

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 Н. В. Селезневой

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

Подписано в печать 10.11.2021.
Дата выхода в свет 17.11.2021.
Формат 60×84/8. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 7,5. Усл. печ. л. 9,3.
Тираж 100 экз. (1-й завод 36 экз.). Заказ № 7223.

Учредитель: ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
Тел.: 8(343) 254-65-06

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», 2021

К сведению авторов

Внимание! Редакция принимает только те материалы,
которые полностью соответствуют обозначенным ниже требованиям.
Недоукомплектованный пакет материалов не рассматривается.
Плата за публикацию рукописей не взимается.

1. Статьи должны содержать результаты научных исследований, которые
можно использовать в практической работе специалистов лесного хозяйства, ле-
сопромышленного комплекса и смежных с ними отраслей (экономики и органи-
зации лесопользования, лесного машиностроения, охраны окружающей среды и экологии),
либо 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 должно быть информативным. В заглавии можно исполь-
зовать только общепринятые сокращения. Все буквы прописные, полужирное
начертание (выравнивание по центру, без абзацного отступа).

Сведения об авторах: фамилия, имя, отчество (полужирное начертание),
ученая степень, звание; место работы (официальное название организации и
почтовый адрес обязательно); электронный адрес, телефон (выравнивание по
правому краю).

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

Аннотация (резюме) должна соответствовать требованиям ГОСТ 7.9-95
«Реферат и аннотация. Общие требования». Она должна быть:

- информативной (не содержать общих слов);
 - оригинальной;
 - содержательной (отражать основную суть статьи и результаты исследова-
ний);
 - структурированной (следовать логике описания результатов в статье);
 - объемом 200–250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами.
- Аннотация включает следующие аспекты содержания статьи:
- предмет, цель работы;
 - метод или методологию проведения работы;
 - результаты работы;
 - область применения результатов;
 - выводы.

Далее следует на английском языке заглавие статьи, сведения об авторах,
ключевые слова, аннотация (резюме).

В тексте статьи необходимо выделить заголовки разделов «Введение»,
«Цель, задача, методика и объекты исследования», «Результаты исследования
и их обсуждение», «Выводы», «Библиографический список».

Ссылки на литературу, используемую в тексте, обозначаются в квадратных
скобках, нумерация сквозная, возрастает с единицы по мере упоминания источ-
ников.

Линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы. Таблицы
представляются в формате Word, формулы – в стандартном редакторе формул
Word, структурные химические – в ISIS / Dgaw или сканированные, диаграммы –
в Excel. Иллюстрации представляются в электронном виде в стандартном редак-
торе 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 ко-
торые 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 табли-
цы и иллюстрации на русском языке, затем на английском.

Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008
(на русском и английском языках).

3. На каждую статью требуется одна внешняя рецензия. Перед публикацией
редакция вправе направлять материалы на дополнительное рецензирование в ве-
дущие НИИ соответствующего профиля по всей России. Внимание! Рецензентом
может выступать только доктор наук или член Академии наук!

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

5. Авторы представляют в редакцию журнала:

- статью в печатном и электронном виде (формат DOC или RTF) в одном
экземпляре, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного ли-
ста, подписанную на обороте последнего листа всеми авторами, с указа-
нием даты сдачи материала. Материалы, присланные в полном объеме по
электронной почте, дублировать на бумажных носителях не обязательно.
Адрес электронной почты – 9502011169@mail.ru (Бачурина Анна Влади-
мировна);
 - иллюстрации к статье (при наличии);
 - рецензию;
 - авторскую справку или экспертное заключение;
 - согласие на публикацию статьи и персональных данных.
6. Фотографии авторов не требуются.

Содержание

Залесов С. В., Фомин В. В., Платонов Е. П., Годовалов Г. А., Башегуров К. А., Сураев П. Н. Полигон «Урал-Карбон» (Северка)	4
Цепордей И. С., Усольцев В. А. О проблематике квалиметрических исследований биомассы лесов Евразии	15
Бабакова О. М., Безгина Ю. Н., Лантева А. В. Экономическая эффективность выборочных рубок	25
Суслов А. В., Скаринов В. П. Истощительный характер лесопользования на арендованном участке Ирбитского лесничества	30
Носов А. А., Данчева А. В. Особенности естественного лесовозобновления гари Урайского лесничества ХМАО	38
Воробьева М. В., Бунькова Н. П., Сураев П. Н., Фефелова И. А. Виды короедов рода Ips, представляющие опасность для российских лесов	48
Мехренцев А. В., Уразова А. Ф., Крысанов С. М. Исследование применения моторных пил с электроприводом в технологическом процессе интенсивного ведения лесного хозяйства	55
Захарова А. А., Мальцев Г. И. Исследование стабильности бетулина методом определения электрокинетического потенциала	63
Гиндулин И. К., Юрченко В. В., Ложнева А. П. Исследование термодинамических характеристик извлечения ионов меди из водных растворов с применением активного угля	68
Жидких М. В., Меньшиков Б. Е. Обоснование выбора модели процессора для колки дров в различных лесозаготовительных регионах Российской Федерации	74

Content

Zalesov S. V., Fomin V. V., Platonov E. P., Godovalov G. A., Bashegurov K. A., Suraev P. N. Polygon «Ural-carbon» (Severka)	5
Tsepordey I. S., Usoltsev V. A. On the problems of studying forest biomass qualimetry in Eurasia	16
Babakova O. M., Bezgina Yu. N., Lapteva A. V. Economic efficiency of shelterwood felling	26
Suslov A. V., Skparinov V. P. Depletion character of forest management in the leased land of the Irbit forestry	30
Nosov A. A., Dancheva A. V. Features of reforestation of burned areas in the Uraisk forestry department of the Khanty-Mansi Autonomous Area	38
Vorobyeva M. V., Bunkova N. P., Suraev P. N., Fefelova I. A. Bark beetle species of Ips genus posing a threat to Russian forests	48
Mehrentsev A. V., Urazova A. F., Krysanov S. M. Investigation of the use of motor saws with an electric drive in the technological process of intensive forestry	56
Zakharova A. A., Maltsev G. I. Study of betulin stability by electrokinetic potential determination	63
Gindullin I. K., Yurchenko V. V., Lezhneva A. P. Investigation of the thermodynamic characteristics of the extraction of copper ions from aqueous solutions using activated carbon	68
Zhidkikh M. V., Menshikov B. Ye. Justification of the choice of the processor four fuel wood model for different forest regions of the Russian federation	74

Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3. С. 4–14.

Forests of Russia and economy in them. 2021. № 3. P. 4–14.

Научная статья

УДК 551.510:504.064(470.5)

doi: 10.51318/FRET.2021.89.34.001

ПОЛИГОН «УРАЛ-КАРБОН» (СЕВЕРКА)

Сергей Вениаминович Залесов¹, Валерий Владимирович Фомин²,
Евгений Петрович Платонов³, Геннадий Александрович Годовалов⁴,
Константин Андреевич Башегуров⁵, Пётр Николаевич Сураев⁶

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

¹ zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>

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

³ platonovep@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8502-1350>

⁴ godovalov1952@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2309-2302>

⁵ bashegurovka@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9050-8902>

⁶ spn555@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7842-9219>

Аннотация. На основе баз данных лесорастительных материалов проанализированы таксационные показатели насаждений, произрастающих на территории карбонового научно-исследовательского полигона, расположенного в Уральском учебно-опытном лесхозе (УУОЛ) Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ). Отмечается, что основными лесными формациями на полигоне являются сосняки и березняки. Доля насаждений с доминированием в составе древостоев других пород-лесообразователей невелика. Помимо сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.), другие виды произрастают, как правило, в примеси с указанными. Среди древостоев преобладают среднеполнотные спелые и перестойные насаждения. Большинство древостоев характеризуется относительно высокими классами бонитета. Насаждения, произрастающие на территории полигона, относятся к 13 типам леса, что свидетельствует о разнообразии лесорастительных условий. В целом можно отметить, что видовое разнообразие древесных пород и лесорастительных условий на карбоновом научно-исследовательском полигоне УУОЛ УГЛТУ обеспечивает возможность изучения широкого спектра вопросов депонирования углерода лесными экосистемами в условиях подзоны южной тайги Урала.

Ключевые слова: изменение климата, парниковые газы, депонирование углерода, фотосинтез, карбоновый научно-исследовательский полигон, подзона южной тайги.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках госбюджетной темы «FEUZ-2021-0014».

Scientific article

POLYGON «URAL-CARBON» (SEVERKA)

**Sergey Veniaminovich Zalesov¹, Valery Vladimirovich Fomin²,
Evgeny Petrovich Platonov³, Gennady Alexandrovich Godovalov⁴,
Konstantin Andreevich Bashegurov⁵, Peter Nikolaevich Suraev⁶**

^{1,2,3,4,5,6} Ural state forestry engineering university, Yekaterinburg, Russia

¹ zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>

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

³ platonovpe@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8502-1350>

⁴ godovalov1952@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2309-2302>

⁵ bashegurovka@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9050-8902>

⁶ spn555@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7842-9219>

Abstract. The taxation indicators of plantations growing on the territory of the carbonic research polygon located in the Ural educational experimental forest enterorize (UEEF) of the Ural State Forest Engineering University were analyzed on the base of the forestry materials database. It is noted that the main forest formations on the polygons are pine and birch forest stands. The share of stands with other species of forest formers dominating in composition of forest stands is small. In addition to scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and silver birch (*Betula pendula* Roth.), other species usually grow in admixtures with the specified. Among the stands mature and over mature stands of average density prevails. Most of the stands are characterized by relatively high bonitet classes. Plantations growing on the territory of the polygon belong to 13 types of forest, which indicates a variety of forest growing conditions. In general, it can be noted that the species diversity of tree species and forest growing conditions at the carboniferous research sity (UEEF) provides an opportunity to study a wide range of problems of carbon depositing forest ecosystems in conditions of the Southern Taiga subzone in the Urals.

Keywords: changing of the climate, greenhouse gases, carbon depositing, photo synthesis, carbon research polygon, subzone of the southern taiga.

Введение

Наблюдающиеся изменения климата приводят к стихийным бедствиям, создавая реальную угрозу жизни и здоровью людей. Одной из причин изменения климата является нерациональное использование природных ресурсов, что приводит к увеличению доли парниковых газов в составе атмосферного воздуха. В то же время углекислый газ – один из наиболее представленных парниковых газов – активно поглощается зелеными растениями в процессе фотосинтеза. При этом большинство лесоводственных мероприятий

преследуют цель увеличения концентрации углекислого газа в кронах деревьев для ускорения процессов фотосинтеза и, как следствие этого, повышения продуктивности лесов [1, 2].

В научной литературе последних лет все чаще звучит предложение о необходимости использования зеленых насаждений для депонирования углекислого газа в клетках растений в виде органического вещества. Однако при кажущейся простоте вопроса о положительном влиянии древесных растений на сокращение доли углекислого газа в составе атмосферного воздуха ответ не

так прост. Последнее объясняется тем, что наряду с процессом фотосинтеза в лесных экосистемах протекает процесс дыхания растений, при котором выделяется углекислый газ. Кроме того, происходит разложение растительного опада и лесной подстилки, т. е. окисления, что так же обуславливает выделение в атмосферу углекислого газа.

Лесные насаждения – это, как правило, многокомпонентные сообщества. При этом каждый из компонентов включает различное количество видов, по-разному участвующих в накоплении и разложении органической массы,

т. е. в депонировании углерода. Указанное свидетельствует о необходимости проведения комплексных исследований по установлению количественных показателей депонирования углерода лесными экосистемами с деревьями различного состава, возраста и строения.

Проведение исследований в рамках лесоклиматических проектов возможно прежде всего на научных полигонах с привлечением специалистов различных направлений. Подобный полигон в 2021 г. был создан на территории Уральского учебно-опытного лесхоза (УУОЛ) Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ) в районе ст. Северка в 30 км от г. Екатеринбурга.

Цель, объекты

и методика исследований

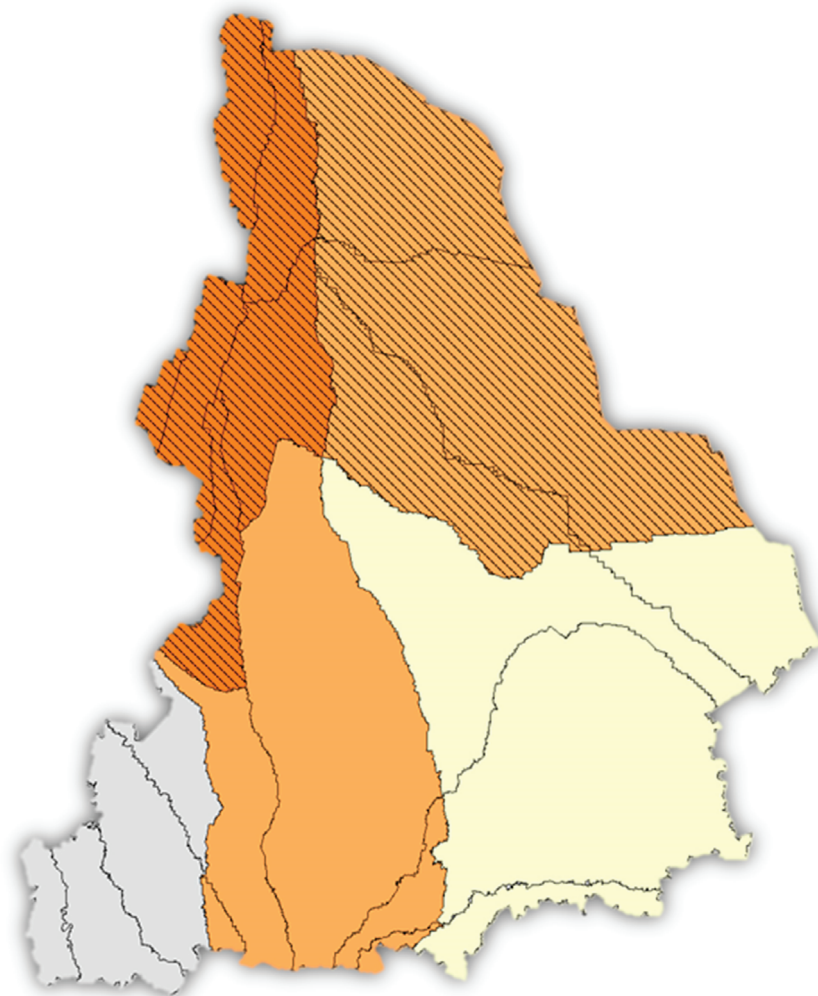
Целью наших исследований являлся анализ таксационных показателей насаждений, произрастающих в границах карбонового научно-исследовательского полигона УГЛТУ «Урал – Карбон» (Северка).

В основу исследований положен метод анализа баз данных лесоустроительных материалов с использованием специальных программ, обеспечивающих сортировку лесотаксационных выделов по заданным показателям [3, 4].

Объектом исследований служили насаждения, произрастающие на территории карбонового полигона УГЛТУ. Территория полигона, как и УУОЛ УГЛТУ, согласно схеме лесорастительно-

го районирования Б. П. Колесникова с соавторами [5], относится к южно-таежному округу Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области. В соответствии с действующими нормативными документами карбоновый полигон УГЛТУ входит в Средне-Уральский таежный лесной район [6]. В то же время вытянутая с запа-

да на восток форма указанного лесного района обуславливает разнообразие лесорастительных условий и, как следствие этого, различие в таксационных показателях насаждений. Г. А. Годовалов с соавторами [7, 8] предложили разделить Средне-Уральский таежный лесной район на три подрайона, что обеспечивает большую объективность при ведении лесного хозяйства (рис. 1).






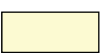
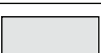
Северо-Уральский таежный район	Средне-Уральский таежный район
 горный подрайон	 горный подрайон
 Западно-Сибирский равнинный подрайон	 Западно-Сибирский равнинный подрайон
	 Восточно-Европейский равнинный подрайон

Рис. 1. Лесные районы на территории Свердловской области [8]

Fig. 1. Forest areas on the territory of the Sverdlovsk region [8]

Средне-Уральский таежный лесной район включает часть территории Предуралья, непосредственно Уральские горы и Зауралье. Несмотря на то, что Средний Урал характеризуется минимальными по сравнению с Северным и Южным Уралом высотами, Уральские горы в значительной степени ограничивают перенос воздушных масс с запада, что не может не сказаться на распределении осадков. Последнее проявляется и

в распределении древесной растительности. Если Предуралье характеризуется доминированием еловых насаждений, то в Зауралье абсолютно доминируют сосняки.

Согласно схеме лесных районов Свердловской области, предложенной Г. А. Годоваловым с соавторами [8], территория карбонового полигона УГЛТУ относится к горному подрайону Средне-Уральского таежного лесного района.

Результаты и обсуждение

Как показали выполненные исследования, общая площадь карбонового научно-исследовательского полигона УГЛТУ составляет 457,0 га (рис. 2). При этом на долю земель, покрытых лесной растительностью, приходится 408,7 га, или 89,4 % от общей площади полигона (табл. 1).

Не покрытые лесной растительностью земли представлены вырубками и несомкнувшимися

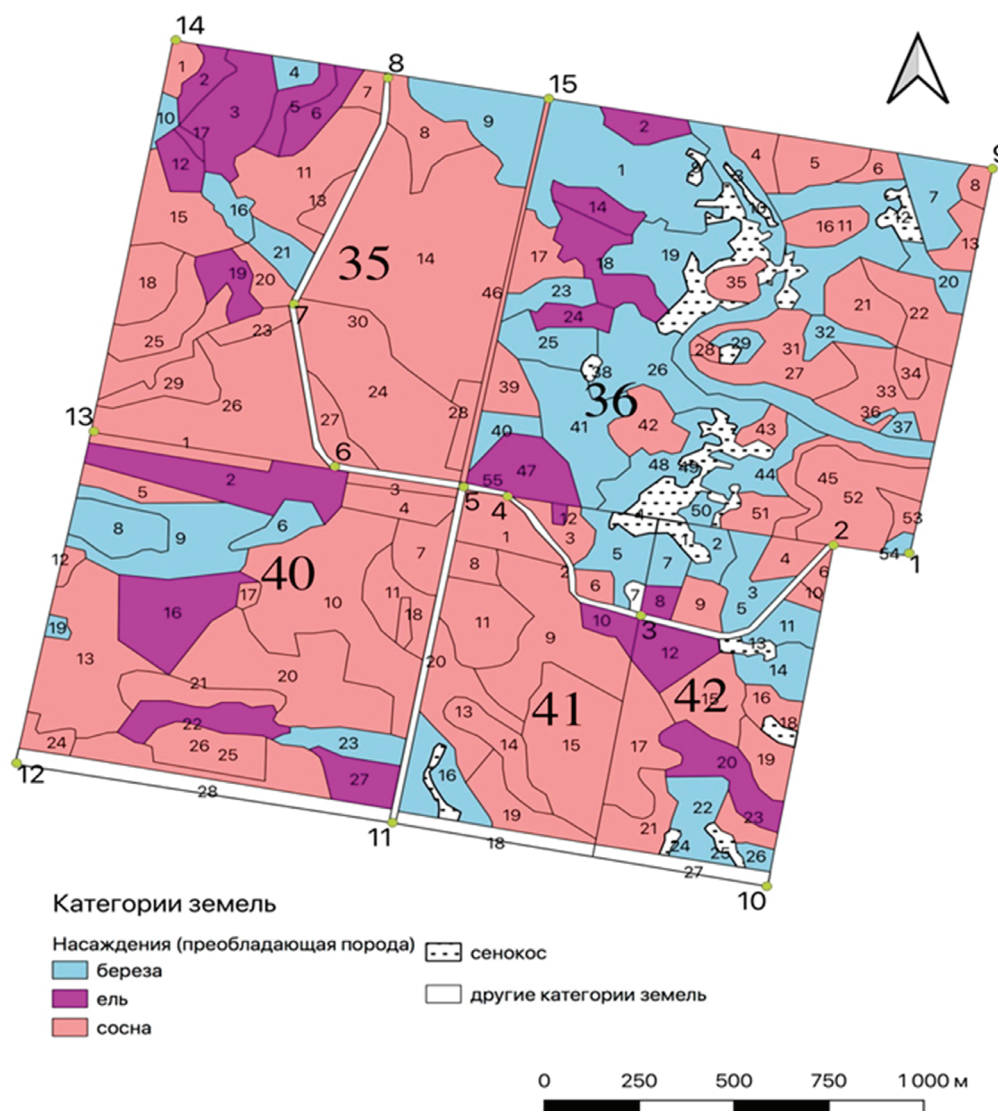


Рис. 2. Картограмма карбонового полигона «Урал-Карбон» (Северка) УУОЛ УГЛТУ Северское участковое лесничество
 Fig. 2. Schematic map of the carbonic polygon «Ural-Carbon» (Severka) UUOL UGLTU Severkskoye uchastkovoye lesnichestvo

Таблица 1

Table 1

Распределение площади карбонового научно-исследовательского полигона УГЛТУ
по категориям земель

Distribution of the area of the UGFTU carbon research polygon by land categories

Категория земель land category	Площадь square	
	га ha	% %
Общая площадь земель лесного фонда Total area of forest land	457,0	100,0
Лесные земли – всего Forest lands – total	422,9	92,5
Покрытые лесом – всего Covered with forest – total	408,7	89,4
В том числе лесные культуры Including forest crops	15,9	3,5
Не покрытые лесом – всего Not covered with forest – total	14,2	3,1
В том числе: несомкнувшиеся лесные культуры Including: unclosed forest cultures	13,8	3,0
Фонд лесовосстановления – всего Reforestation Fund – total	0,4	0,1
в том числе: вырубки including: felling	0,4	0,1
Нелесные земли – всего Non-forest land – total	34,1	7,5
в том числе: сенокосы including: hayfields	14,1	3,1
воды water	0,4	0,1
дороги, просеки roads, glades	9	2,0
Разрывы противопожарные Fire breaks	1,9	0,4
Прочие земли Other lands	8,7	1,9

лесными культурами, а нелесные земли – сенокосами, дорогами, просеками, противопожарными разрывами. При этом доля нелесных земель в общей площади карбонового полигона составляет 7,5 %.

