *A. V. Mekhrentsev, A. A. Dobrachev, A. F. Urazova, G. V. Kashnikov* // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 81–87. (In Russ.)
- Butko G. P.* Competition: theory, methodology, practice : monograph. Yekaterinburg : SPE «UrFYU», 2012. 342 p.
- Demidovsky Zavody. URL: <https://fb.ru/article/247128/demidovskie-zavodyi-opisanie-istoriya-produktsiya-i-otzyivyi> (date of the application: 24.02.23).
- Economics: development of metallurgy. URL: <https://metalspace.ru/production-science/economy/991-drevesnougolnaya-metallurgiya.html> (date of the application: 24.02.23).
- Enikeeva O. A.* Methods for assessing the investment attractiveness of the enterprise // Alley of Science. 2017. Т. 2. № 9. P. 295–304. (In Russ.)
- Forest plan of Chelyabinsk region. URL: <http://лес74.пф/htmlpages/Show/activities/LESNOEPLANIROVANIE/LESNOJPLAN> (date of the application: 24.02.23).
- Forest plan of the Sverdlovsk Region. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561550939> (date of the application: 24.02.23).

- Innovation clusters on the rational use of raw materials at the regional level / *G. P. Butko, A. V. Mekhrentsev, V. M. Sharapova, N. V. Sharapova* // International Agricultural Journal. 2022. № 6 (390). P. 609–613. (In Russ.)
- Processing of wood waste using the method of explosive autohydrolysis. URL: <http://gazogenerator.com/energeticheskoe-ispolzovanie-biomassy/pererabotka-drevesnyx-otxodov-s-ispolzovaniem-metoda-vzryvnogo-avtogidroliza/> (date of the application: 24.02.23).
- Rezanov K. V.* Methodological approach to the sustainable development of the cluster model of the forest complex of the region // Management of economic systems : electronic scientific journal. 2016. № 4 (86). P. 1–33. (In Russ.)
- Strategy for the development of the forestry complex of the Russian Federation until 2030. Decree of the Government of the Russian Federation № 312-r of 11.02.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573658653> (date of the application: 24.02.2023).

Информация об авторах

А. В. Мехренцев – кандидат технических наук, доцент,
mehrentsevav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2186-0152>;
Э. Ф. Герц – доктор технических наук, профессор,
gertsef@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0434-7282>;
А. Ф. Уразова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>;
В. Н. Беляева – студент,
lera44720@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-7217-6624>;
О. Д. Авдюкова – аспирант,
avdyukovaod@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-0742-3455>.

Information about the authors

A. V. Mekhrentsev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
mehrentsevav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2186-0152>;
E. F. Gertz – Doctor of Technical Sciences, Professor,
gertsef@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0434-7282>;
A. F. Urazova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>;
V. N. Belyaeva – student,
lera44720@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-7217-6624>;
O. D. Avdyukova – Postgraduated student,
avdyukovaod@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-0742-3455>.

Статья поступила в редакцию 16.03.2023; принята к публикации 16.04.2023.
The article was submitted 16.03.2023; accepted for publication 16.04.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 91–96.

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 91–96.

Научная статья

УДК 674.047

DOI: 10.51318/FRET.2023.64.34.011

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЖИМОВ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ ТВЕРДОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

Александр Григорьевич Гороховский¹, Елена Евгеньевна Шишкина²,
Артем Сергеевич Агафонов³, Полина Андреевна Бекк⁴,
Татьяна Сергеевна Овчинникова⁵

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

⁵ Талицкий лесотехнический колледж им. Н. И. Кузнецова, Талица, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Евгеньевна Шишкина,
shishkinaee@m.usfeu.ru

Аннотация. Режимы сушки древесины являются предметом многочисленных исследований как в нашей стране, так и за ее пределами. Особо это касается режимов сушки твердолиственных пород, которые часто называют трудносохнущими.

Целью настоящей работы является разработка экспресс-метода оценки эффективности режимов сушки пиломатериалов твердолиственных пород древесины.

Методом оценки пригодности того или иного режима сушки является сопоставление поверхностной и средней влажности сохнущей древесины. Причем для различных пород существуют разработанные рекомендации по величинам комплексного показателя соотношения данных влажностей.

Результатом работы явилось получение для некоторых существующих режимов сушки древесины дуба значения комплексного показателя соотношения влажностей. Расчеты убедительно показали, что применение не всех режимов вполне оправдано для сушки твердолиственных пород, в частности дуба. Так, применение трех- и шестиступенчатых режимов недостаточно оправдано: при их построении не учтен факт принципиальной возможности возникновения внутренних напряжений в древесине в первый период сушки. Причем данные напряжения могут достигать величины, превышающей предел прочности древесины. Это, в свою очередь, может привести к образованию поверхностных трещин и тем самым сделать древесину непригодной к использованию.