На полигоне произрастают как естественные, так и искусственные насаждения. Однако доля искусственных насаждений не превышает 3,5 %.

В покрытой лесной растительностью площади доминиру-

ют сосновые – 250,7 га (61,3 %) и березовые – 108,8 (26,6 %) насаждения (табл. 2). На долю ельников приходится 49,2 га (12,0 %).

Таблица 2

Table 2

Распределение покрытых лесной растительностью земель карбонового полигона УГЛТУ по преобладающим породам и классам возраста, га/%
Distribution of carboniferous forested lands polygon UGFTU by prevailing species and age classes, ha/%

Класс возраста Class age	Преобладающая порода древостоя Prevailing tree species			Итого Total
	Сосна Pine	Ель Spruce	Береза Birch	
1	$\frac{15,9}{6,3}$	$\frac{10,8}{22,0}$	$\frac{0,6}{0,6}$	$\frac{27,3}{6,7}$
2	$\frac{2,6}{1,0}$	$\frac{6,9}{14,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{9,5}{2,3}$
3	$\frac{18,6}{7,4}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{18,6}{4,6}$
4	$\frac{4,4}{1,8}$	$\frac{5,7}{11,6}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{10,1}{2,5}$
5	$\frac{36,9}{14,7}$	$\frac{3,8}{7,7}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{40,7}{10,0}$
6	$\frac{145,0}{10,7}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{19,9}{29,7}$	$\frac{164,9}{16,9}$
7	$\frac{26,9}{10,7}$	$\frac{9,8}{19,9}$	$\frac{32,3}{29,7}$	$\frac{69,0}{16,9}$
8	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{5,1}{10,4}$	$\frac{29,1}{26,7}$	$\frac{34,2}{8,4}$
9	$\frac{0,4}{0,2}$	$\frac{7,1}{14,4}$	$\frac{19,8}{18,2}$	$\frac{27,3}{6,7}$
10	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{6,4}{5,9}$	$\frac{6,4}{1,6}$
11	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,7}{0,6}$	$\frac{0,7}{0,2}$
Всего Total	$\frac{250,7}{100}$	$\frac{49,2}{100}$	$\frac{108,8}{100}$	$\frac{408,7}{100}$

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что если среди сосняков преобладают насаждения 6 класса возраста – 57,8 %, то среди березняков седьмого – 29,7 %. При этом возраст сосняков и ельников не превышает 9 класса, в то время

как имеют место березняки даже 11 класса возраста. Особо следует отметить, что на полигоне преобладают спелые насаждения при крайне незначительной доле молодняков и средневозрастных насаждений.

Несмотря на преобладание на территории полигона спелых насаждений, составляющие их древостои характеризуются относительно высокими классами бонитета (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Распределение насаждений, произрастающих на территории карбонового полигона УГЛТУ по классам бонитета, га/%
Distribution of plantations growing on the territory of the Carboniferous UGFTU landfill by bonitet classes, ha/%

Преобладающая порода древостоя Predominant tree species	Классы бонитета Bonitet classes							Итого Total
	I	II	III	IV	V	Va	Vб	
Сосна Pine	$\frac{3,1}{1,2}$	$\frac{145,5}{58,0}$	$\frac{88,2}{35,2}$	$\frac{3,0}{1,2}$	0,0	$\frac{7,8}{3,1}$	$\frac{3,1}{1,2}$	$\frac{250,7}{100,0}$
Ель Spruce	0,0	0,0	$\frac{43,7}{88,8}$	$\frac{3,3}{6,7}$	$\frac{2,2}{4,5}$	0,0	0,0	$\frac{49,2}{100,0}$
Береза Birch	0,0	$\frac{52,3}{48,1}$	$\frac{50,3}{46,2}$	$\frac{2,9}{2,7}$	$\frac{3,3}{3,0}$	0,0	0,0	$\frac{108,8}{100,0}$
Всего Total	$\frac{3,1}{0,8}$	$\frac{197,8}{48,4}$	$\frac{182,2}{44,6}$	$\frac{9,2}{2,3}$	$\frac{5,5}{1,3}$	$\frac{7,8}{1,9}$	$\frac{3,1}{0,8}$	$\frac{408,7}{100,0}$

Материалы табл. 3 свидетельствуют, что средний класс бонитета сосновых насаждений II, 5; еловых – III, 2; березовых – II, 6. Другими словами, все произрастающие на карбоновом полиго-

не насаждения характеризуются близкой производительностью. Доля насаждений низших классов бонитета (IV–Vб) не превышает 6,3 %.

Относительная полнота древостоев, произрастающих на полигоне, варьируется от 0,3 до 1,0 (табл. 4).

Таблица 4

Table 4

Распределение насаждений, произрастающих на территории карбонового полигона УГЛТУ, по группам относительной полноты, га/%
Distribution of plantations growing on the territory of the Carboniferous polygon UGFTU by groups of relative completeness, ha/%

Группа полноты Group completeness	Преобладающая порода древостоя Prevailing tree species			Итого Total
	Сосна Pine	Ель Spruce	Береза Birch	
1	2	3	4	5
0,3	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{3,0}{0,3}$	$\frac{3,0}{0,7}$
0,4	$\frac{2,2}{0,9}$	$\frac{0,3}{0,6}$	$\frac{1,8}{0,2}$	$\frac{4,3}{1,1}$
0,5	$\frac{11,3}{4,5}$	$\frac{7,0}{14,2}$	$\frac{9,0}{0,8}$	$\frac{27,3}{6,7}$
0,6	$\frac{70,5}{28,1}$	$\frac{14,6}{29,7}$	$\frac{12,7}{1,2}$	$\frac{97,8}{23,9}$

Окончание табл. 4
The end of table 4

1	2	3	4	5
0,7	$\frac{118,7}{47,3}$	$\frac{21,2}{43,1}$	$\frac{46,8}{4,3}$	$\frac{186,7}{45,7}$
0,8	$\frac{24,4}{9,7}$	$\frac{2,1}{4,3}$	$\frac{35,3}{3,3}$	$\frac{62,0}{15,2}$
0,9	$\frac{16,6}{6,6}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{16,6}{4,1}$
1,0	$\frac{7,0}{2,8}$	$\frac{4,0}{8,1}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{11,0}{2,7}$
Всего Total	$\frac{250,7}{100}$	$\frac{49,2}{100,0}$	$\frac{108,8}{100}$	$\frac{408,7}{100}$

Анализируя материалы табл. 4, можно отметить, что на полигоне произрастают преимущественно среднеполнотные насаждения. На низкополнотные древостои (0,3–0,5) приходится 8,4 %, на

среднеполнотные (0,6–0,7) – 69,6 % и на высокополнотные (0,8–1,0) – 22,0 %.

Различия в относительной полноте древостоев и в производительности во многом опре-

деляются условиями произрастания. Выполненный анализ показал, что на территории полигона произрастают насаждения 12 типов леса (табл. 5).

Таблица 5
Table 5

Распределение насаждений, произрастающих на территории карбонового полигона УГЛТУ, по типам леса, га/%
Distribution of plantations growing on the territory of the Carboniferous polygon UGFTU by forest types, ha/%

Тип леса* Forest type *	Преобладающая порода древостоя Prevailing tree species			Итого Total
	Сосна Pine	Ель Spruce	Береза Birch	
1	2	3	4	5
БОСФ	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{2,2}{2,0}$	$\frac{2,2}{0,5}$
ЕМШ	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{9,1}{18,5}$	$\frac{0,9}{0,8}$	$\frac{10,0}{2,4}$
ЕСЗЯГ	$\frac{40,1}{16,0}$	$\frac{6,4}{13,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{46,5}{11,4}$
ЕСТР	$\frac{6,5}{2,6}$	$\frac{13,1}{26,6}$	$\frac{38,2}{35,1}$	$\frac{57,8}{14,1}$
ЕТЗМ	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{1,7}{3,5}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{1,7}{0,4}$
СЕВТР	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{9,9}{9,1}$	$\frac{9,9}{2,4}$
СЕОСФ	$\frac{2,6}{1,0}$	$\frac{5,5}{11,2}$	$\frac{3,3}{3,0}$	$\frac{11,4}{2,8}$

Окончание табл. 5

The end of table 5

1	2	3	4	5
СКСФ	$\frac{10,9}{4,3}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{10,9}{2,7}$
СЛБР	$\frac{0,4}{0,2}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,4}{0,1}$
СРТР	$\frac{3,5}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{23,0}{0,0}$	$\frac{26,5}{0,0}$
СТЛП	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{3,0}{2,8}$	$\frac{3,0}{0,7}$
СЯГ	$\frac{186,7}{74,5}$	$\frac{13,4}{27,2}$	$\frac{28,3}{26,0}$	$\frac{228,4}{55,9}$
Всего	$\frac{250,7}{100,0}$	$\frac{49,2}{100,0}$	$\frac{108,8}{100,0}$	$\frac{408,7}{100,0}$

*БОСФ – березняк осоково-сфагновый; ЕМШ – ельник мшистый; ЕСЗЯГ – ельник-сосняк зеленомошно-ягодниковый; ЕСТР – ельник-сосняк травяной; ЕТЗМ – ельник травяно-зеленомошный; СЕВТР – сосняк-ельник вейниково-травяной; СЕОСФ – сосняк-ельник осоково-сфагновый; СКСФ – сосняк кустарничково-сфагновый; СЛБР – сосняк лишайниково-брусничный; СРТР – сосняк разнотравный; СТЛП – сосняк травяно-липняковый; СЯГ – сосняк ягодниковый.

Материалы табл. 5 свидетельствуют, что в покрытой лесной растительностью площади доминируют насаждения сосняка ягодникового. Последние представлены как коренными сосняками 186,7 га (48,7 %), так и производными березняками – 28,3 га (6,9 %) и ельниками – 13,4 га (3,3 %).

Значительно меньшая площадь приходится на насаждения ельника-сосняка травяного (57,8 га) и на насаждения ельника-сосняка зеленомошно-ягодникового (46,5 га). В данных типах леса коренными породами являются ель и сосна, на насаждения с преобладанием которых в составе древостоя приходится 4,8 и 11,4 % соответственно.

В результате непродуманных лесоводственных мероприятий в ряде случаев на полигоне произошла нежелательная смена

коренных хвойных насаждений на производные мягколиственные. Наиболее интенсивно нежелательная смена пород происходили в сосняке-ельнике вейниково-травяном, где на долю производных березняков приходится 100 %, и в сосняке разнотравном, где на долю производных березняков приходится 23,0 га (86,8 %) площади, занятой данным типом леса.

В целом можно констатировать, что территория карбонового научно-исследовательского полигона УГЛТУ характеризуется значительным разнообразием лесорастительных условий, что позволяет планировать широкомасштабные комплексные исследования по изучению возможности депонирования углерода лесными насаждениями различного состава, возраста и типа леса.

Выводы

1. При общей площади карбонового научно-исследовательского полигона УГЛТУ 457,0 га на долю покрытых лесной растительностью земель приходится 89,4, не покрытых – 3,1 и нелесных земель – 7,5 %.

2. На долю сосняков в покрытой лесной растительностью площади приходится 61,3, березняков – 26,6, ельников – 12,1 %.

3. Средний класс бонитета сосняков II, 5, ельников – III, 2, березняков – II, 6.

4. Среди сосняков преобладают насаждения 6 класса возраста – 145,0 га (10,7 %), а среди березняков 7 – 32,3 га (29,7 %).

5. На полигоне преобладают среднеполнотные насаждения. Доля насаждений с относительной полнотой 0,6–0,7 составляет 69,6 %.

6. Территория полигона характеризуется значительным разнообразием лесорастительных условий, что подтверждается наличием насаждений 12 типов леса. При этом на полигоне имеют место как коренные хвойные типы леса, так и производные мягколиственные.

7. Многообразие типов леса и доминирующих в южной подзоне тайги лесных формаций обуславливают возможность изучения широкого спектра вопросов по депонированию углерода лесными формациями.

Список источников

1. Луганский Н. А., Залесов С. В., Луганский В.Н. Лесоведение. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 432 с.
2. Залесов С. В. Лесоводство. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2020. 295 с.
3. Чермных А. И., Оплетев А. С., Залесов С. В. Анализ таксационных баз данных с помощью SQZ-запросов в программе MAPINFO // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы IX Всероссийской научно-технической конференции. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. Ч. 1. С. 130–131.
4. Чермных А. И., Оплетев А. С. Анализ поведельной геобазы с использованием SQZ-запросов для определения статистически достоверной информации на примере ГИС MAPINFO // Леса России и хоз-во в них. 2013. № 1 (44). С. 53–54.
5. Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области : практическое руководство. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1973. 177 с.
6. Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации : утв. приказом Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420224339>
7. Годовалов Г. А., Залесов С. В., Лежнина Е. Н. Районирование лесов Свердловской области // Аграрн. вестник Урала. 2011. № 8 (87). С. 35–36.
8. К вопросу о необходимости уточнения перечня лесных районов Свердловской области / Г. А. Годовалов, С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. С. Чермных // Леса России и хоз-во в них. 2016. № 3 (58). С. 12–19.

References

1. Lugansky N. A., Zalesov S. V., Lugansky V. N. Forestry. Yekaterinburg : Ural. state forestry engineering un-t, 2010. 432 p.
2. Zalesov S. V. Forestry. Yekaterinburg : Ural. state forestry engineering un-t. 2020. 295 p.
3. Chermnykh A. I., Opletaev A. S., Zalesov S. V. Analysis of taxation databases using SQZ-queries in the MAPINFO program // Scientific creativity of youth – the forestry complex of Russia : materials of the IX All-Russian Scientific and Technical Conference. Yekaterinburg : Ural. state forestry engineering. un-t, 2013. Part 1. P. 130–131.
4. Chermnykh A. I., Opletaev A. S. Analysis of a pop-up geobase using SQZ-queries to determine statistically reliable information on the example of GIS MAPINFO // Forests of Russia and the economy in them. 2013. No. 1 (44). S. 53–54.
5. Kolesnikov B. P., Zubareva R. S., Smolonogov E. P. Forest growing conditions and types of forests in the Sverdlovsk region : practical guidance. Sverdlovsk : UNTs AN SSSR, 1973. 177 p.
6. On approval of the List of forest growing zones of the Russian Federation and the list of forest regions of the Russian Federation : approved. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 18.08.2014 No. 367.

7. Godovalov G. A., Zalesov S. V., Lezhnina E. N. Zoning of forests in the Sverdlovsk region // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 8 (87). P. 35–36.

8. To the question of the need to clarify the list of forest areas of the Sverdlovsk region / G. A. Godovalov, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. S. Chermnykh // Forests of Russia and the economy in them. 2016. No. 3 (58). P. 12–19.

Информация об авторах

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

В. В. Фомин – доктор биологических наук, доцент;

Е. П. Платонов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Г. А. Годовалов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

К. А. Башегуров – аспирант;

П. Н. Сураев – аспирант.

Information about the authors

S. V. Zalesov – doctor of agricultural sciences, professor;

V. V. Fomin – doctor of biological sciences, associate professor;

E. P. Platonov – candidate of agricultural sciences, associate professor;

G. A. Godovalov – candidate of agricultural sciences, associate professor;

K. A. Bashegurov – postgraduate student;

P. N. Suraev – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 06.09.2021; принята к публикации 10.09.2021.

The article was submitted 06.09.2021; accepted for publication 10.09.2021.

Рецензент: Кожевников А.П., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ науки «Ботанический сад» УрО РАН.

Reviewer: Kozhevnikov A.P., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Science «Botanical Garden», Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3. С. 15–24.

Forests of Russia and economy in them. 2021. № 3. P. 15–24.

Аналитический обзор

УДК 630*52:630*174.754+303.732

doi: 10.51318/FRET.2021.30.50.002

О ПРОБЛЕМАТИКЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОМАССЫ ЛЕСОВ ЕВРАЗИИ

Иван Степанович Цепордей¹, Владимир Андреевич Усольцев²

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

² Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>

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

Аннотация. Нарастающие катастрофические сценарии последствий глобального потепления определяют актуальность оценки углероддепонирующей способности планетарной растительности. Поэтому исследование структуры и квалиметрии биомассы древесных и кустарниковых растений имеет важное значение. Проанализировано несколько методов неразрушающего контроля древесины, каждый из которых имеет свои ограничения, и представленный краткий их анализ может способствовать выбору варианта, наиболее пригодного для того или иного метода неразрушающего контроля. Дан анализ состояния проблемы квалиметрической оценки фитомассы деревьев как сырья в промышленном производстве, так и в селекционных программах. Показаны возможности квалиметрической оценки древесины путем лазерного зондирования. Бортовое и наземное лазерное сканирование дает с высокой точностью характеристики структуры дерева и древостоя, которые связаны с плотностью древесины. Разработка картографических продуктов по географическим градиентам в сочетании с возможностями дистанционного зондирования локальных структурных показателей древостоев обеспечивает поддержку мелкомасштабного картографирования плотности древесины. Дана характеристика впервые составленной базы данных о квалиметрии биомассы лесообразующих пород центральной Евразии и показаны перспективы ее использования.

Ключевые слова: неразрушающий контроль качества древесины, плотность древесины, трахеидная структура, угол микроволокон, регрессионный анализ, лазерное зондирование.

Analytical review

ON THE PROBLEMS OF STUDYING FOREST BIOMASS QUALIMETRY IN EURASIA

Ivan S. Tsepordey¹, Vladimir A. Usoltsev²^{1,2} Botanical Garden of Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia,² Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia,¹ ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/>² Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/>

Abstract: The increasing catastrophic scenarios of the consequences of global warming determine the relevance of the assessment of the carbon-depositing ability of planetary vegetation. Therefore, the study of the structure and qualimetry of the biomass of woody and shrubby plants is important. Several methods of non-destructive testing of wood are analyzed, each of which has its own limitations, and the presented brief analysis of them can contribute to the choice of the option most suitable for a particular method of non-destructive testing. The analysis of the state of the problem of the qualimetric assessment of the tree phytomass as raw materials in industrial production and in breeding programs is given. The possibilities of qualimetric assessment of wood by laser sensing are shown. Airborne and ground-based laser scanning provides high-accuracy characteristics of the structure of the tree and the stand, which are related to the density of the wood. The development of cartographic products based on geographical gradients, combined with remote sensing capabilities of local structural indicators of stands, provides support for small-scale mapping of wood density. The characteristic of the first compiled database on the qualimetry of the biomass of forest-forming species of central Eurasia is given and the prospects for its use are shown.

Keywords: non-destructive control of wood quality, wood density, tracheal structure, angle of microfibrils, regression analysis, laser sensing

Введение

В исследованиях биологической продуктивности лесов и их реакции на изменение климата необходимо знание закономерностей динамики не только количественных, но и качественных характеристик, варьирующих с возрастом, экологическими и другими факторами. Количество публикаций по квалиметрии фитомассы лесов в последние годы неуклонно нарастает, совершенствуются методы и алгоритмы ее оценки, анализа и моделирования в географических градиентах. В условиях экспоненциально нарастающего объема информации необходимо вычленять и обосновывать перспективные направле-

ния, научные ориентиры-маяки, ускоряющие прогресс в той или иной области знаний при минимизации потерь от дублирования и следования тривиальной методологии проб и ошибок.

О методах неразрушающего контроля качества древесины

Прогнозируемые изменения климата, вызванные выбросами парниковых газов, изменяют ландшафтные и экологические условия, увеличивают нестабильность во многих экосистемах и повышают глобальную роль лесного покрова [1]. В условиях непрерывно возрастающей биосферной роли лесов становится всё более актуальной оцен-

ка их биологической продуктивности и углероддепонирующей способности. При изучении биологической продуктивности лесов и разработке нормативов учета всех компонентов биомассы необходимо знать закономерности динамики не только количественных, но и качественных их характеристик, изменяющихся с возрастом, экологическими и другими факторами. Это прежде всего плотность и влажность биомассы деревьев.

Для оптимального использования наших лесных ресурсов необходимы детальные знания об изменениях квалиметрических показателей лесной биомассы и их влиянии на стоимость

конечного продукта. Например, результаты исследования квалитметрии стволов тонкомерных древостоев сосны желтой в северных районах штата Аризона (США) позволили существенно повысить их потребительную стоимость [2]. Современные методики неразрушающей оценки открывают возможности для значительного углубления наших знаний о лесных ресурсах вплоть до их биоакустики, например «подслушивания» звуков, издаваемых короедами в поврежденных деревьях [3]. Однако любая техника имеет свои ограничения, и важно суметь выбрать технику, наиболее пригодную для того или иного применения [4].

Использование возрастного бурава для взятия кернов древесины у растущих деревьев получило развитие в Германии в середине XIX столетия [5]. Метод имел целью определение прироста ствола без его спиливания и получил широкое распространение в дендрохронологии [6, 7], а создание безвинтового бурава расширило возможности его применения [8]. Взятые керны часто используются для определения базисной плотности древесины. Однако они дают лишь локальные значения плотности, в то время как внутри ствола данного дерева можно наблюдать ее значительное варьирование [9]. На этом принципе, принципе механического внедрения того или иного тестера в древесину растущего ствола, и сегодня основаны некоторые методы неразрушающего контроля древесины.

Традиционные методы оценки качественных характеристик древесины растущего дерева, таких как её плотность, угол микроволокон целлюлозы и модули упругости и разрыва, являются наиболее важными механическими характеристиками древесины [10] и наиболее значимы при селекции деревьев, направленной на улучшение качества конечного продукта [11]. Однако традиционные измерения этих характеристик являются либо дорогостоящими, либо разрушающими объект, и необходима разработка методов быстрого сканирования растущих деревьев [12]. Прежние программы селекции древесных видов были ориентированы только на увеличение прироста и приводили к сокращению оборота рубки для плантационных культур. Такое снижение оборота рубки привело к тому, что деревья стали иметь повышенную долю ювенильной древесины, обладающей более низкой плотностью, более высокий углом микроволокон и более низким модулем упругости, что привело к снижению стоимости конечных продуктов [13].

К неразрушающим относится пиллодин-метод [14] как один из наиболее простых и доступных. Он востребован в селекционных программах, однако отбор по показателю плотности, получаемому пиллодин-тестером, оказался эффективным не для всех древесных видов, а изменчивость плотности, объясняемая этим методом, варьирует в диапазоне от 27 до 92 %. Квалитметрия методом сопротивления бурению

древесины на базе резистографа [15], как более чувствительного прибора по сравнению с пиллодин-тестером, также нашла широкое применение в селекционных программах, но оба метода основаны на локальном зондировании, и его экстраполяция на всё дерево дает смещение оценок. Применение ригидометр-конструкции [16] лишено недостатка, присущего двум вышеупомянутым методам. Однако метод оказался слишком трудоемким и исключаяющим возможность выполнения множественных замеров при реализации селекционных программ [17].

Акустический метод оценки плотности древесины и модуля упругости [18] является чувствительным к наличию пороков древесины и позволяет снять противоречие двух целевых установок селекции, направленных одновременно на повышение скорости роста и плотности древесины. Радиационные методы [19] успешно регистрируют внутрикольцевую плотность, но требуют применения дорогого оборудования. Преимущество технологии ближнего инфракрасного спектра [4] перед всеми остальными методами состоит в возможности оценивать химию древесины и выход целлюлозы, но она не дает прямой оценки и требует специальной калибровки. Измерение биопотенциалов растений является важной характеристикой их физиологического состояния, а биотоки растений и любой органической массы составляют основу микробных топливных

элементов, сочетающих получение электроэнергии и очистку субстратов от загрязнений [20].

Таким образом, любая техника имеет свои ограничения, и представленный краткий её анализ может способствовать выбору варианта, наиболее пригодного для того или иного метода неразрушающего контроля.

Состояние проблемы

квалиметрических исследований биомассы лесов

В основу лесной таксации как науки первоначально была заложена стереометрическая парадигма оценки объема ствола как тела вращения линии сбега вокруг его оси. С переходом к весовой оценке биологической продуктивности и углероддепонирующей способности лесов содержание квалиметрических характеристик изменилось: наряду с оценкой сучковатости, наличия гнили, кривизны и свилеватости стволов актуальной стала оценка плотности и других квалиметрических данных в компонентах биомассы [21–23].

Наиболее важными квалиметрическими свойствами древесины при использовании в цельном виде и в целлюлозно-бумажном производстве являются плотность, угол микроволокон, доля ранней древесины, размер трахеид, содержание целлюлозы и модуль упругости [24]. Из них наиболее важным показателем является базисная (условная) плотность древесины, в той или иной степени коррелирующая с остальными квалиметрическими показателями [25].

Базисная плотность признается наиболее значимым квалиметрическим свойством древесины и является функцией трахеидной структуры. У хвойных видов размер и расположение трахеид определяют свойства древесины и качество целлюлозы. Морфология трахеид определяет физические свойства древесины и влияет на ее гибкость, пластичность и устойчивость. Базисная плотность признана одной из важнейших составляющих механической устойчивости к деформации под действием приложенной нагрузки, которая определяется размером клетки и толщиной ее стенки. Она играет важную роль в управлении лесами, в экологии сообществ и оценке региональных углеродных циклов [26]. Согласно Г. Эллиоту [27], плотность древесины отражает комплексный эффект нескольких ростовых и физиологических переменных, объединенных этой относительно легко измеряемой характеристикой древесины.

Очевидно, что качество и количество древесины не могут рассматриваться как независимые факторы. Улучшение качества древесины стало неотъемлемой частью большинства селекционных программ, и плотность древесины является идеальным объектом для генетических экспериментов [28]. Среди всех проанализированных компонентов ранневесенние кольца выявили самый высокий и стабильный генетический контроль, не показав неблагоприятной генетической корреляции по отношению к другим компонен-

там. Поэтому плотность ранневесенних колец рекомендована как наиболее подходящий признак для включения в будущие селекционные программы [29].

Географически и филогенетически обусловленное варьирование плотности древесины было рассмотрено в рамках ее эволюционной экологии с использованием базы данных как для голосеменных, так и для покрытосеменных растений. Построено филогенетическое «супер-дерево», позволившее провести анализ различий в филогенезе семенных растений. Географические и популяционные различия в плотности древесины оказались значительно ниже в умеренных широтах и высокогорных сообществах, где преобладали голосеменные, по сравнению с таковыми в тропических низинных сообществах, где преобладали покрытосеменные. Последнее предполагает увеличение плотности древесины в зависимости от широты и высоты местности. Тем самым подтверждена идея о том, что как биотические, так и абиотические факторы играют важную роль в эволюции плотности древесины, а также в контроле наблюдаемого среднего значения признака и его дисперсии по географическим градиентам [30].

Бортовое и наземное лазерное сканирование обеспечивает широкий спектр характеристик древостоев для целей моделирования. Это было продемонстрировано с предсказанием свойств древесных волокон на уровне пробных площадей с использованием данных как бортового [31],

так и наземного лазерного зондирования [32]. В последнем случае были выявлены значительные корреляции плотности с изменчивостью вертикального профиля полога. Вклад данных наземного лазерного зондирования в оценку плотности древесины у ели черной составил 47 % ее общей дисперсии [33]. Наземное лазерное сканирование дает с высокой точностью характеристики структуры дерева и древостоя, которые связаны с плотностью древесины [34]. Установление статистических связей между структурными характеристиками, полученными путем наземного лазерного сканирования и наземного определения плотности древесины, явилось важным шагом в определении структурных показателей, которые могут быть использованы для картографии плотности древесины на крупных ландшафтах путем бортового лазерного зондирования. Разработка картографических продуктов по географическим градиентам в сочетании с возможностями дистанционного зондирования локальных структурных показателей древостоев обеспечивает поддержку мелкомасштабного картографирования плотности древесины [32].

База данных о квалитметрии биомассы лесов центральной Евразии

Степень достигнутого прогресса в изучении биологической продуктивности лесов, в том числе ее квалитметрической составляющей, определяется фактологическим состоянием вопроса,

т. е. обеспеченностью фактическими данными о квалитметрических характеристиках фитомассы по полным видовому и экологическому спектрам. Для валидации взаимосвязей квалитметрических показателей древесины с данными дистанционного зондирования лесов на больших площадях необходимы базы исходных фактических данных о квалитметрии деревьев, полученных путем традиционной наземной таксации. Такая база данных сформирована нами для лесообразующих древесных видов центральной Евразии [35]. Она состоит из двух разделов. В первом разделе представлены эмпирические данные о сбегах стволов в коре и без коры, связанные как с таксационными показателями деревьев и древостоев, так и с локальными квалитметрическими показателями, измеренными на разных относительных высотах стволов. Во втором разделе содержатся средние квалитметрические показатели деревьев в сочетании с теми же сопутствующими данными, что и в первом разделе. В обоих разделах приводятся данные о содержании сухого вещества в листве (хвое) и ветвях деревьев.

Мы вступаем в новую эру, характеризующуюся глобальным стремлением к достижению экономической, социальной и экологической устойчивости, в которой роль древесины становится все более заметной, особенно в контексте формирующейся биоэкономики [36]. Плотность компонентов биомассы наряду с количественными показателя-

ми биомассы и чистой первичной продукции входит в понятие биологической продуктивности лесного покрова планеты как «наиболее надежного источника пропитания всё возрастающего населения» [37, с. 110]. В связи с проблемой изменения климата количественные и квалитметрические показатели лесной биомассы стали необходимы для корректной оценки углеродного цикла в земной биосфере [38]. Сформированная база данных предоставляет возможность картирования и выявления закономерностей изменения квалитметрических показателей в климатических градиентах Евразии и может быть востребована в будущем лесоустройстве, оценке углеродного пула лесов и перспективных селекционных программах России.

Выводы

1. Для оптимального использования наших лесных ресурсов необходимы детальные знания об изменениях квалитметрических показателей лесной биомассы и их влиянии на стоимость конечного продукта. Любая техника неразрушающего контроля древесины имеет свои ограничения, и представленный краткий её анализ может способствовать выбору варианта, наиболее пригодного для того или иного метода неразрушающего контроля.

2. Базисная плотность признается наиболее значимым квалитметрическим свойством древесины и является функцией трахеидной структуры. Улучшение качества древесины стало

неотъемлемой частью большинства селекционных программ, и плотность древесины является идеальным объектом для генетических экспериментов.

3. Бортовое и наземное лазерное сканирование обеспечивает широкий спектр характеристик древостоев для целей моделирования. Наземное лазерное сканирование дает с высокой точностью характеристики структуры

дерева и древостоя, которые связаны с плотностью древесины. Разработка картографических продуктов по географическим градиентам в сочетании с возможностями дистанционного зондирования локальных структурных показателей древостоев обеспечивает поддержку мелкомасштабного картографирования плотности древесины.

4. Сформированная база данных предоставляет возможность картирования и выявления закономерностей изменения климатических показателей в климатических градиентах центральной Евразии и может быть востребована в будущем лесоустройстве, оценке углеродного пула лесов и перспективных селекционных программах России.

Список источников

1. Malavasi U. C., Davis A. S., Malavasi M. M. Estimating water in living woody stems – a review // *Cerne*. 2016. Vol. 22. No. 4. P. 415–422. DOI: 10.1590/01047760201622032169
2. Ruggirello M. Nondestructive testing of ponderosa pine wood quality influence of stand and tree-level variables on acoustic velocity and wood density / Submitted to the Faculty of the Northern Arizona University School of Forestry in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Forestry, 2017. 36 p.
3. Allison R. B. Development of bioacoustic nondestructive testing instruments for early detection of bark beetle infestation / Wang X., Senalik C. A., Ross R. J. (eds.). Proceedings: 20th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium. General Technical Report FPL-GTR-249. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2017. P. 264–269.
4. Non-destructive evaluation techniques and what they tell us about wood property variation / L. Schimleck, J. Dahlen, L. A. Apiolaza, G. Downes, G. Emms et al. // *Forests*. 2019. Vol. 10. P. 728. DOI:10.3390/f10090728.
5. Pressler M. R. Der forstliche Zuwachsbohrer neuester Construction und dessen praktische Bedeutung und Anwendung für die forstliche Forschungs-, Taxations-, Pflege- und Nutzungs-Technik // *Tharander Jahrbuch*. 1866. Vol. 17. No. 3. P. 113–209.
6. Методы дендрохронологии / С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов, А. В. Кирдянов, В. Б. Круглов, В. С. Мазепа и др. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск : КрасГУ, 2000. 80 с.
7. Schweingruber E. H. Dendroökologische Holz Anatomie: Anatomische Grundlagen der Dendrochronologie. Berne : Paul Haupt Verlag, 2001. 472 p.
8. Алметов А. Н. Совершенствование конструкции бурава для извлечения кернов древесины из растущих деревьев различных пород: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / Алметов Андрей Николаевич. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. 24 с.
9. Zobel B. J., Jett J. B. Genetic controls in wood formation // *Genetics of Wood Production*. Berlin : Springer-Verlag, 1995. P. 26–49.
10. Microwave testing of moist and oven-dry wood to evaluate grain angle, density, moisture content and the dielectric constant of spruce from 8 GHz to 12 GHz / A. Aichholzer, C. Schubert, H. Mayer, H. Arthaber // *European Journal of Wood and Wood Products*. 2018. Vol. 76. P. 89–103. DOI: 10.1007/s00107-017-1203-x.
11. Developing breeding objectives for radiata pine structural wood production I. Bioeconomic model and economic weights / M. Ivković, H. X. Wu, T. A. McRae, M. B. Powell // *Canadian Journal of Forest Research*. 2006. Vol. 36. P. 2920–2931. DOI:10.1139/X06-161.

12. Inheritance and genetic gain in wood stiffness in radiata pine assessed acoustically in young standing trees / A. C. Matheson, W. J. Gapare, J. Ilic, H. X. Wu // *Silvae Genetica*. 2008. Vol. 57. No. 2. P. 56–64. DOI: 10.1515/sg-2008-0009.
13. Fundova I. In situ wood quality assessment in interior spruce // Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in the Faculty of graduate studies (Forestry). The University of British Columbia (Vancouver), 2012. 80 p.
14. Hansen C. P. Application of the pilodyn in forest tree improvement // DFSC Series of Technical Notes. TN55. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek, Denmark, 2000. 11 p.
15. Лавров М. Ф. Совершенствование метода оценки качества древесины лиственницы, произрастающей в климатических условиях Якутии : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / Лавров Михаил Фрументьевич. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. 15 с.
16. Mamdy C. Contribution à l'étude du module d'élasticité de troncs d'arbres sur pied; utilisation en amelioration génétique des arbres forestiers // Rapport DEA Matière condensée et diluée, ESEM Orléans, INRA Orléans, 1995. 47 p.
17. A new experimental device for rapid measurement of the trunk equivalent modulus of elasticity on standing trees / J. Launay, P. Rozenberg, L. Pâques, J.-M. Dewitte // *Annals of Forest Science*. 2000. Vol. 57. P. 351–359. DOI: 10.1051/forest:2000126.
18. Bucur V. Acoustics of wood. 2nd ed. New York : Springer-Verlag, 2006. 393 p.
19. Симоненко А. А. Методы и средства таможенного контроля плотности древесины: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13 / Симоненко Антон Анатольевич. Санкт-Петербург : Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. 20 с.
20. Compost in plant microbial fuel cell for bioelectricity generation / M. A. Moqsud, J. Yoshitake, Q. S. Bushra, M. Nyodo, K. Omine et al. // *Waste Management*. 2015. Vol. 36. P. 63–69. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.11.004.
21. Полубояринов О. И. Плотность древесины. М. : Лесн. пром-сть, 1976. 160 с.
22. Мелехов В. И., Бабич Н. А., Корчагов С. А. Качество древесины сосны в культурах. Архангельск : Изд-во АГТУ, 2003. 110 с.
23. Джабык-Карагайский бор / Л. П. Абрамова, Л. И. Аткина, Е. А. Жучков, С. В. Залесов, Н. А. Луганский и др. Екатеринбург : УГЛТУ, 2005. 213 с.
24. Lutz J. How growth rate affects properties of softwood veneer // *Forest Products Journal*. 1964. Vol. 14. P. 97–102.
25. Heräjärvi H. Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems // *Wood and Fiber Science: Journal of the Society of Wood Science and Technology*. 2004. Vol. 36. No. 2. P. 216–227.
26. Fearnside P. M. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia // *Forest Ecology and Management*. 1997. Vol. 90. No. 1. P. 59–87. DOI: 10.1016/S0378-1127(96)03840-6.
27. Elliott G. K. Wood density in conifers // Technical Communication. No. 8. Commonwealth Forestry Bureau, Oxford, England, 1970. 44 p.
28. Genetic architecture of wood properties based on association analysis and co-expression networks in white spruce / M. Lamara, E. Raheison, P. Lenz, J. Beaulieu, J. Bousquet et al. // *New Phytologist*. 2015. Vol. 210. No. 1. P. 240–255. DOI: 10.1111/nph.13762.
29. Louzada J. L. Genetic correlations between wood density components in *Pinus pinaster* Ait. // *Annals of Forest Science*. 2003. Vol. 60. P. 285–294. DOI: 10.1051/forest:2003020.
30. Swenson N. G., Enquist B. J. Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: wood density and its community – wide variation across latitude and elevation // *American Journal of Botany*. 2007. Vol. 94. No. 3. P. 451–459. DOI: 10.3732/ajb.94.3.451.