Метод может быть применен перед практическим использованием режимов сушки. Причем необходимо учитывать, что при соответствующей доработке возможно использование данного метода для экспресс-оценки режимов сушки любых других пород древесины.

Метод прост в реализации, полученные результаты однозначно характеризуют эффективность режима сушки. Таким образом, экспресс-метод оценки эффективности режимов сушки твердолиственных пород может быть рекомендован для практического использования работниками промышленности, занимающимися сушкой пиломатериалов.

Ключевые слова: сушка пиломатериалов, экспресс-метод, режим сушки, твердолиственные породы, древесина, влажность

Scientific article

EXPRESS ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF DRYING MODES OF HARDWOOD

Alexander G. Gorokhovskiy¹, Elena E. Shishkina², Artem S. Agafonov³,
Polina A. Beck⁴, Tatiana S. Ovchinnikova⁵

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

⁵ Talitsky Forestry College named after N. I. Kuznetsov, Talica, Russia

Corresponding author: Elena Shishkina,
shishkinaee@m.usfeu.ru

Abstract. Wood drying regimes are the subject of numerous studies both in our country and abroad. This is especially true of the drying modes of hardwoods, which are often called hard-drying.

The purpose of this work is to develop an express method for evaluating the effectiveness of drying modes of hardwood lumber.

As a method of assessing the suitability of a particular drying mode, a comparison of the surface and average humidity of drying wood is used. Moreover, for various breeds, there are developed recommendations on the values of the complex indicator of the ratio of these humidities.

The result of the work was that the values of the complex humidity ratio indicator were obtained for some existing oak wood drying modes. Calculations have convincingly shown that the use of not all modes is fully justified for drying hardwoods, in particular oak. Thus, the use of three and six-stage modes is not sufficiently justified, that their construction does not take into account the fact of the fundamental possibility of internal stresses in the wood during the first drying period. Moreover, these stresses can reach a value exceeding the strength limit of wood. This, in turn, can lead to the formation of surface cracks and thereby make the wood unusable.

The method can be applied before the practical use of drying modes. Moreover, it should be taken into account that with appropriate refinement, it is possible to use this method for express evaluation of drying modes of any other wood species.

The method is easy to implement, the results obtained unambiguously characterize the effectiveness of the drying regime. Thus, the express method of evaluating the effectiveness of drying modes of hardwoods can be recommended for practical use by industrial workers engaged in drying lumber.

Keywords: drying of lumber, express method, drying mode, hardwood, wood, humidity

Введение

Сушка твердолиственных пород является весьма продолжительным и энергоемким процессом (Гороховский, 2008). К таким породам относятся в первую очередь дуб, а также бук, ясень, орех и т. п. Особо остро при этом встает вопрос качества сушки (Гороховский, 2008; Лангендорф, Айхлер, 1982; Гороховский, Шишкина, 2020), которое оценивается целым комплексом показателей, в той или иной степени характеризующих высушенную древесину. Пригодность использования тех или иных режимов, а тем более возможности качественной

сушки древесины часто оказывается сомнительной, особенно при камерной сушке твердолиственных пород. В этой связи разработка экспресс-метода предварительной оценки эффективности применения того или иного режима сушки пиломатериалов представляется актуальной.

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Целью настоящего исследования является разработка метода оперативной оценки эффективности режимов сушки пиломатериалов твердолиственных

пород. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить комплексный метод оценки режима сушки;
- найти метод определения влажности поверхности древесины;
- предложить метод определения средней влажности древесины в процессе сушки и начальную влажность древесины.

Объектами исследования являются режимы сушки пиломатериалов твердолиственных пород.

В основу методики настоящего исследования положены подходы ряда немецких ученых (Савина, 2021).

Гарантировать допускаемые напряжения в древесине для определенных пород можно, соблюдая в процессе сушки следующее соотношение:

$$U = \frac{U_{cp}}{U_n},$$

где U_{cp} – средняя влажность древесины в процессе сушки, %;

U_n – влажность поверхности древесины, %.