31. Predicting wood quantity and quality attributes of balsam fir and black spruce using airborne laser scanner data / J. E. Luther, R. Skinner, R. A. Fournier, O. R. van Lier, W. W. Bowers et al. // *Forestry*. 2014. Vol. 87. P. 313–326. DOI: 10.1093/forestry/cpt039.
32. Predicting wood fiber attributes using local-scale metrics from terrestrial LiDAR data: A case study of Newfoundland conifer species / D. Blanchette, R. A. Fournier, J. E. Luther, J.-F. Côté // *Forest Ecology and Management*. 2015. Vol. 347. P. 116–129. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.03.013.
33. Modeling black spruce wood fiber attributes with terrestrial laser scanning / G. Giroud, R. Schneider, R. A. Fournier, J. E. Luther, O. Martin-Ducup // *Canadian Journal of Forest Research*. 2019. Vol. 49. No. 6. P. 661–669. DOI:10.1139/CJFR-2018-0342.
34. Assessment of standing wood and fiber quality using ground and airborne laser scanning: a review / M. van Leeuwen, T. Hilker, N. C. Coops, G. Frazer, M. A. Wulder et al. // *Forest Ecology and Management*. 2011. Vol. 261. P. 1467–1478. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.01.032.
35. Усольцев В. А., Цепордей И. С. Квалиметрия фитомассы лесных деревьев: плотность и содержание сухого вещества. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет ; Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук, 2020. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-5-94984-768-8. – URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/10022/1/Usolcev_20.pdf
36. Differences in growth and wood density in clones and provenance hybrid clones of Norway spruce / E. Levkoev, A. Kilpeläinen, K. Luostarinen, P. Pulkkinen, L. Mehtätalo et al. // *Canadian Journal of Forest Research*. 2017. Vol. 47. No. 3. P. 389–399. DOI: 10.1139/cjfr-2016-0285.
37. Дювиньо П., Танг М. Биосфера и место в ней человека. М.: Прогресс, 1968. 255 с.
38. Wood density reduced while wood volume growth accelerated in Central European forests since 1870 / H. Pretzsch, P. Biber, G. Schütze, J. Kemmerer, E. Uhl // *Forest Ecology and Management*. 2018. Vol. 429. P. 589–616. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.07.045.

References

1. Malavasi U. C., Davis A. S., Malavasi M. M. Estimating water in living woody stems – a review // *Cerne*. 2016. Vol. 22. No. 4. P. 415–422. DOI: 10.1590/01047760201622032169
2. Ruggirello M. Nondestructive testing of ponderosa pine wood quality influence of stand and tree-level variables on acoustic velocity and wood density / Submitted to the Faculty of the Northern Arizona University School of Forestry in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Forestry, 2017. 36 p.
3. Allison R. B. Development of bioacoustic nondestructive testing instruments for early detection of bark beetle infestation / Wang X., Senalik C. A., Ross R. J. (eds.). *Proceedings: 20th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium*. General Technical Report FPL-GTR-249. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2017. P. 264–269.
4. Non-destructive evaluation techniques and what they tell us about wood property variation / L. Schimleck, J. Dahlen, L. A. Apiolaza, G. Downes, G. Emms et al. // *Forests*. 2019. Vol. 10. P. 728. DOI:10.3390/fl0090728.
5. Pressler M. R. Der forstliche Zuwachsbohrer neuester Construction und dessen praktische Bedeutung und Anwendung für die forstliche Forschungs-, Taxations-, Pflege- und Nutzungs-Technik // *Tharander Jahrbuch*. 1866. Vol. 17. No. 3. P. 113–209.
6. Methods of dendrochronology / S. G. Shiyatov, E. A. Vaganov, A.V. Kirilyanov, V. B. Kruglov, V. S. Mazepa, M. M. Naurzbaev, R. M. Khantemirov. Part 1. Fundamentals of dendrochronology. Collecting and receiving tree-ring information. Krasnoyarsk: KrasGU, 2000. 80 p.
7. Schweingruber E. H. Dendroökologische Holz Anatomie: Anatomische Grundlagen der Dendrochronologie. Berne : Paul Haupt Verlag, 2001. 472 p.
8. Almetov A. N. Improving the design of the drill for extracting wood cores from growing trees of various species: PhD Thesis: 05.21.05 / Andrey Almetov. Ioshkar-Ola: MarGTU, 2001. 24 p.

9. Zobel B. J., Jett J. B. Genetic controls in wood formation // *Genetics of Wood Production*. Berlin : Springer-Verlag, 1995. P. 26–49.
10. Microwave testing of moist and oven-dry wood to evaluate grain angle, density, moisture content and the dielectric constant of spruce from 8 GHz to 12 GHz / A. Aichholzer, C. Schubert, H. Mayer, H. Arthaber // *European Journal of Wood and Wood Products*. 2018. Vol. 76. P. 89–103. DOI: 10.1007/s00107-017-1203-x.
11. Developing breeding objectives for radiata pine structural wood production I. Bioeconomic model and economic weights / M. Ivković, H. X. Wu, T. A. McRae, M. B. Powell // *Canadian Journal of Forest Research*. 2006. Vol. 36. P. 2920–2931. DOI:10.1139/X06-161.
12. Inheritance and genetic gain in wood stiffness in radiata pine assessed acoustically in young standing trees / A. C. Matheson, W. J. Gapare, J. Ilic, H. X. Wu // *Silvae Genetica*. 2008. Vol. 57. No. 2. P. 56–64. DOI: 10.1515/sg-2008-0009.
13. Fundova I. In situ wood quality assessment in interior spruce // Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in the Faculty of graduate studies (Forestry). The University of British Columbia (Vancouver), 2012. 80 p.
14. Hansen C. P. Application of the pilodyn in forest tree improvement // *DFSC Series of Technical Notes*. TN55. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek, Denmark, 2000. 11 p.
15. Lavrov M. F. Improving the method for assessing the quality of larch wood growing in the climatic conditions of Yakutia: PhD. Thesis: 05.21.05 / Mikhail Lavrov. Yekaterinburg : UGLTU, 2015. 15 p.
16. Mamdy C. Contribution à l'étude du module d'élasticité de troncs d'arbres sur pied; utilisation en amelioration génétique des arbres forestiers // *Rapport DEA Matière condensée et diluée*, ESEM Orléans, INRA Orléans, 1995. 47 p.
17. A new experimental device for rapid measurement of the trunk equivalent modulus of elasticity on standing trees / J. Launay, P. Rozenberg, L. Pâques, J.-M. Dewitte // *Annals of Forest Science*. 2000. Vol. 57. P. 351–359. DOI: 10.1051/forest:2000126.
18. Bucur V. *Acoustics of wood*. 2nd ed. New York : Springer-Verlag, 2006. 393 p.
19. Simonenko A. A. Methods and means of customs control of wood density: PhD. Thesis: 05.11.13 / Anton Simonenko. Saint Petersburg: National Mineral Resource University «Gorny», 2014. 20 p.
20. Compost in plant microbial fuel cell for bioelectricity generation / M. A. Moqsud, J. Yoshitake, Q. S. Bushra, M. Hyodo, K. Omine et al. // *Waste Management*. 2015. Vol. 36. P. 63–69. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.11.004.
21. Poluboyarinov O. I. *Wood density*. M. : Lesnaya Promyshlennost', 1976. 160 p.
22. Melekhov V. I., Babich N. A., Korchagov S. A. The quality of pine wood in plantations. Arkhangelsk : AGTU Publ., 2003. 110 p.
23. Dzhabyk-Karagay Forest / L. P. Abramova, L. I. Atkina, E. A. Zhuchkov, S. V. Zalesov, N. A. Luganskiy et al. Yekaterinburg : UGLTU, 2005. 213 p.
24. Lutz J. How growth rate affects properties of softwood veneer // *Forest Products Journal*. 1964. Vol. 14. P. 97–102.
25. Heräjärvi H. Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems // *Wood and Fiber Science: Journal of the Society of Wood Science and Technology*. 2004. Vol. 36. No. 2. P. 216–227.
26. Fearnside P. M. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia // *Forest Ecology and Management*. 1997. Vol. 90. No. 1. P. 59–87. DOI: 10.1016/S0378-1127(96)03840-6.
27. Elliott G. K. *Wood density in conifers* // Technical Communication. No. 8. Commonwealth Forestry Bureau, Oxford, England, 1970. 44 p.
28. Genetic architecture of wood properties based on association analysis and co-expression networks in white spruce / M. Lamara, E. Raherison, P. Lenz, J. Beaulieu, J. Bousquet et al. // *New Phytologist*. 2015. Vol. 210. No. 1. P. 240–255. DOI: 10.1111/nph.13762.

29. Louzada J. L. Genetic correlations between wood density components in *Pinus pinaster* Ait. // *Annals of Forest Science*. 2003. Vol. 60. P. 285–294. DOI: 10.1051/forest:2003020.

30. Swenson N. G., Enquist B. J. Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: wood density and its community – wide variation across latitude and elevation // *American Journal of Botany*. 2007. Vol. 94. No. 3. P. 451–459. DOI: 10.3732/ajb.94.3.451.

31. Predicting wood quantity and quality attributes of balsam fir and black spruce using airborne laser scanner data / J. E. Luther, R. Skinner, R. A. Fournier, O. R. van Lier, W. W. Bowers et al. // *Forestry*. 2014. Vol. 87. P. 313–326. DOI: 10.1093/forestry/cpt039.

32. Predicting wood fiber attributes using local-scale metrics from terrestrial LiDAR data: A case study of Newfoundland conifer species / D. Blanchette, R. A. Fournier, J. E. Luther, J.-F. Côté // *Forest Ecology and Management*. 2015. Vol. 347. P. 116–129. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.03.013.

33. Modeling black spruce wood fiber attributes with terrestrial laser scanning / G. Giroud, R. Schneider, R. A. Fournier, J. E. Luther, O. Martin-Ducup // *Canadian Journal of Forest Research*. 2019. Vol. 49. No. 6. P. 661–669. DOI:10.1139/CJFR-2018-0342.

34. Assessment of standing wood and fiber quality using ground and airborne laser scanning: a review / M. van Leeuwen, T. Hilker, N. C. Coops, G. Frazer, M. A. Wulder et al. // *Forest Ecology and Management*. 2011. Vol. 261. P. 1467–1478. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.01.032.

35. Usoltsev V. A., Tsepordey I. S. Qualimetry of forest tree biomass : density and dry matter content: monograph. Ural State Forest Engineering University, Botanical Garden of Ural Branch of RAS. Yekaterinburg, 2020. (CD-ROM). ISBN 978-5-94984-768-8. URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/10022/1/Usolcev_20.pdf

36. Differences in growth and wood density in clones and provenance hybrid clones of Norway spruce / E. Levkoev, A. Kilpeläinen, K. Luostarinen, P. Pulkkinen, L. Mehtätalo et al. // *Canadian Journal of Forest Research*. 2017. Vol. 47. No. 3. P. 389–399. DOI: 10.1139/cjfr-2016-0285.

37. Duvigneaud P., Tanghe M. *Ecosystemes et biosphere*. Moscow : «Progress», 1968. 255 p.

38. Wood density reduced while wood volume growth accelerated in Central European forests since 1870 / H. Pretzsch, P. Biber, G. Schütze, J. Kemmerer, E. Uhl // *Forest Ecology and Management*. 2018. Vol. 429. P. 589–616. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.07.045.

Информация об авторах

И. С. Цепардей – научный сотрудник;

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

Information about the authors

I. S. Tsepordey – scientific researcher;

V. A. Usoltsev – doctor of agricultural sciences, professor.

Статья поступила в редакцию 06.09.2021; принята к публикации 10.09.2021.

The article was submitted 06.09.2021; accepted for publication 10.09.2021.

Рецензент: Терехов Г. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ науки «Ботанический сад» УрО РАН.

Reviewer: Terekhov G. G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Science «Botanical Garden», Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3. С. 25–29.

Forests of Russia and economy in them. 2021. № 3. P. 25–29.

Научная статья

УДК 630*181

doi: 10.51318/FRET.2021.39.80.003

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫБОРОЧНЫХ РУБОК

Ольга Михайловна Бабакова¹, Юлия Николаевна Безгина²,
Анастасия Витальевна Лаптева³

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

¹ o.babakova@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7624-2522>

² bezginayun@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3384-2792>

³ nastya.lapteva.2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9861-3355>

Аннотация. Ведение выборочных рубок позволяет заготавливать спелую и перестойную древесину в разновозрастных древостоях. Осуществление выборочных рубок способствует созданию условий для ускорения восстановления запасов древесины, сохранения структуры древостоя, а также сохранения защитных и иных функций леса. Назначение интенсивности проведения выборочных рубок зависит от природно-производственных факторов. Авторы статьи попытались ответить на вопрос, какой интенсивности должна быть выборочная рубка, чтобы ее было выгодно вести лесозаготовительным предприятиям. С точки зрения лесозаготовителя ключевым показателем выполнения выборочных рубок является себестоимость проведения рубки, влияющая в дальнейшем на стоимость получаемой продукции. Снижение интенсивности выборки древесины влечет за собой снижение производительности на отдельных переделах работ лесозаготовительных бригад. Проведенные расчеты показали, что снижение интенсивности выборочной рубки на 10 % приводит к снижению производительности лесозаготовительных бригад на 18–20 %. Интенсивность выборки при проведении выборочных рубок влияет на их экономическую эффективность. Снижение производительности лесозаготовительных бригад влечет за собой увеличение себестоимости выполнения выборочных рубок. Себестоимость заготовки обезличенного кубометра древесины при снижении интенсивности выборки на 10 % увеличивается на 5–13 %, а объем удельных капитальных вложений при этом увеличивается на 17–33 %. В результате проведенных исследований был сделан вывод, что наименьшей интенсивностью выборочных рубок, которая не повлечет снижения производительности труда на лесозаготовках и увеличения себестоимости продукции, является интенсивность 40 % по запасу древостоя и выше.

Ключевые слова: выборочная рубка, экономическая эффективность, себестоимость работ при выборочной рубке.

Scientific article

ECONOMIC EFFICIENCY OF SHELTERWOOD FELLING**Olga Mikhailovna Babakova¹, Yulia Nikolaevna Bezgina², Anastasia Vitalievna Lapteva³**^{1,2,3}Ural state forestry University, Yekaterinburg, Russia¹o.babakova@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7624-2522>²bezginayun@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3384-2792>³nastya.lapteva.2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9861-3355>

Abstract. Selective felling allows harvesting ripe and overmature wood of different-age plantations. Selective felling contributes to the creation of conditions for the accelerated restoration of timber reserves, the preservation of the structure of plantations, as well as the preservation of the protective and other functions of the forest. The purpose of the intensity of selective felling depends on the natural factors of production. The authors of the article tried to answer the question of what intensity selective felling should be in order for it to be profitable for logging enterprises. From the logger's point of view, the main indicator of selective felling is the cost of felling, which further affects the cost of the resulting product. A decrease in the intensity of wood sampling lead to decreasing in productivity at different stages of the work of logging crews. A Calculations have shown that a 10 % of decreasing in the intensity of selective felling leads to decreasing in the productivity of logging teams by 18–20 %. The intensity of sampling during selective felling affects their economic efficiency. A decrease in the productivity of logging crews entails an increase in the cost of selective felling. The cost of harvesting a cubic meter of wood with a decrease in the sampling rate by 10 % increases by 5–13 %, and the volume of specific capital investments increases by 17–33 %. As a result of the research it was concluded that the lowest intensity of selective felling, which did not entail a decrease in labor productivity during harvesting and an increase in the cost of products, is 40 % in terms of growing stock and higher.

Keywords: selective felling, economic efficiency, cost of work at selective felling.

Введение

Выборочные рубки проводятся в целях своевременной выборки спелых и перестойных деревьев, для создания благоприятных условий для дальнейшего восстановления запасов древесины, сохранения структуры разновозрастных деревьев, их устойчивости, а также повышение продуктивности лесов и их защитных и иных функций [1–3].

Назначение той или иной интенсивности выборочных рубок зависит от природно-производственных факторов и определяется процентным отношением от количества заготавливаемой древесины [4]. При выборочных рубках интенсивность от выруб-

баемого объема делится на группы [5]:

- 1) очень слабая – 10 %;
- 2) слабая – 11–20 %;
- 3) умеренная – 21–30 %;
- 4) умеренновысокая – 31–40 %;
- 5) высокая – 41–50 %;
- 6) очень высокая – 51–70 %.

В данной статье рассмотрим вопросы заготовки древесины на лесосечных работах при различных интенсивностях рубок и определим себестоимость ведения выборочных рубок. Анализ экономической эффективности ведения лесозаготовительных работ необходим для того, чтобы оценить и принять решение о том, какая интенсивность вырубаемых объемов

будет наиболее экономически выгодной предприятию на этапе проведения лесосечных работ.

Цель, методика и объекты исследования

Целью работы было определение интенсивности рубки, наиболее экономически эффективной для заготовки древесины выборочными рубками.

Себестоимость выборочных рубок является немаловажной составляющей на лесозаготовительных работах. При расчете себестоимости она дает стоимостную оценку текущих затрат данного предприятия на заготовку древесины и последующее производство готовой

продукции, реализуемой предприятием. Себестоимость выборочных рубок включает капитальные вложения предприятия, расчет стоимости сырьевых и материальных ресурсов, заработную плату персонала, амортизационные отчисления, отчисления на социальные нужды, прочие денежные расчеты [6].

Выборочные рубки подразумевают вырубку спелых и перестойных деревьев в разновозрастных насаждениях. Время цикла работ на валке деревьев, обрезке сучьев и вершин, а также наборе трелеваемой пачки при этом увеличивается. С целью выявления зависимости изменения времени цикла производимых работ от вида рубок была рассмотрена лесозаготовительная бригада в составе вальщика с бензомоторной пилой, обрезчика сучьев с бензомоторной пилой и трелевочного трактора с чокерной оснасткой.

Результаты исследования

При ведении выборочных рубок вальщик вынужден совершать более длительные переходы между подлежащими рубке деревьями. Как следствие, набор тре-

люемой пачки также будет более длительный, так как чокеровщик будет совершать более длительные по времени и расстоянию переходы между поваленными деревьями. Обрезчик сучьев тоже будет совершать более длительные переходы от одного поваленного дерева к другому. Изменение времени цикла выполняемых работ и, как следствие, производительности лесозаготовительной бригады рассматривалось исходя из различных интенсивностей выборочных рубок и различных средних объемов заготавливаемых хлыстов. Выборочные рубки отличаются от сплошных рубок тем, что при валке убираются не все растущие деревья, а только те, которые достигли спелого или перестойного возраста и подлежат вырубке как наиболее ценные при производстве готовой продукции [7–10].

Результаты расчетов производительности лесозаготовительных бригад приведены в табл. 1.

Анализ проведенных расчетов показал, что производительность работ лесозаготовительных бригад при переходе от сплошных рубок к выборочным (с интен-

сивностью выборки по запасу 70 %) снижается в среднем на 18–20 %. При дальнейшем снижении интенсивности выборочной рубки с шагом 10 % производительность будет снижаться на 12–20 % на каждый шаг снижения интенсивности.

С целью выявления экономической эффективности применения выборочных рубок различных интенсивностей был проведен расчет себестоимости заготовки одного кубометра древесины. Рассматривались три показателя оценки экономической эффективности лесозаготовительных работ: капитальные вложения, удельные капитальные вложения и себестоимость производства единицы продукции. К капитальным вложениям относятся затраты на приобретение, содержание и эксплуатацию оборудования и комплектующих, необходимых для ведения лесозаготовок. В себестоимость лесозаготовок входили затраты на заработную плату рабочих, арендная плата, материально-сырьевые затраты, амортизационные отчисления и прочие финансовые расходы. Удельные капитальные вложения

Таблица 1

Table 1

Производительность лесозаготовительных бригад при выборочных рубках

Productivity of logging crews during selective logging

Средний объем хлыста, м ³ Average whip volume, m ³	Сменная производительность, м ³ /см, при интенсивности рубок, % Replaceable capacity, m ³ /cm, at the intensity of logging, %					
	100	70	60	50	40	30
0,4	220,51	178,75	161,17	142,7	121,28	97,03
0,35	215,71	173,32	156,3	137,36	116,25	92,54
0,3	201,3	161,5	145,53	127,84	108,1	86
0,25	184,88	148,16	133,43	117,15	99,01	78,71
0,2	165,76	132,77	119,55	104,94	88,67	70,47

показывают финансовые затраты лесозаготовительных предприятий на заготовку одного обезличенного кубометра древесины. Результаты расчетов показателей экономической эффективности выборочных рубок различной интенсивности сведены в табл. 2.

Сравнение показателей экономической эффективности при различных интенсивностях выборочных рубок показывает, что себестоимость единицы заготавливаемого леса при интенсивности 30 % по запасу больше на 99,8 руб./м³, чем при интенсивности 40 %, и на 190,2 руб./м³ выше,

чем при интенсивности рубок в 70 %. Значения удельных капитальных вложений при интенсивности рубки 30 % в два раза выше, чем при интенсивности 70 %. Этот показатель увеличивается на 14–25 % на каждые 10 % снижения интенсивности рубки.

Таблица 2

Table 2

Оценка экономической эффективности ведения выборочной рубки
Assessment of the economic efficiency of selective logging

Показатели эффективности Performance indicators	Интенсивность рубок, % Intensity of logging, %				
	30	40	50	60	70
Капитальные вложения, тыс. руб. Capital investments, thousand rub.	14745,0	14745,0	14745,0	14745,0	14745,0
Себестоимость единицы продукции, руб./м ³ Unit cost of production, rub./m ³	850,8	788,1	751,03	711,05	660,6
Удельные капитальные вложения, руб./м ³ Specific capital investments, rub./m ³	983,0	737,25	589,5	491,5	421,3

Выводы

Проведенные расчеты и анализ полученных результатов показал, что производительность бригад при уменьшении интенсивности

выборочной рубки снижается. При выборочных рубках различной интенсивности экономически эффективной оказалась рубка леса интенсивностью 70 %. Вы-

борочные рубки интенсивностью ниже 40 % лесозаготовительным предприятиям экономически невыгодны.

Список источников

1. Залесов С. В. Лесоводство. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 295 с.
2. Азаренок В. А., Залесов С. В. Экологизированные рубки леса. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 97 с.
3. Сортиментная заготовка древесины / В. А. Азаренок, Э. Ф. Герц, С. В. Залесов, А. В. Мехренцев. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 140 с.
4. Луганский Н. А., Залесов С. В. Лесоведение и лесоводство. Термины, понятия, определения. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 1997. 101 с.
5. Об утверждении правил заготовки древесины в лесах, указанных в статье 23 Лесного кодекса РФ: утв. приказом Минприроды от 01.12.2020 г. № 993 // Сборник законодательства РФ. 2020. № 42. Ст. 6635.
6. Единые нормы выработки и расценки на лесозаготовительные работы. М. : Экономика, 1989.
7. Герц Э. Ф., Залесов С. В. Повышение лесоводственной эффективности несплошных рубок путем оптимизации валки назначенных в рубку деревьев // Лесное хозяйство. 2003. № 5. С. 18–20.
8. Азаренок В. А., Безгина Ю. Н., Залесов С. В. Эффективность равномерно-постепенных рубок спелых и перестойных насаждений // Аграрный вестник Урала. 2012. № 8 (100). С. 58–61.

9. Последствия применения сортиментной технологии при рубках спелых и перестойных насаждений / С. В. Залесов, А. В. Магасумова, Ф. Т. Тимербулатов, Е. С. Залесова, С. Н. Гаврилов // Аграрный вестник Урала. 2013. № 3 (109). С. 44–46.

10. Рациональные параметры технических элементов пасаки для манипуляторных лесозаготовительных машин / Ю. Н. Безгина, Э. Ф. Герц, С. В. Залесов, Н. И. Теринов, А. Ф. Уварова // Хвойные бореальной зоны. 2018. № 4 (36). С. 338–343.

References

1. Zalesov S. V. Forestry. Yekaterinburg : Ural. gos. lesotechn. un-t, 2020. 295 p.
2. Azarenok V. A., Zalesov S. V. Ecologized logging. Yekaterinburg : Ural. gos. lesotechn. un-t, 2015. 97 p.
3. Wood sorting / V. A. Azarenok, E. F. Hertz, S. V. Zalesov, A.V. Mehrentsev. Yekaterinburg : Ural. gos. lesotechn. un-t, 2015. 140 p.
4. Lugansky N. A., Zalesov S. V. Forestry and forestry. Terms, concepts, definitions. Yekaterinburg : Ural. gos. lesotechn. un-t, 1997. 101 p.
5. On the approval of the rules for harvesting wood in forestry specified in Article 23 of the Forest Code of the Russian Federation : Approved. By Order of the Ministry of Natural Resources dated 01.12.2020 No. 993 // Collection of Legislation of the Russian Federation. 2020. No. 42. P. 6635.
6. Uniform production standards and prices for logging operations. Moscow: Ekonomika, 1989.
7. Hertz E. F., Zalesov S. V. Improving the forestry efficiency of incomplete logging by optimizing the felling of trees assigned to logging // Forestry. 2003. No. 5. P. 18–20.
8. Azarenok V. A., Bezgina Yu. N., Zalesov S. V. The effectiveness of evenly gradual logging of ripe and overgrown plantations // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. No. 8 (100). P. 58–61.
9. The implications of assortment of technology in the cutting of Mature and over-Mature stands / S. V. Zalesov, A. V. Magsumova, F. T. Timerbulatov, E. S. Zalesov, S. N. Gavrillov // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. No. 3 (109). P. 44–46.
10. Rational parameters of technical elements of apiary for manipulator logging machines / Yu. N. Bezgina, E. F. Hertz, S. V. Zalesov, N. I. Terinov, A. F. Uvarova // Coniferous boreal zones. 2018. No. 4 (36). P. 338–343.

Информация об авторах

О. М. Бабакова – ст. преподаватель;

Ю. Н. Безгина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

А. В. Лантева – магистр;

Information about the authors

O. M. Babakova – senior lecturer;

J. N. Bezgina – candidate of agricultural sciences, associate professor;

A. V. Lapteva – undergraduate student.

Статья поступила в редакцию 23.06.2021; принята к публикации 01.09.2021.

The article was submitted 23.06.2021; accepted for publication 01.09.2021.

Рецензент: *Кожевников А. П., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ науки «Ботанический сад» УрО РАН.*

Reviewer: *Kozhevnikov A. P., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Science «Botanical Garden», Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.*

Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3. С. 30–37.

Forests of Russia and economy in them. 2021. № 3. P. 30–37.

Научная статья

УДК 630*524.2

doi: 10.51318/FRET.2021.56.22.004

ИСТОЩИТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ НА АРЕНДОВАННОМ УЧАСТКЕ ИРБИТСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

Александр Владимирович Суслов¹, Вячеслав Павлович Скупаринов²

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

¹ 89028716686@mail.ru, <https://orcid.org/189028716686@mail.ru>

² skpslavik@gmail.com

Аннотация. Истошительное экстенсивное лесопользование на арендованном участке – актуальная проблема лесного хозяйства. Современная практика показывает, что лесопользователь, руководствуясь экономическими показателями с целью получения большей прибыли, не ведет заготовку в малопродуктивных насаждениях, а осваивает высокопродуктивные насаждения с высокими запасами на 1 га. Такая ситуация приводит к невыполнению мероприятий по воспроизводству лесов в полном объеме и к истощению лесов. Методы определения расчетных лесосек не отвечают принципам непрерывности и неистощительности на лесных участках. Срок использования эксплуатационного фонда зачастую не соответствует срокам договора аренды. В документах лесного планирования необходимо приводить динамику заготовки древесины и изменения возрастной структуры насаждений на срок аренды. Фонд лесовосстановления превышает по площади ежегодный объем вырубок из-за освоения высокобонитетных насаждений. Один из способов для перехода к интенсивной модели лесопользования – это внесение изменений в организацию расчета лесопользования на арендованных лесных участках.

Ключевые слова: расчетная лесосека, истошительное лесопользование, арендованный участок, экстенсивная и интенсивная заготовка, фонд лесовосстановления, лесосечный фонд

Scientific article

DEPLETION CHARACTER OF FOREST MANAGMENT IN THE LEASED LAND OF THE IRBIT FORESTRY

Alexander V. Suslov¹, Vyacheslav P. Skparinov²

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

Corresponding author:

¹ 89028716686@mail.ru, <https://orcid.org/189028716686@mail.ru>

² skpslavik@gmail.com

Abstract. The depletion of extensive forest use on a leased plot is an actual problem of forestry. Modern practice shows that the forest user, guided by economic indicators in order to obtain more profit, does not harvest in low-productive plantations, but develops highly productive plantations with high reserves per 1 ha.

This situation leads to the failure to implement measures for the reproduction of forests in full and to the depletion of forests. The methods for determining the calculated cutting areas do not meet the principles of continuity and sustainability in forest areas. The term of use of the operating fund often does not correspond to the terms of the lease agreement. In the forest planning documents, it is necessary to give the dynamics of wood harvesting and changes in the age structure of plantings for the lease period. The reforestation fund exceeds the annual volume of deforestation by area due to the development of high-priority plantations. One of the ways to switch to an intensive model of forest management is to make changes to the organization of the calculation of forest use on the designated forest areas.

Keywords: Depletion forest management, leased land, intensive harvesting, extensive and intensive harvesting, reforestation fund, felling fund.

Введение

В современных условиях ситуация истощения лесных ресурсов требует особого внимания. Необходимость пересмотра и изменения методов исчисления расчетных лесосек с учетом экономических показателей и в перспективе для перехода на интенсивную модель лесопользования обсуждается уже более 10 лет.

В настоящее время основным лицом, осуществляющим заготовку древесины, является арендатор. Ежегодный объем изъятия древесины определен в договоре аренды. При этом отсутствует методика исчисления расчетной лесосеки на арендованных лесных участках, полное освоение которой может привести к истощению лесных ресурсов.

При передаче лесов в аренду большое значение должно уделяться прогнозированию объемов заготовки и возрастной структуре насаждений на срок аренды для обеспечения неистощительного лесопользования.

Цель и методика работ

Цель работы – расчет модели неистощительного и непрерывного лесопользования лесного участка, взятого в аренду на тер-

ритории Ирбитского лесничества.

Наши исследования проводились в границах лесного участка площадью 3351 га на территории Ирбитского лесничества Свердловской области. Срок аренды лесного участка – 49 лет.

Для выполнения поставленной цели необходимо оценить эффективность ведения лесного хозяйства за ревизионный период. Нами был проведен анализ хозяйственной деятельности на территории лесного участка за период с 2011 по 2020 гг. Для этого была составлена база таксационного описания в формате Excel с внесенными изменениями, также были использованы отчеты по использованию, воспроизводству лесов, проект освоения лесов, лесные декларации.

Термин «непрерывное неистощительное лесопользование» в эксплуатационных лесах определяется как возможность использования лесных ресурсов с постоянной высокой эффективностью на протяжении заданного промежутка времени (или бесконечно) [1]. В нашем случае промежуток определен сроком аренды в 49 лет. При этом по окончании заданного промежут-

ка времени лес не должен физически исчезнуть на занимаемых площадях.

Для определения характера истощительности лесов мы вычисляли и прогнозировали на задаваемый период времени размер «расчетной лесосеки» для сплошных рубок спелых и перестойных лесных насаждений в границах арендованного лесного участка. Для этого использовали разработанный группой авторов новый подход и программу для исчисления объема пользования лесом для эксплуатационных лесов на основе имитационной модели динамики всей возрастной структуры насаждений – от начальных классов возраста («молодняки») до старших классов («спелые и перестойные») [2]. Программа позволяет моделировать изменения соотношения площадей возрастных групп насаждения и вычислять на этой основе объемы и площади изъятия лесных ресурсов и проводить анализ непрерывного и неистощительного лесопользования на протяжении всего периода прогноза. Программа написана на языке JavaScript и размещена в открытом доступе в сети Интернет [3].

На основании полученных возрастных структур мы определяли срок заготовки древесины графическим способом и подбিরали оптимальные объемы для определения неистощительного использования лесов.

Результаты исследований и обсуждение

На исследуемом лесном участке преобладает мягколиственное хозяйство II и III классов бонитета. Доля хвойного хозяйства составляет менее 30 %. Значительную часть составляют спелые и перестойные березовые насаждения. Ежегодный объем заготовки согласно договору аренды составляет 13 тыс. м³, из которых 4 тыс. м³ – хвойное хозяйство, 9 тыс. м³ – мягколиственное. Данные объемы определены согласно приказу Федерального агентства лесного хозяйства N 191

«Об утверждении Порядка исчисления расчетной лесосеки» [4].

Мы смоделировали изменение возрастной структуры насаждений при заданных объемах заготовки. Данные представлены на рис. 1. Расчет показывает, что полное истощение запасов спелых и перестойных насаждений произойдет через 57 лет по сосновой хозсекции и через 37 лет по березовой. Хозяйственная деятельность согласно принятой расчетной лесосеке имеет экстенсивный характер и приведет к полному истощению лесных ресурсов на участке к концу арендных отношений.

Согласно действующему законодательству, арендатор самостоятельно определяет места осуществления рубок. Отбор насаждений производится по многим факторам: транспортной доступности, состоянию дорож-

ной сети, расстоянию и способу вывозки, запасу на 1 га, породному составу, товарности древостоя, сезону заготовки, затратам на лесовосстановление, экономической целесообразности [5]. Совокупность факторов позволяет оценить целесообразность включения насаждений в рубку.

Полевые изыскания показывают, что насаждения классов бонитета 3, 4 и 5 в подавляющем большинстве являются недоступными лесами и их заготовка не осуществляется. Тем не менее они включены в расчет лесопользования. Объем заготовки древесины по классам бонитета за 10 лет показан на рис. 2.

Анализ данных показывает отсутствие заготовки древесины в насаждениях 3, 4 и 5 классов бонитета. Фактически заготовка осуществляется в насаждениях 1–2 классов бонитета. Очевидно,

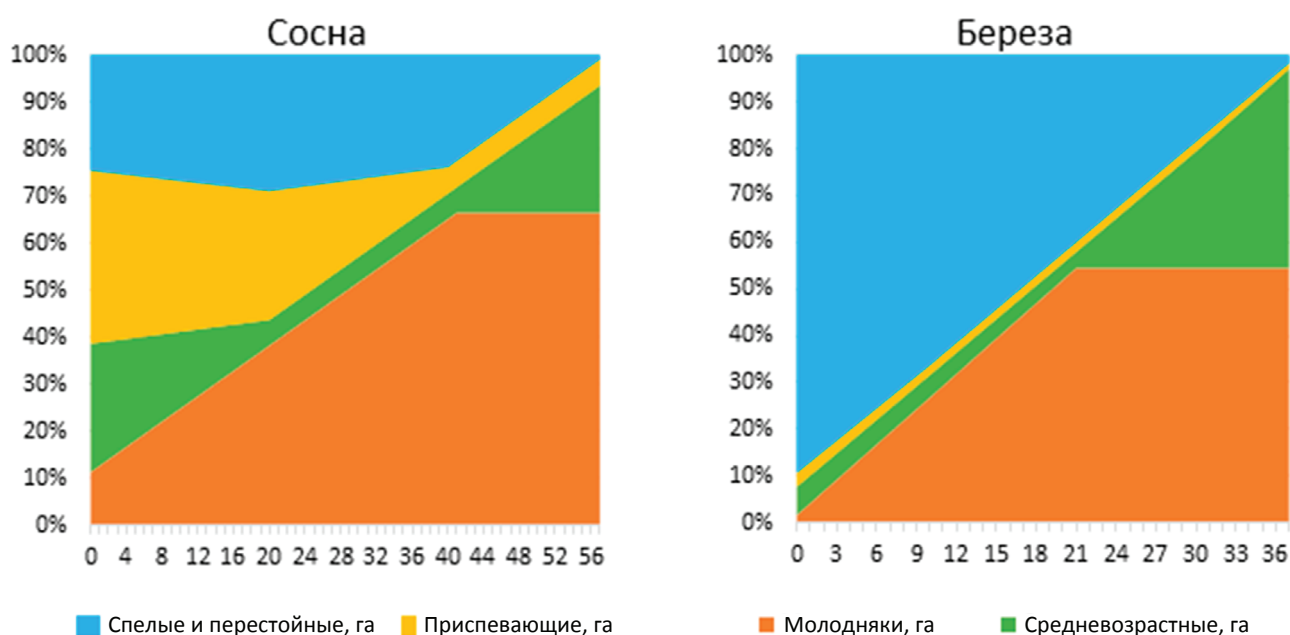


Рис. 1. Возрастная структура при принятой расчетной лесосеке
Fig. 1. Age structure at the accepted estimated cutting area

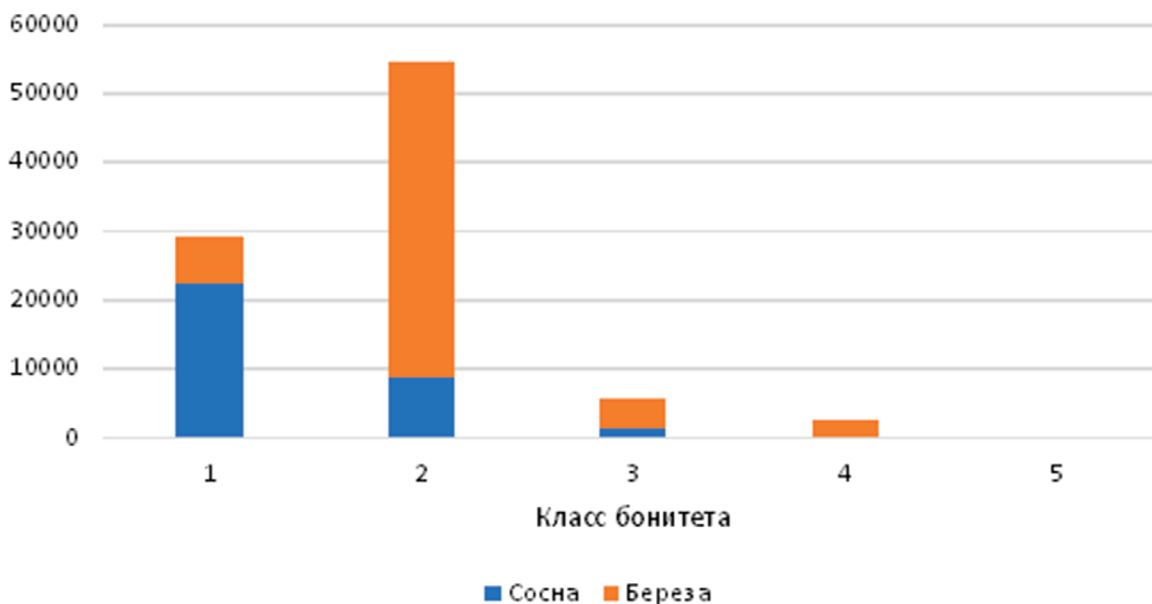


Рис. 2. Распределение объемов заготовленной древесины по классам бонитета
 Fig. 2. Distribution of volumes of harvested wood according to the class of bonitet

арендатор, руководствуясь экономическими показателями с целью получения большей прибыли, не ведет заготовку в малопродуктивных насаждениях, а осваивает высокопродуктивные насаждения с высокими запасами на 1 га. Такая ситуация может привести, во-первых, к невыполнению ме-

роприятий по воспроизводству лесов в полном объеме, во-вторых, к истощению лесов.