Значение показателя U комплексно характеризует режим сушки на каждой его ступени. При этом, например, для таких пород, как сосна, пихта, ель, данная величина должна составлять от 3,5 до 2,5. Для твердолиственных пород данный показатель должен составлять величины, указанные в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Рекомендуемые значения комплексного показателя для лиственных пород
Recommended values of the complex indicator for hardwoods

№ п/п № p/p	Порода древесины Wood type	Показатель U Indicator U
1	Орех Nut	2,5–2,3
2	Бук Beech	2,0–1,8
3	Ясень Ash	2,0–1,6
4	Дуб Oak	1,6–1,5

Возникает вопрос определения влажности поверхности сохнущей древесины U_n . На основе проведенных аналитических и экспериментальных

исследований в работе (Phonetip et al., 2017) было предложено в первом приближении считать, что

$$\Delta U = U_n - U_p \approx 0,1,$$

где U_p – равновесная влажность.

То есть это означает, что в процессе сушки, точнее на той или иной ее ступени, в среднем влажность поверхности древесины на 10 % больше величины равновесной влажности среды U_p .

Средняя влажность древесины на той или иной ступени сушки определяется как средняя арифметическая на данной ступени. Начальная влажность во всех случаях условно принимается $U_{нач} = 60\%$. Для исследования предлагается наиболее сложная в сушке порода среди твердолиственных – дуб, толщина пиломатериалов 50 мм.

Для исследования предлагаются следующие типы режимов (Гороховский, 2008):

- трехступенчатый 7–Б (РТМ 1985 г.);
- шестиступенчатый нормативный № 20 (РТМ 1957 г.);
- восьмиступенчатый нормативный № 25 (РТМ 1951 г.).

Результаты и обсуждение

Результаты исследования представлены в табл. 2–4.

Во всех таблицах (см. табл. 2–4), помимо типовых значений параметров режима (средняя влажность древесины по ступеням, температура среды, равновесная влажность), приведены также расчетные значения U_{cp} / U_n и рекомендуемые значения U . Это позволяет в дальнейшем провести анализ пригодности того или иного режима сушки для практической сушки древесины твердолиственных пород, в частности дуба.

Применение экспресс-метода оценки эффективности режимов сушки пиломатериалов твердолиственных пород древесины, в частности дуба, показало:

- а) разработанные в СССР режимы сушки древесины дуба пригодны для этой цели лишь отчасти. Это связано с тем, что на I ступени режима (для трех- и шестиступенчатых режимов) поверхностная влажность древесины ниже предела гигроскопичности древесины.

Таблица 2

Table 2

Трехступенчатый режим 7-Б

Three-stage mode 7-B

№ ступени Stage №	Средняя влажность древесины U_{cp} , % Average humidity of wood U_{sr} , %	Температура среды t_c , °C Medium temperature, t_s , °C	U_p , % U_r , %	U_n , % U_p , %	U_{cp} / U_n U_{sr} / U_p	Рекомендуемая U Recommended U
I	> 30 (45)	52	16,0	26,0	1,73	1,5
II	20–30 (25)	55	12,0	22,0	1,14	1,5
III	< 20 (15)	70	4,5	14,5	1,03	1,5

Таблица 3

Table 3

Шестиступенчатый режим № 20

Six-speed mode № 20

№ ступени Stage №	Средняя влажность древесины U_{cp} , % Average humidity of wood U_{sr} , %	Температура среды t_c , °C Medium temperature, t_s , °C	U_p , % U_r , %	U_n , % U_p , %	U_{cp} / U_n U_{sr} / U_p	Рекомендуемая U Recommended U
I	> 40 (50)	47	16,0	26,0	1,92	1,5
II	40–30 (35)	51	14,0	24,0	1,46	1,5
III	30–20 (25)	54	10,0	22,0	1,13	1,5
IV	20–15 (17,5)	57	8,0	18,0	0,97	1,5
V	15–10 (12,5)	60	6,5	16,5	0,76	1,5
VI	< 10 (8)	63	5,5	15,5	0,52	1,5

Таблица 4

Table 4

Восьмиступенчатый режим № 25

Eight-stage mode № 25

№ ступени Stage №	Средняя влажность древесины U_{cp} , % Average humidity of wood U_{sr} , %	Температура среды t_c , °C Medium temperature, t_s , °C	U_p , % U_r , %	U_n , % U_p , %	U_{cp} / U_n U_{sr} / U_p	Рекомендуемая U Recommended U
I	> 40 (50)	44	20,0	30,0	1,67	1,5
II	40–35 (37,5)	46	18,0	28,0	1,34	1,5
III	35–30 (32,5)	48	14,5	24,5	1,33	1,5
IV	30–25 (27,5)	50	13,0	23,0	1,20	1,5
V	25–20 (22,5)	52	11,0	21,0	1,07	1,5
VI	20–15 (17,5)	55	8,5	18,5	0,95	1,5
VII	15–10 (12,5)	57	7,0	17,0	0,74	1,5
VIII	< 10 (8)	60	5,5	15,5	0,52	1,5