Объемы лесовосстановления рассчитываются исходя из средних объемов заготовки согласно проекту освоения лесов. Вследствие заготовки древесины преимущественно в высокопродук-

тивных насаждениях с высокими запасами на 1 га ежегодный фонд лесовосстановления меньше спроектированного. Это приводит к дефициту площадей вырубок. Данные по соотношению вырубок и объемов лесовосстановления представлены на рис. 3. Данный график показывает, что

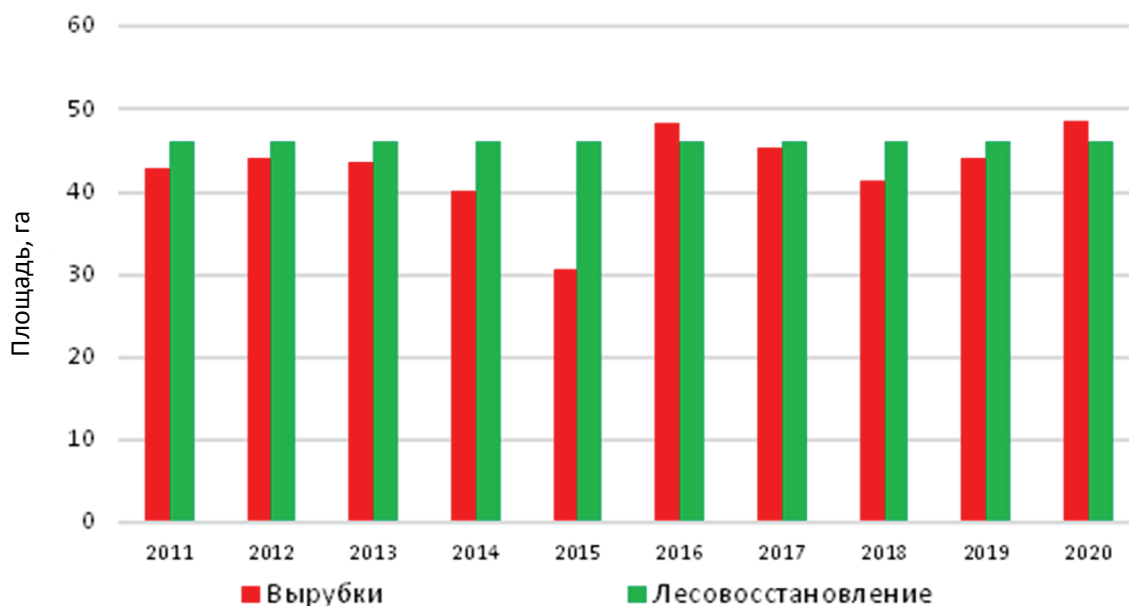


Рис. 3. Соотношение площадей вырубок и ежегодного объема по лесовосстановлению
 Fig. 3. The ratio of the area of felling and the annual volume of reforestation

имеющегося фонда лесовосстановления не хватает для проведения работ в полном объеме согласно договору аренды.

В современных условиях для обеспечения принципов непрерывности и неистощительности лесов на арендованных участках мы видим несколько путей. Во-первых, необходимость составления и выполнения арендатором на ревизионный период научно обоснованного плана рубок с вовлечением в заготовку всех насаждений с учетом лесоводственных требований. Для этого необходимо проведение периодического лесоустройства.

Во-вторых, необходимо изменять методики расчета заготовки древесины на арендованном участке. В основе должны лежать такие методы расчета, которые позволили бы к концу арендных

отношений передать лесной участку государству с относительно нормальным распределением насаждений по группам возраста, где будет целесообразно вести заготовку древесины.

Существующим лесным законодательством данные пути не предусмотрены. В нашей работе мы провели расчеты в соответствии со сложившейся ситуацией и показали, к чему это может привести. Так как рубка осуществляется в высокобонитетных насаждениях, то расчет необходимо сделать только для них.

Для исключения из расчета лесопользования малопродуктивных насаждений мы выделили дополнительно хозяйственные секции в березовых насаждениях с учетом класса бонитета. Такое разделение позволит фактически оценить объемы и период заготовки.

Смоделированная возрастная структура высокобонитетных хвойных и мягколиственных насаждений представлена на рис. 4. Период заготовки в сосновых насаждениях составляет 54 года, а в березовых 1–2 класса бонитета – 21 год с момента проведения таксации в 2016 г., т. е. в 2037 г. основная часть эксплуатационного фонда закончится. При этом договор аренды заканчивается в 2060 г. К середине арендных отношений заготовка древесины будет уже нецелесообразна и убыточное лесное хозяйство может перейти в управление государством.

Для определения неистощительного непрерывного лесопользования в современных условиях на арендованных лесных участках мы предлагаем новые методики определения расчетной лесосеки с учетом

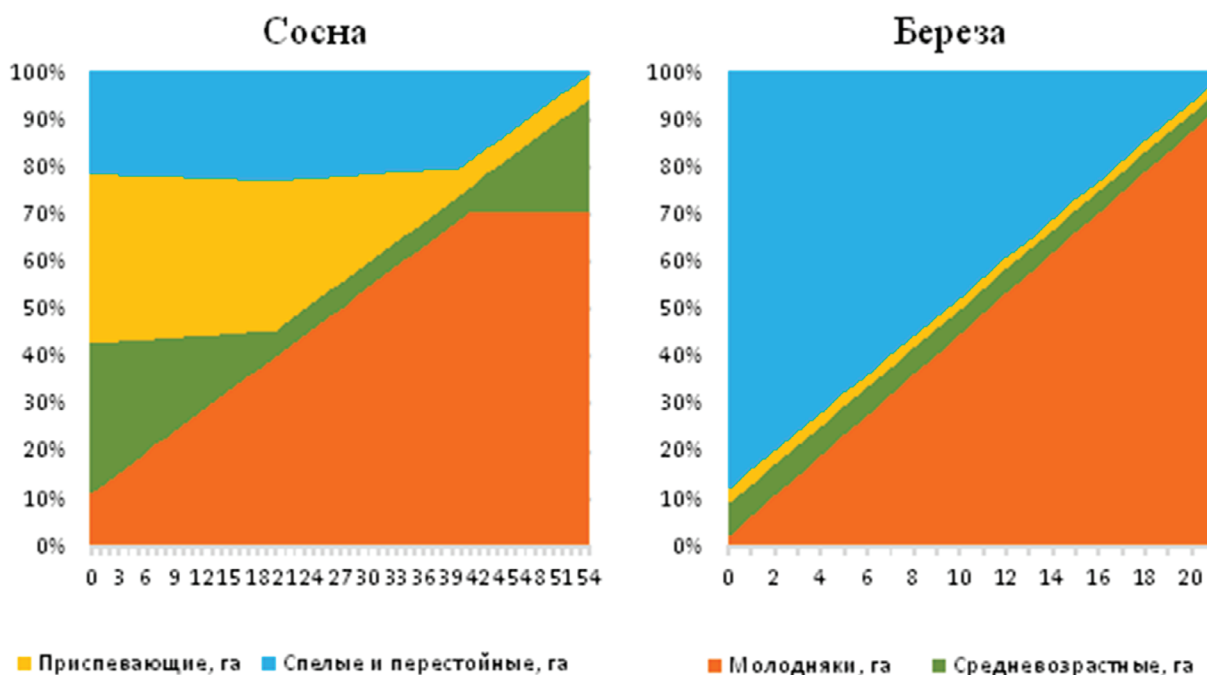


Рис. 4. Возрастная структура при фактической расчетной лесосеке
Fig. 4. Age structure at the actual estimated cutting area

экономической целесообразности заготовки древесины, анализа хозяйственной деятельности и возможности выполнения мероприятий по лесовосстановлению.

Непрерывность лесопользования мы определяли с учетом возможности бесконечно долгого периода заготовки древесины. Мы исходили из того, что к концу срока аренды лесопользователь должен передать лесной участок государству с наличием эксплуатационного фонда, в котором была бы целесообразна заготовка древесины.

Мы подобрали такой вариант расчетов, который позволил бы на весь срок аренды рубить одинаковые объемы с неистощительным эксплуатационным фондом. Для этого в действующую методику определения расчетных лесосек мы внесли изменения.

В основе была взята интегральная лесосека. В ее формуле мы изменили коэффициенты. Расчеты проводили отдельно для сосновых и березовых насаждений.

Формула для сосновых и березовых насаждений:

$$L_{\text{неист}} = (0,03 (S_{\text{м}} + S_{\text{ср}}) + 0,065S_{\text{ср}} + 0,1S_{\text{пр}} + 0,19S_{\text{пер+спел}}) 0,01.$$

Обозначения, принятые в формуле:

$L_{\text{неист}}$ – неистощительная расчетная лесосека;

$S_{\text{пер+спел}}$ – площадь спелых лесных насаждений;

$S_{\text{пр}}$ – площадь приспевающих лесных насаждений;

$S_{\text{ср}}$ – площадь классов возраста средневозрастных лесных насаждений;

$S_{\text{м}}$ – площадь молодняков.

Расчетная лесосека, которая бы отвечала принципам

непрерывности и неистощительности на арендуемом лесном участке, должна составлять 3 тыс. м³ запаса по хвойному хозяйству и 3,2 тыс. м³ по мягколиственному. Смоделированная возрастная структура при данных расчетах показана на рис. 5.

Рассчитанные нами объемы меньше, чем в договоре аренды, на 8702 м³. Но при этом они позволяют использовать лесной участок с целью заготовки древесины не только на весь срок аренды, но и бесконечно долго. Суммарный экономический доход при новых методах расчета ожидается больше.

Заключение

В современных условиях при лесопользовании сложилась уникальная ситуация. Основным лицом, осуществляющим заготовку древесины, является

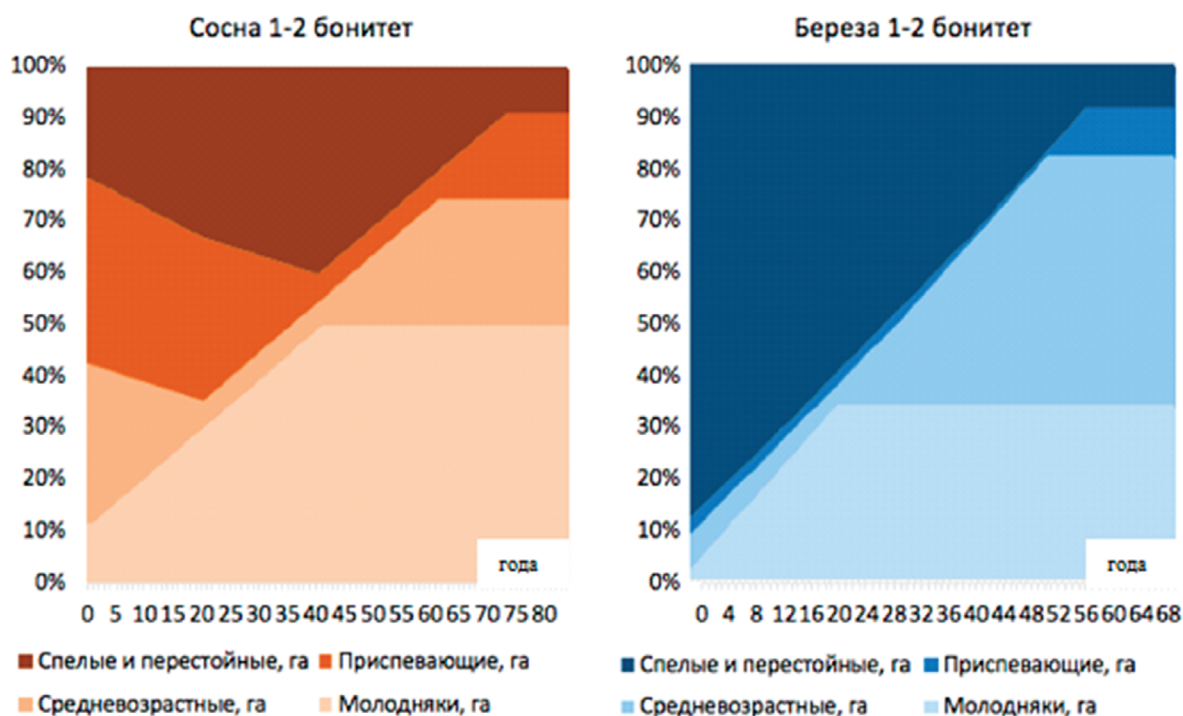


Рис. 5. Возрастная структура при неистощительной расчетной лесосеке
Fig. 5. Age structure with an inexhaustible estimated cutting area

арендатор. При этом отсутствует четкая методика расчета ежегодных объемов заготовки на лесных участках. В документах лесного планирования не приводятся динамика заготовки древесины и изменения возрастной структуры насаждений. Такие обстоятельства могут привести к преждевременному истощению лесных ресурсов.

На исследуемом нами лесном участке заготовка осуществляется преимущественно в высокобонитетных насаждениях. Малопродуктивные насаждения не

вовлекаются в рубку. Это приводит к недостатку ежегодных объемов мероприятий по лесовосстановлению на вырубках.

Существующее законодательство позволяет арендатору, руководствуясь экономической целесообразностью, пренебрегать теоретическими основами лесоводства.

Разработанная нами имитационная модель динамики возрастной структуры насаждений показала истощительный характер лесопользования. Фактически заготовку древесины можно осу-

ществлять 21 год по лиственному хозяйству и 54 года по хвойному хозяйству.

Одним из способов для обеспечения принципов непрерывности и неистощительности использования лесов является разработка новых методов расчета лесосек на арендованных лесных участках.

Разработанная нами методика позволяет обеспечить заготовку древесины в меньших объемах по сравнению с указанной в договоре аренды, но бесконечно долгий период.

Список источников

1. Синицын С. Г. Хозяйственное воплощение принципа непрерывного, неистощительного лесопользования // Лесное хозяйство. 1980. № 1. С. 43–47.
2. О разработке нового подхода для исчисления параметров расчетной лесосеки неистощительного пользования / А. В. Коросов, А. В. Родионов, В. Е. Голубев, А. Ю. Зародов, А. В. Марковский // Принципы экологии. 2014. Т. 3. № 2. С. 4–20.
3. Программа определения величины расчетной лесосеки. URL: <https://hcvf.ru/lesoseka/> (дата обращения: 01.03.2021).
4. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 27.05.2011 г. № 191 «Об утверждении порядка исчисления расчетной лесосеки». URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/leshoz/185> (дата обращения: 01.03.2021).
5. Лесозаготовка : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. И. Пятякин, Э. О. Салминен, Ю. А. Бит и др. М. : Академия, 2006. С. 212– 272.

References

1. Sinitsyn S. G. Economic embodiment of the principle of continuous, inexhaustible forest management. Sinitsyn // Forestry. 1980. № 1. P. 43–47.
2. On the development of a new approach for calculating the parameters of the calculated felling area of sustainable use / A. V. Korosov, A. V. Rodionov, V. E. Golubev, A. Yu. Zarodov, A. V. Markovskiy // Principles of ecology. 2014. T. 3. №. 2. P. 4–20.
3. The program for determining the value of the allowable cut. URL: <https://hcvf.ru/lesoseka/> (date of access: 01.03.2021).
4. Order of the Federal Forestry Agency dated May 27, 2011 No. 191 «On approval of the procedure for calculating the allowable cut». URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/leshoz/185> (date of treatment 03/01/2021).
5. Forest exploitation: a textbook for students. higher. study. institutions / V. I. Patyakin, E. O. Salminen, Yu. A. Bit et al. M. : Academy, 2006. P. 212–272.

Информация об авторах

А. В. Сулов – кандидат сельскохозяйственных наук;

В. П. Скаринов – магистр.

Information about the authors

A. V. Suslov – candidate of agricultural sciences;

V. P. Skparinov – master's degree student.

Статья поступила в редакцию 21.06.2021; принята к публикации 02.08.2021.

The article was submitted 21.06.2021; accepted for publication 02.08.2021.

Рецензент: *Кожевников А. П., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ науки «Ботанический сад» УрО РАН.*

Reviewer: *Kozhevnikov A. P., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Science «Botanical Garden», Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.*

Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3. С. 38–47.

Forests of Russia and economy in them. 2021. № 3. P. 38–47.

Научная статья

УДК 630*223:630*24:630*57:

doi: 10.51318/FRET.2021.66.66.005

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ ГАРИ УРАЙСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ХМАО

Алексей Анатольевич Носов¹, Анастасия Васильевна Данчева²

^{1,2} Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

¹ nosov.aa@mti.gausz.ru

² a.dancheva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5230-7288>

Аннотация. Приведены данные исследований естественного лесовозобновления гари в условиях Западно-Сибирского среднетаежного равнинного лесного района таежной лесорастительной зоны (на примере Урайского лесничества, расположенного в юго-западной части Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на территории Кондинского административного района). Оценка лесовозобновления проведена по методу учетных лент, заложенных на расстоянии 50 и 100 м от стены леса. Данные исследований показали непрерывность лесовосстановительного процесса на гари. Отмечается наличие всходов, самосева и подроста высотных категорий «мелкий», «средний» и «крупный». Лесовозобновление гари происходит двумя древесными породами – сосной и березой. По существующим нормативам возобновление сосны оценивается как хорошее. По количеству всходов и подроста преобладает сосна. При удалении от стены леса на 100 м происходит уменьшение количества всходов и подроста всех категорий крупности в 2–3 раза в сравнении с аналогичными показателями на расстоянии 50 м от стены леса независимо от вида древесной породы. Во всех высотных категориях отмечается преобладание жизнеспособного подроста сосны – до 90–100 %, что является основным показателем успешности лесовосстановления исследуемой гари на данном этапе развития. Береза в большинстве случаев представлена сомнительными по жизнеспособности экземплярами. В качестве лесохозяйственных мероприятий можно предложить проведение мониторинга за состоянием подроста и уходные мероприятия за подростом.

Ключевые слова: гарь, естественное лесовозобновление, древесные породы, показатели подроста.

Scientific article

FEATURES OF REFORESTATION OF BURNED AREAS IN THE URAISK FORESTRY DEPARTMENT OF THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS AREA

Alexey Anatolyevich Nosov¹, Anastasia Vasilyevna Dancheva²,

^{1,2} Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

¹ nosov.aa@mti.gausz.ru

² a.dancheva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5230-7288>

Annotation. The results of features formations of post-fire pine undergrowth on burnt area of the middle taiga zone of Western Siberia (for example, Uraisk forestry department) in location of the Khanty-Mansi Autonomous Area. Undergrowth was studied on tapes laid out parallel to the forest edges at a distance of 50

and 100. According to studies it is observed of reforestation continuity of burned areas. The presence of sprouting and undergrowth of the high- elevation categories «small», «medium» and «large» is noted. The burned areas reforestation with two tree species – pine and birch proceed. According to current specification, the pine natural regeneration is assessed as «normal». The amount of pine undergrowth is greater than the amount of birch undergrowth. To be at 100 m from forest edges the number of seedlings and undergrowth decreases by 2–3 times in comparison with the same indicators at 50 m from the forest edges. There is a predominance of vital pine undergrowth – up to 90–100 %. This is evidence of the successful reforestation of burned areas at this stage of development.

Keywords: burnt area, natural reforestation, tree species, undergrowth indicators.

Введение

Процесс естественного возобновления в лесах – важнейший показатель эволюции, тесно связанный с этапами их формирования [1–3]. Одним из наиболее актуальных вопросов в современном ведении лесного хозяйства является изучение послепожарной динамики лесов. Это связано с необходимостью составления прогноза особенностей лесообразовательного процесса на горях в различных лесорастительных условиях и моделирования изучения динамики лесного покрова после огневого воздействия [4, 5]. Процесс естественного лесовозобновления на «свежих» горях отражает степень адаптации к резко изменившимся лесорастительным условиям, а также стабильность лесной экосистемы в сложившихся антропогенных условиях [6]. Изучение процессов естественного лесовозобновления и формирования молодняков на горях имеет большое практическое значение для своевременного проведения необходимых лесоводственных мероприятий [7–10]. Периодически повторяющиеся лесные пожары являются одним из важнейших экологических факторов, оказывающих трансформирующее воз-

действие на структуру, функции, динамику и эволюцию всех компонентов лесных экосистем [11]. Скорость и потенциальная возможность восстановления леса после пожара зависят от времени пожара, его вида, интенсивности, типа леса и других факторов [12, 13].

Так, исследования, проведенные в сосняках черничных и брусничных Ленинградской области, показали, что естественное их возобновление после низовых пожаров происходит успешно на площади до 0,3 га. Количество жизнеспособного подроста составляет 3,5–12,0 тыс. шт./га, что является достаточным условием для естественного восстановления ценопопуляции после пожара [14].

Исследования, проведенные на горях в ленточных борах Прииртышья, свидетельствуют об особенностях их лесовозобновления, заключающихся в более позднем, чем в таежной зоне, естественном изреживании сосновых молодняков, формирующихся на горях; происходит это при густоте подроста более 3,6 тыс. экз/га [15, 16].

Изучение особенностей послепожарного возобновления лиственничников в условиях сред-

ней тайги показало, что после пожаров слабой силы количество подроста лиственницы увеличивается по сравнению с его допожарным количеством. При этом породный состав послепожарного подроста полностью соответствует составу родительского древостоя [17]. Установлено, что сильные пожары в большинстве случаев губительны для северных лесных экосистем; слабые и средние по силе пожары могут иметь позитивное экологическое значение.

По данным ряда авторов [18], на горях в условиях лесостепи в сухих лесорастительных условиях формируются смешанные сосново-березовые молодняки. Присутствие в составе формирующихся послепожарных молодняков подроста березы положительно влияет на рост и развитие главной породы-лесообразователя. Последующее регулирование густоты рубками ухода позволит предотвратить отпад деревьев, обеспечит максимальный средний прирост по высоте и диаметру, а также высокие показатели жизненного состояния формирующихся молодняков [13, 19].

Исследования лесовозобновительного процесса в дубравах

Воронежской области свидетельствуют о положительном воздействии пирогенного фактора на вегетативное возобновление дуба черешчатого. При этом отмечается особенность более интенсивной порослевой способности данных насаждений в худших лесорастительных условиях [20].

Таким образом, вопрос естественного лесовозобновления и лесовосстановления лесных участков, пройденных лесными пожарами, является актуальной темой исследований на сегодняшний день на всей территории РФ и за ее пределами, поскольку от специфики лесовозобновительных процессов на рассматриваемых территориях зависят качественные и количественные показатели будущих лесных насаждений.

Объекты

и методы исследования

Впервые были проведены исследования особенностей лесовозобновления гарей в Урайском лесничестве, расположенном в юго-западной части Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на территории Кондинского административного района (рисунок).

Леса лесничества отнесены к Западно-Сибирскому средне-таежному равнинному лесному району таежной лесорастительной зоны [21]. По данным лесного фонда, по состоянию на 01.01.2020 г. общая площадь Урайского лесничества составляет 534 259 га.

На покрытую лесом площадь приходится 57,5 % всей территории лесничества. Основными

лесообразующими древесными породами в Урайском лесничестве являются сосна и береза. По площади преобладают хвойные насаждения – до 61,5 % от общей покрытой лесом площади. Из хвойных пород преобладает сосна – до 86 % площади хвойных насаждений. На долю кедра и ели приходится 10,0 и 3,0 % соответственно. Насаждения пихты и лиственницы не превышают 1 % от общей площади хвойных лесов.

Из лиственных пород преобладает береза – 90 % от общей площади мягколиственных насаждений. Также встречаются осиновые насаждения, площадь которых не превышает 10 %.

Объектом исследований являлась гарь площадью 4,0 га в квартале 451 выделе 92 Урайского лесничества Ханты-Мансийско-



Расположение Урайского лесничества (обозначено голубым цветом) на территории ХМАО
Location of the Urayskoye forestry (marked in blue) on the Khanty-Mansi Autonomous Okrug

го автономного округа – Югры (ХМАО). Пожар был обнаружен 25.04.2010 г. Вид пожара – низкой устойчивый. Мероприятия, проведенные для тушения: заливка водой, засыпка грунтом, расчистка валежника. На территории гари проходит естественное лесовосстановление.

При проведении исследований лесовосстановления гари использовалась стандартная методика [22], заключающаяся в следующем: на расстоянии 50 и 100 м от стены леса были заложены учетные ленты. На каждой учетной

ленте закладывались 10 учетных площадок площадью 2×2 м². На каждой учетной площадке был проведен подсчет возобновления (всходы и подрост) отдельно по породам. В ходе исследований подрост был распределен по высотным категориям: мелкий (0–0,5 м), средний (0,5–1,0 м), крупный (свыше 1,0 м). Каждому экземпляру подроста была дана оценка его жизнеспособности. Жизнеспособность подроста определялась визуально по следующим критериям: жизнеспособный (Ж) – полностью здо-

ровый на вид, без пожелтений и болезней; сомнительный (С) – на листе (хвое) имеются пожелтения, поврежденный ствол, объедание листы и признаки ослабления состояния растения, нежизнеспособный (НЖ) – засохший (погибший).

Возраст подроста определялся по количеству мутовок.

Результаты исследования

Полученные данные по переписи всходов и подроста на учетных площадках представлены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Данные переписи подроста на учетных лентах на гари в Урайском лесничестве
Data on undergrowth indicators on burnt area in Urayskoye forestry

№ учет. площ. № account platform.	Древесная порода Tree breed	Всходы, шт. Shoots, pcs.	Распределение подроста по группам высот, см Distribution of undergrowth by height groups, cm								
			Мелкий (до 0,5 м) Shallow (up to 0,5 m)			Средний (0,5–1,0 м) Medium (0,5–1,0 m)			Крупный (свыше 1,0 м) Large (over 1,0 m)		
			Ж L	С D	НЖ NV	Ж L	С D	НЖ NV	Ж L	С D	НЖ NV
Расстояние 50 м от стены леса Distance 50 m from the forest wall											
1	С	11	3	–	–	3	–	–	5	–	–
	Б	5	–	1	–	3	–	–	1	–	–
2	С	14	1	–	–	6	–	–	7	–	–
	Б	5	–	–	–	4	–	–	1	–	–
3	С	10	2	–	–	–	–	–	8	–	–
	Б	3	1	–	–	1	–	–	1	–	–
4	С	6	3	–	–	3	–	–	–	–	–
	Б	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–
5	С	9	3	–	–	2	–	–	4	–	–
	Б	3	2	–	–	1	–	–	–	–	–
6	С	7	–	–	–	4	–	–	3	–	–
	Б	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–
7	С	12	–	–	–	7	–	–	5	–	–
	Б	5	–	–	–	2	–	–	3	–	–

Окончание табл. 1
The end of table 1

№ учет. площ. № account platform.	Древесная порода Tree breed	Всходы, шт. Shoots, pcs.	Распределение подроста по группам высот, см Distribution of undergrowth by height groups, cm								
			Мелкий (до 0,5 м) Shallow (up to 0,5 m)			Средний (0,5–1,0 м) Medium (0,5–1,0 m)			Крупный (свыше 1,0 м) Large (over 1,0 m)		
			Ж L	С D	НЖ NV	Ж L	С D	НЖ NV	Ж L	С D	НЖ NV
8	С	8	2	–	–	4	–	–	2	–	–
	Б	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–
9	С	10	5	–	–	3	–	–	2	–	–
10	С	7	2	–	–	4	–	–	1	–	–
Всего Aggregate		118	24	3	–	48	–	–	43	–	–
Расстояние 100 м от стены леса Distance 100 m from the forest wall											
1	С	7	–	–	–	2	–	–	5	–	–
	Б	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–
2	С	10	–	–	–	5	–	–	5	–	–
3	С	6	2	–	–	4	–	–	–	–	–
4	С	8	1	–	–	5	–	–	2	–	–
5	С	11	4	–	–	3	–	–	4	–	–
6	С	9	–	–	–	4	–	–	5	–	–
	Б	4	–	1	–	3	–	–	–	–	–
7	С	10	1	–	–	7	–	–	2	–	–
	Б	2	–	–	–	2	–	–	–	–	–
8	С	5	1	–	–	3	–	–	1	–	–
9	С	4	–	–	–	2	–	–	2	–	–
10	С	8	2	–	–	3	–	–	3	–	–
Всего Aggregate		85	12	1	–	43	–	–	29	–	–

Примечание. Ж – жизнеспособный, С – сомнительный, НЖ – нежизнеспособный.
Note. L – viable, D – doubtful, NV – not viable.

Данные, представленные в табл. 1, были сгруппированы по количественным и качественным показателям подроста каждой высотной категории и рассчитаны их средние значения, которые указаны в табл. 2.

По данным табл. 2 исследуемая гарь возобновляется двумя древесными породами – сосной

и березой, при этом во всех высотных категориях преобладает подрост сосны.

Всходы представлены древесными породами – сосной и березой. По общему их количеству преобладает сосна – в 4–10 раз в сравнении с аналогичным показателем березы. Отмечается снижение количества всходов

с удалением от стены леса. Так, если на расстоянии 50 м количество всходов сосны и березы составляло 23,5 и 6,0 тыс. шт./га соответственно, то на расстоянии 100 м – 19,5 и 1,8 тыс. шт./га, т. е. в 1,2–3 раза меньше.

Аналогичная ситуация наблюдается при анализе подроста каждой высотной категории. Так,

Таблица 2

Table 2

Среднее количественные и качественные показатели естественного возобновления гари, тыс. шт./га
 Mean values of natural reafforestations indicators of burnt area, thousand pieces/ha

Порода Tree breed	Всходы Shoots, pcs.	Количество подроста на 1 га, тыс. шт. Distribution of undergrowth by height groups, cm												Всего In total		
		Мелкий (до 0,5 м) Shallow (up to 0,5 m)				Средний (0,5–1,0 м) Medium (0,5–1,0 m)				Крупный (свыше 1,0 м) Large (over 1,0 m)						
		Ж L	С D	Н NV	Итого In total	Ж L	С D	НЖ NV	Итого In total	Ж L	С D	НЖ NV	Итого In total	Ж L	С D	НЖ NV
Расстояние 50 м от стены леса Distance 50 m from the forest wall																
С	23,5	5,2	–	–	5,5	9,0	–	–	9,0	9,2	–	–	9,2	23,5	–	–
Б	6,0	0,8	0,7	–	1,6	3,0	–	–	3,0	1,5	–	–	1,5	5,2	0,7	–
Расстояние 100 м от стены леса Distance 100 m from the forest wall																
С	19,5	2,8	–	–	2,8	9,5	–	–	9,5	7,2	–	–	7,2	19,5	–	–
Б	1,8	0,3	0,2	–	0,5	1,2	–	–	1,2	–	–	–	–	1,5	0,2	–

Примечание. Ж – жизнеспособный подрост, С – сомнительный подрост, НЖ – нежизнеспособный подрост.
 Note. L – viable, D – doubtful, NV – not viable.

на расстоянии 50 м от стены леса количество мелкого подроста (до 0,5 м) сосны и березы составило 5,5 и 1,6 тыс. шт./га соответственно, что в 2 и 3 раза больше, чем на расстоянии 100 м от стены леса. Стоит отметить, что количество среднего и крупного подроста сосны в 1,5–2 раза превышает таковое в категории «мелкий» независимо от расстояния от стены леса.

На большинстве учетных площадок присутствует только жизнеспособный подрост сосны – до 99 %, что позволяет сделать предварительный вывод об успешности роста соснового подроста на данном этапе развития.

Другая ситуация наблюдается при анализе жизнеспособности подроста березы. В категориях крупности «мелкий» и «средний» преобладает сомнительный

по состоянию подрост березы – до 80–90 % от общего его количества.

С увеличением расстояния от стены леса отмечается резкое снижение (в 2,5–3 раза) количества подроста березы, а на расстоянии 100 м от стены леса крупный подрост березы полностью отсутствует. Данный факт может являться подтверждением слабой конкуренции подроста березы в борьбе за существование в сравнении с подростом сосны на исследуемой гари и вероятном отсутствии процесса смены пород в будущем, что является важным моментом в лесовосстановлении изучаемого лесного участка.

Средний возраст подроста сосны составляет 6–8 лет, а количество жизнеспособного подроста сосны в рассматриваемых трех

высотных категориях на расстоянии 50 м от стены леса составляет в среднем 5,0–9,0 тыс. шт./га и на расстоянии 100 м – 3,0–7,0 тыс. шт./га (см. табл. 2). По шкале Нестерова [22] лесовозобновление гари сосной оценивается как хорошее. Возобновление березы оценивается в среднем как плохое.

Для анализа возможных способов лесовосстановления в зависимости от количества жизнеспособного подроста главных древесных пород на исследуемой гари использовали действующие нормативы, разработанные для отдельных регионов и лесорастительных зон по группам типов леса и лесорастительным условиям [23]. По данным проведенных исследований, количество жизнеспособного подроста сосны на расстоянии 50 и 100 м

от стены леса превышает нормативные показатели в 3–4 раза, что является достаточным условием для процесса естественного лесовосстановления изучаемой гари на данном этапе роста и развития молодого поколения леса. Дополнительные меры по лесовосстановительным работам на изучаемом участке не нужны. В дальнейшем необходимо проводить мониторинг состояния подроста и осуществлять уходные мероприятия за подростом.

Выводы

1. Лесовозобновление гари происходит двумя древесными

породами – сосной и березой. По количеству всходов и подраста преобладает сосна. При удалении от стены леса на 100 м происходит уменьшение количества всходов и подраста во всех категориях крупности в 2–3 раза в сравнении с аналогичными показателями на расстоянии 50 м от стены леса независимо от вида древесной породы. Несмотря на снижение количества подраста на расстоянии 100 м от стены леса, лесовозобновление гари по шкале Нестерова характеризуется как хорошее.

2. Во всех высотных категориях отмечается преобладание жизнеспособного подроста со-

сны – до 90–100 %, что является основным показателем успешности лесовосстановления исследуемой гари на данном этапе развития. Береза в большинстве случаев представлена сомнительным по жизнеспособности подростом.

3. В качестве лесохозяйственных мероприятий можно предложить проведение мониторинга за состоянием подроста.

4. Для более детального анализа и получения достоверных данных лесовосстановления лесных участков исследуемого района, пройденных лесными пожарами, необходимо продолжить исследования.

Список источников

1. Влияние низовых пожаров на формирование светлохвойных насаждений юга Средней Сибири / Л. В. Буряк, А. Г. Лузганов, П. М. Матвеев, О. П. Каленская. Красноярск : СибГТУ, 2003. 195 с.
2. Данчева А. В., Залесов С. В. Динамика естественного возобновления под пологом сосновых насаждений Казахского мелкосопочника // Вестник БГАУ. 2013. № 3. С. 126–128.
3. Залесов С. В. Лесная пирология : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. 333 с.
4. Данилин И. М., Целитан И. А. Закономерности строения и биопродуктивность лиственничного фитоценоза послепожарного формирования в Эвенкии // Пожары в лесных экосистемах Сибири : материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Красноярск : Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2008. – С. 109–120.
5. Данчева А. В., Залесов С. В., Портянко А. В. Особенности формирования ассимиляционного аппарата в послепожарных сосновых молодняках рекреационного назначения // Вестник БГАУ. № 2. 2015а. С. 98–104.
6. Санников С. Н., Санникова Н. С. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса. М. : Наука, 1985. 152 с.
7. Калинин К. К. Естественное лесовозобновление и формирование молодняков в еловых и березовых насаждениях на крупных гаях Среднего Заволжья // Вестник МарГТУ. 2010. № 1. С. 5–15.
8. Данчева А. В., Залесов С. В., Портянко А. В. Биометрические показатели ассимиляционного аппарата в послепожарных сосновых молодняках // Аграрн. вестник Урала. 2015б. № 11 (141). С. 37–41.
9. Лесоводственная эффективность рубок ухода в сосняках Казахского мелкосопочника / С. В. Залесов, А. В. Данчева, А. В. Эбель, Е. И. Эбель // Лесн. жур. 2016а. № 3. С. 21–30.
10. Данчева А. В., Панкратов В. К. Оценка эффективности рубок ухода в сухих сосняках Казахского мелкосопочника // Изв. вузов. Лесн. жур. 2021. № 2. С. 45–55. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-45-55.

11. Опыт лесоразведения в сухой типчаково-ковыльной степи Северного Казахстана / С. В. Залесов, Ж. О. Суяндиков, А. В. Данчева, А. Н. Рахимжанов, М. Р. Ражанов // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию создания Всерос. науч.-исслед. агролибератив. ин-та, Волгоград, 19–23 сентября 2016 г. Волгоград : ВНИАЛМИ, 2016. С. 109–113.
12. Шубин Д. А., Малиновских А. А., Залесов С. В. Влияние пожаров на компоненты лесного биогеоценоза в Верхне-Обском боровом массиве // Изв. Оренбургского гос. аграрн. ун-та. 2013. № 6 (44). С. 205–208.
13. Данчева А. В., Залесов С. В. Особенности лесовозобновления гарей в условиях сухих сосняков Казахского мелкосопочника (на примере Баянаульского ГНПП // Изв. СПб лесотехн. акад. 2018. Вып. 224. С. 150–159.
14. Гусев Д. В. Естественное возобновление сосны после низовых пожаров на территории Ленинградской области // Изв. СПб лесотехн. акад. 2016. Вып. 215. С. 30–40.
15. Данчева А. В., Залесов С. В. Естественное лесовозобновление гарей в условиях сухих сосняков ленточных боров Прииртышья (на примере ГЛПР «Семей орманы») // Успехи современного естествознания. 2017. № 7. С. 24–29.
16. Данчева А. В. Оценка естественного лесовозобновления гарей ленточных боров Прииртышья // Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск, 2021. С. 74–79.
17. Матвеев А. М., Матвеев П. М. Влияние огневого воздействия на возобновление среднетаежных лиственничников Эвенкии // Лесоведение. 2006. № 5. С. 7–11.
18. Портянко А. В., Данчева А. В., Залесов С. В. Характеристика крон и стволов деревьев в сосновых молодняках, формирующихся на гарях // Леса России и хоз-во в них. 2014. № 4 (51). С. 14–16.
19. Оценка эффективности рубок ухода в сосняках Казахского мелкосопочника на основе лесоводственного и древесно-кольцевого анализа / А. В. Данчева, М. А. Гурская, С. В. Залесов, Б. М. Муканов // Лесоведение. 2020. № 6. С. 503–514.
20. Галдин В. К., Беспаленко О. Н., Михин В. И. Пирогенные изменения в порослевых дубравах // Лесотехн. жур. 2018. № 4. С. 58–66. DOI: 10.12737/article_5c1a3209194713.59798372.
21. Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 367 : издан 18.08.2014 : ред. от 19.02.2019 : Зарегистрирован в Минюсте России : 29.09.2014 № 34186 // Консультант плюс. 2019. 32 с. URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 08.09.21).
22. Данчева А. В., Залесов С. В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения : учеб. пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 152 с.
23. Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений : Приказ Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 1014 : издан 04.12.2020 : Зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 № 61556 // Консультант плюс. 2020. 164 с. URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 08.09.21).