Это свидетельствует о том, что в поверхностных слоях началась усушка, следовательно, появились внутренние напряжения. Очевидно, что данные напряжения будут выше в случае применения шестиступенчатых режимов, ибо для них U_{cp} / U_n существенно превышает рекомендованное значение U . Таким образом, есть возможность возникновения внутренних напряжений недопустимо большой величины;

б) совершенно другая картина наблюдается при применении восьмиступенчатых режимов. На I ступени влажность поверхности только достигает предела гигроскопичности и усушки нет в поверхностных слоях, что исключает развитие внутренних напряжений. Поэтому даже то, что

U_{cp} / U_n несколько больше рекомендованного, не понижает эффективность режима сушки.

Выводы

1. Экспресс-метод оценки эффективности режимов сушки пиломатериалов твердолиственных пород можно рекомендовать для практического использования.

2. Наибольшую эффективность сушки дуба по критерию U показал восьмиступенчатый нормативный режим № 25 (РТМ 1951 г.).

3. Возможно применение метода для оценки эффективности режимов сушки любых пород древесины, но, вероятно, с меньшей результативностью.

Список источников

- Гороховский А. Г. Технология сушки пиломатериалов на основе моделирования и оптимизации процессов тепломассопереноса в древесине : дис.... д-ра техн. наук : 05.21.05 / Гороховский Александр Григорьевич. Екатеринбург, 2008. 263 с.
- Гороховский А. Г., Шишкина Е. Е. Эффективность и качество сушки пиломатериалов : моногр. М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. 186 с.
- Лангендорф Г., Айхлер Х. Облагораживание древесины. М. : Лесн. пром-сть, 1982. 143 с.
- Савина В. В. Повышение эффективности и качества сушки пиломатериалов твердолиственных пород : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.05 / Савина Виктория Викторовна. Екатеринбург, 2021. 140 с.
- Phonetip K., Ozarska B., Brodie G. Comparing Two Internal Cheek Measurement Methods for Wood Drying Quality Assessment. European Journal of Wood and Wood Products, 2017. Vol. 75. Iss. 1. P. 139–142. DOI: 10.1007/S00107-016-1115-1

References

- Gorokhovsky A. G. Technology of drying lumber based on modeling and optimization of heat and mass transfer processes in wood : dis. ... Doctor of Technical Sciences : 05.21.05 / Gorokhovsky Alexander Grigorievich. Yekaterinburg, 2008. 263 p.
- Gorokhovsky A. G., Shishkina E. E. Efficiency and quality of lumber drying : monograph. Moscow ; Vologda : Infra-Engineering, 2020. 186 p.
- Langendorf G., Eichler H. Ennobling of wood. M. : Forestry industry, 1982. 143 p.
- Savina V. V. Improving the efficiency and quality of drying of hardwood lumber : dis. ... Candidate of Technical Sciences : 05.21.05 / Savina Victoria Viktorovna. Yekaterinburg, 2021. 140 p.
- Phonetip K., Ozarska B., Brodie G. Comparing Two Internal Cheek Measurement Methods for Wood Drying Quality Assessment. European Journal of Wood and Wood Products, 2017. Vol. 75. Iss. 1. P. 139–142. DOI: 10.1007/S00107-016-1115-1

Информация об авторах

А. Г. Гороховский – доктор технических наук, профессор,
gorokhovskyag@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8847-8217>;

Е. Е. Шишкина – доктор технических наук, профессор,
shishkinaee@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2584-4897>;

А. С. Агафонов – аспирант,
agafonovas@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0955-9068>;

П. А. Бекк – аспирант,
bekkpa@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0803-9124>;

Т. С. Овчинникова – преподаватель,
tatyanaovchinkova79@mail.ru.

Information about the authors

A. G. Gorokhovsky – Doctor of Technical Sciences, Professor,
gorokhovskyag@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8847-8217>;

E. E. Shishkina – Doctor of Technical Sciences, Professor,
shishkinaee@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2584-4897>;

A. S. Agafonov – postgraduate student,
agafonovas@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0955-9068>;

P. A. Bekk – postgraduate student,
bekkpa@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0803-9124>;

T. S. Ovchinnikova – lecturer,
tatyanaovchinkova79@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 10.03.2023; принята к публикации 24.04.2023.

The article was submitted 10.03.2023; accepted for publication 24.04.2023.