References

1. Impact of surface fires on the light-coniferous forests formation of in the south of Central Siberia / L. V. Buriak, A. G. Luzganov, P. M. Matveev, O. P. Kalenskaya. Krasnoyarsk : SibSTU, 2003. 195 p.
2. Dancheva A. V, Zalesov S. V. Dynamics of natural regeneration of pine plantations under the cover of Kazakh hills // Vestnik of Bashkir State Agrarian University. 2013. Vol. 3. P. 126–128.

3. Zalesov S. V. Forest pyrology: Textbook for universities. 3rd ed., Rev. and add. Yekaterinburg : Ural. state forestry engineering. un-t, 2013. 333 p.
4. Danilin I. M., Tsetlin I. A. Regularities of structure and biological productivity of larch census of post-fire formation in Evenkia. Fires in forest ecosystems of Siberia: Proceedings of the All-Russian Conference with international participation. Krasnoyarsk : V. N. Sukachev Forest Institute, 2008. P. 109–120.
5. Dancheva A. V., Zalesov S. V., Portyanko A. V. Peculiarities of assimilative apparatus forming in after-fire burned recreative young pine stands / Vestnik of Bashkir State Agrarian University. 2015a. Vol. 2. P. 98–104.
6. Sannikov S. N., Sannikova N. S. Ecology of natural reforestation of pine under forest canopy. Moscow : Nauka, 1985. 152 p.
7. Kalinin K. K. Natural reforestation and young stocks formation in fir and birch plantations at the gross fires of the Central Volga region // Scientific journals of Volga State University of Technology. 2010. Vol. 1. P. 5–15.
8. Dancheva A. V., Zalesov S. V., Portyanko A. V. The biometrics parameters of assimilating apparatus in post-fire pine young stands // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015b. Vol. 11 (141). P. 37–41.
9. Silvicultural effectiveness of improvement cutting in the pine forests of Kazakh upland / S. V. Zalesov, A. V. Dancheva, A. V. Ebel', E. D. Ebel' // Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]. 2016. Vol. 3 (351). P. 21–30.
10. Dancheva A. V., Pankratov V. K. Evaluation of Thinning Efficiency in Pineries of Dry Forest Sites of the Kazakh Uplands // Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]. 2021. Vol. 2. P. 45–55. DOI: 10.17238/0536-1036-2021-2-45-55.
11. Afforestation experience in dry festuca-feather grass steppe of the Northern Kazakhstan / S. V. Zalesov, Zh. O. Suyundikov, A. V. Dancheva, A. N. Rakhimzhanov, M. R. Razhanov // Protective afforestation, land reclamation, problems of agroecology and agriculture in the Russian Federation: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 85th anniversary of the establishment of the All-Russian Research Agromeliorative Institute. Volgograd: VNIALMI, 2016b. P. 109–113.
12. Shubin D. A., Malinovskikh A. A., Zalesov S. V. Influence of fires on the components of forest biogeocenosis in the Verkhne-Obsk pine wood stand // Vestnik of Orenburg State Agrarian University. 2013. Vol. 6 (44). P. 205–208.
13. Dancheva A. V., Zalesov S. V. Features of reforestation of burned areas in dry pine forests of the Kazakh upland in example state national nature park «Bayanaul» // Forest Engineering Journal. 2018. Vol. 224. P. 150–160.
14. Gusev D. V. Natural regeneration of pine after ground fires on the territory of the Leningrad region // News of the Saint Petersburg State Forest Technical Academy. 2016. Vol. 215. P. 30–40. DOI: 10.21266/2079-4304.2016.215.30-40.
15. Dancheva A. V., Zalesov S. V. Natural reforestation at the burnt area in belt pine forests of the Priirtyshye (for example, SFNFR «Semey ormany») // Advances in current natural sciences. 2017. Vol. 7. P. 24–29.
16. Dancheva A. V. Natural reforestation at the burnt area in belt pine forests of the Priirtyshye // Forest operation and integrated use of wood : Collection of articles of the All-Russian scientific-practical conference. Krasnoyarsk, 2021. P. 74–79.
17. Matveev A. M., Matveev P. M. The influence of prescribed fire on regeneration of larch forests in the Middle Taiga of Evenkia // Forestry. 2006. Vol. 5. P. 7–11.
18. Portyanko A. V., Dancheva A. V., Zalesov S. V. Characteristics of crowns and trunks of trees in young pine stands, forming on burnt-out areas // Forests of Russia and agriculture in them. 2014. Vol. 4 (51). P. 14–16.
19. Assessment of cleaning cuttings efficiency in pine forests of Kazakhstan hillocks based on forestry and annual rings analyses / A. V. Dancheva, M. A. Gurskaya, S. V. Zalesov, B. M. Mukanov // Forestry. 2020. Vol. 6. P. 503–514. DOI: 10.31857/S0024114820060030.
20. Galdin V. K., Bespalenko O. N., Mikhin V. I. Fire-induced changes in coppice oak forests // Forest Engineering Journal. 2018. Vol. 4. P. 58–66. DOI: 10.12737/article_5c1a3209194713.59798372.

21. On approval of the List of forest – growing zones of the Russian Federation and the List of Forest Areas of the Russian Federation : Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation No. 367 : published on 18.08.2014 : ed . from 19.02.2019 : Registered with the Ministry of Justice of Russia : 29.09.2014 No. 34186 // Consultant plus. 2019. 32 p. URL: <https://www.consultant.ru> (Accessed 08.09.2021).

22. Dancheva A. V., Zalesov S. V. Ecological monitoring of recreational forest stand: a study guide. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University (USFEU), 2015. – 152 p.

23. On approval of the Rules of Reforestation, the composition of the reforestation project, the procedure for developing a reforestation project and Making changes to it : Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation No. 1014 : issued on 04.12.2020 : Registered with the Ministry of Justice of Russia on 18.12.2020 N 61556 // Consultant Plus. 2020. 28 p. URL: <https://www.consultant.ru> (Date of application 08.09.2021).

Информация об авторах

A. A. Носов – бакалавр;

A. B. Данчева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

A. A. Nosov – student;

A.V. Dancheva – doctor of agricultural sciences, professor.

Статья поступила в редакцию 07.09.2021; принята к публикации 10.09.2021.

The article was submitted 07.09.2021; accepted for publication 10.09.2021.

Рецензент: Кожевников А. П., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ науки «Ботанический сад» УрО РАН.

Reviewer: Kozhevnikov A. P., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Science «Botanical Garden», Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3. С. 48–54.

Forests of Russia and economy in them. 2021. № 3. P. 48–54.

Научная статья

УДК 595.768.24

doi: 10.51318/FRET.2021.77.17.006

ВИДЫ КОРоеДОВ РОДА *IPS*, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ РОССИЙСКИХ ЛЕСОВ

Марина Владимировна Воробьева¹, Наталья Павловна Бунькова²,
Пётр Николаевич Сураев³, Ирина Анатольевна Фефелова⁴

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

¹ <https://orcid.org/0000-0003-1059-9670>

² bunkovanp@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7228-4693>

³ <https://orcid.org/0000-0001-7842-9219>

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-8443-9971>

Аннотация. На основе литературных материалов и результатов собственных исследований авторов проанализированы короеды рода *Ips*. Отмечается, что в мировой фауне зарегистрировано 37 видов короедов данного рода, в том числе восемь распространено на территории Российской Федерации. Короеды данного рода повреждают флоризацию и камбий, как правило, у ослабленных и отмирающих деревьев. Нередко они заселяют поваленные ветром деревья и неокоренную лесопroduкцию. В то же время в экстремальные по погодным условиям годы или после стихийных бедствий (засуха, штормовой ветер и др.) численность короедов резко возрастает, и они приводят к гибели не только отдельные жизнеспособные деревья, но и древостои. Кроме того, короеды являются переносчиками спор грибов, приводящих к деградации древесины. В работе приведен перечень видов короедов рода *Ips*, дано описание биологии некоторых видов и рекомендации по недопущению их распространения за пределы естественного ареала.

Ключевые слова: короеды, *Ips*, биологические особенности, виды, карантин, вредоносность.

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы FEUG – 2020 – 0013 «Экологические аспекты рационального природопользования».

Scientific article

BARK BEETLE SPECIES OF *IPS* GENUS POSING A THREAT TO RUSSIAN FORESTS

Marina Vladimirovna Vorobyeva¹, Natalia Pavlovna Bunkova²,
Pyotr Nikolaevich Suraev³, Irina Anatolievna Fefelova⁴

^{1,2,3,4} Ural state Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ <https://orcid.org/0000-0003-1059-9670>

² bunkovanp@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7228-4693>

³ <https://orcid.org/0000-0001-7842-9219>

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-8443-9971>

Abstract. Bark beetles of the *Ips* genus were analyzed on the barks of literature materials and the results of the authors own research. It is noted that 37 species of bark beetles of this genus have been recorded in the world fauna, including 8 common on the territory of the Russian Federation. Bark beetles of this genus damage their

cambium, as a rule in weakened and dying trees. Often they inhabit trees felled by the wind and forest product uncovered with bark. However, in extreme weather years or after natural disasters (drought, storm, wind and other) number of bark beetles increases sharply and they this results in the death not only individual viable trees, but also the whole stand. In addition, bark beetles are carriers of fungal spores, leading to the destruction of wood. The work provides a list of bark beetles species of *Ips* genus, the description of the biology of some species is given, as well as recommendations for preventing their spreading outside the natural range.

Keywords: bark beetles, *Ips*, biological features, species, quarantine, harmfulness.

Funding. The work was carried out within the framework of the theme FEUG – 2020 – 0013 «Environmental aspects of rational nature management».

Введение

Изменение климатических условий, наблюдающееся в последние десятилетия, приводит к эпифитотиям вредных лесных организмов и, как следствие этого, к гибели ценных древостоев. В частности, в еловых лесах Российской Федерации наблюдается массовое размножение стволовых вредителей. К последним можно отнести короледа типографа (*Ips typographus* L.), короледа двойника (*Ips duplicatus* L.), гравера (*Pityogenes chalcographus* L.), лубоедов пушистого (*Polygraphus polygraphus* L.) и большого елового (*Dendroctonus micans* Kug.), еловых усачей – тетропиум-блестящий (*Tetropium castaneum* L.) и матовогрудого (*T. fuscum* F.), черного елового усача – малого (*Monochamus sutor* L.) и большого (*M. urussovi* Fisch.), еловой смалевки (*Pissodes harcyniae* Hrbst.) и др. [1].

В научной литературе приводятся данные о массовом усыхании еловых древостоев во многих регионах нашей страны и за ее пределами [2, 3, 4]. Основной причиной усыхания еловых насаждений многие авторы считают короледа-типографа (*I. typographus* L.) [2, 5]. Устойчи-

вость насаждений против указанного вредителя зависит от состава древостоя [6], типа леса [7], размера деревьев [8] и их селекционной формы [9], а также других показателей. Учеными разработан ряд рекомендаций по минимизации ущерба от стволовых вредителей, однако эффективных способов защиты еловых насаждений от повреждения стволовыми вредителями, в частности от короледа-типографа, до настоящего времени не разработано [1, 10].

Проблема защиты насаждений усугубляется тем, что в связи с перемещением лесной продукции резко возрастает опасность переноса вредных насекомых из других регионов, в частности из Северной Америки. При этом инорайонные виды нередко являются переносчиками опасных болезней, что приводит к поражению гнилями древесины заселенных короледами деревьев.

Целью наших исследований является установление наиболее опасных для лесов Российской Федерации короледов рода *Ips*.

Объекты

и методика исследований

Объектом исследований служили короледы рода *Ips*, есте-

ственно проживающие в лесах Российской Федерации и Северной Америки. На основе литературных и ведомственных материалов предпринята попытка анализа короледов рода *Ips* и установление опасности их заноса на территорию Российской Федерации.

Результаты и обсуждение

В настоящее время в мировой фауне зарегистрировано 37 видов короледов рода *Ips*: *I. acuminatus* (Cyllenhal, 1827), *I. amitinus* (Eichhoff, 1872), *I. apache* (Lanier, 1991), *I. avulsus* (Eichhoff, 1868), *I. bonanseai* (Hopkins, 1905), *I. borealis* (Swaine, 1911), *I. calligraphus* (Germar, 1824), *I. cembrae* (Heer, 1836), *I. chinensis* (Kononov, 1966), *I. confusus* (LeConte, 1876), *I. cribricollis* (Eichhoff, 1869), *I. duplicatus* (Sahlberg, 1836), *I. emarginatus* (Le Conte, 1876), *I. grandicollis* (Eichhoff, 1868), *I. hauseri* (Reitter, 1894), *I. hoppingi* (Lanier, 1970), *I. hunteri* (Swaine, 1917), *I. integer* (Eichhoff, 1869), *I. knausi* (Swaine, 1915), *I. lecontei* (S. Waine, 1924), *I. longifolia* (Stebbing, 1909), *I. montanus* (Eichhoff, 1881), *I. nitidus* (Eggers, 1933), *I. paraconfusus* (Lanier, 1970), *I. perroti* (Swaine, 1915),

I. perturbatus (Eichhoff, 1869), *I. pilifrons* (Swaine, 1912), *I. pini* (Say, 1826), *I. plastographus* (LeConte, 1868), *I. schmutzenhoferi* (Holzschuh, 1988), *I. sexdentatus* (Boerner, 1767), *I. shangrila* (Cognato and Sun, 2007), *I. stebilingi* (Strohmeyer, 1908), *I. subelongatus* (Motshulsky, 1860), *I. tridens* (Mannerheim, 1852), *I. tyrographus* (Linnaeus, 1758), *I. woodi* (Thatcher, 1965).

Все короеды данного рода повреждают флору и камбий и, как правило, не наносят вреда жизнеспособным деревьям, развиваясь на усыхающих и сильно ослабленных [11, 12]. В то же время в экстремальные по погодным условиям годы в период массового размножения некоторые виды рода *Ips* приводят к усыханию вполне жизнеспособных деревьев.

Из перечисленных ранее видов короедов рода *Ips* на территории Российской Федерации встречается восемь: *Ips*

tyrographus – короед-типограф; *I. acuminatus* – вершинный короед; *I. amitinus* – многоходовый короед; *I. subelongatus* – большой листовичный короед; *I. cembrae* – западно-европейский короед; *I. duplicatus* – короед-двойник, *I. hauseri* – горный киргизский короед, *I. sexdentatus* – шустризубый короед (стенограф).

Вред, наносимый указанными короедами, весьма значителен. Как уже отмечалось ранее, еловые насаждения ряда субъектов Российской Федерации существенно страдают от массовых вспышек численности короеда-типографа. Зафиксированы случаи гибели кедровых насаждений, вызванные вспышками многоходового короеда.

В качестве примера можно привести описание двух видов короедов рода *Ips*, встречающихся на территории Российской Федерации.

Короед-типограф (*I. tyrographus* Linnaeus, 1758) темно-ко-

ричевый волосистый жук длиной 4,2–5,5 мм (рис. 1).

Лет жуков начинается в мае при температуре воздуха 15–20 °С. Обычно он совпадает со временем распускания почек березы. Жуки проделывают сложные ходы в нижней и средней частях ствола под корой ели. Вверх и вниз от брачной камеры самки выгрызают в продольном направлении обычно три прямых маточных хода длиной 10–15 см каждый и шириной 2 мм.

Развитие личинок продолжается 60–70 дней, и в конце июня – начале июля появляются молодые жуки. В отдельных случаях молодые самки откладывают яйца в июле-августе, что обуславливает развитие второго поколения. Кроме 2 основных поколений, бывает 2–3 сестринских поколения. Короеды-типографы широко распространены на территориях Российской Федерации и Республики Беларусь. Они заселяют преимущественно ослабленные средневозрастные и более старые еловые насаждения. Поскольку короед-типограф заселяет также срубленные деревья, он легко перемещается с неокоренной лесопродукцией.

Очень похож на короеда-типографа короед-двойник (*Ips duplicatus* Sahlberg, 1836), однако он несколько меньше в размерах. Его длина 3,5–4,0 мм. Внешний вид короеда-двойника приведен на рис. 2.

Лет жуков короеда-двойника начинается в мае и отстает от вылета короеда-типографа на 1–2 недели. Нередко указанные

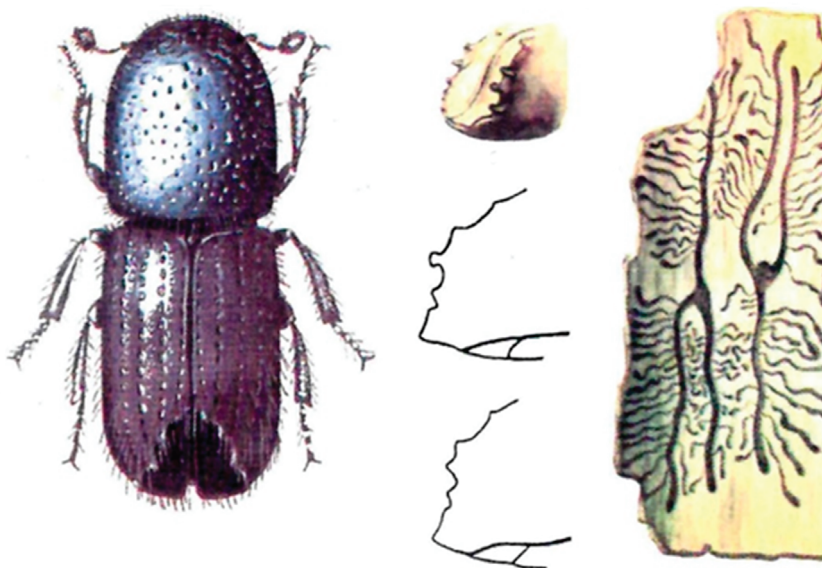


Рис. 1. Внешний вид короеда-типографа (*I. tyrographus* Linnaeus, 1758)
Fig. 1. Appearance of the bark beetle-tyrographer (*I. tyrographus* Linnaeus, 1758)

два вида заселяют одни и те же деревья. Однако ходы короеда-двойника обычно выше таковых у короеда-типографа.

Короед-двойник более светлюбивый вид, чем типограф. Он нередко заселяет молодые изреженные насаждения и тонкомерные деревья, оставляемые после сплошнолесосечных рубок. Как и короед-типограф, короед-двойник может перемещаться с неокоренной лесопродукцией.

Короеды рода *Ips* заселяют насаждения не только на территории Российской Федерации, но и в других частях света. В частности, в западной части Северной Америки, Канаде и на севере Мексики распространен выемчатый короед – *Ips emarginatus* (LeConte, 1876). Указанный вид короеда заселяет хвойные растения рода *Pinus*, особенно поврежденные лесными пожарами, хвоегрызущими вредителями, грибными и бактериальными болезнями. Быстрому увеличению численности способствует резкое изменение гидрологического режима, вызывающие стресс у деревьев сосны.

Внешний вид самки короеда приведен на рис. 3.

Короед заселяет деревья ранней весной, когда воздух прогревается, а на земле еще лежит снег. Самец поселяется первым и прогрызает ход в коре, добываясь до заболони. Брачная камера имеет неправильную форму и расположена во внутреннем слое коры с затрагиванием заболони. Самки прилетают на пахучие вещества, выделяемые атакованным деревом, и по про-

деланным самцами ходам проникают в брачные камеры.

После спаривания самки короедов прогрызают маточные ходы вдоль ствола дерева. Длина каждого маточного хода, отходяще-

го от брачной камеры, 0,6–1,2 м. Яйца откладываются в боковые галереи поодиночке или группами. Личинки питаются, прогрызая ходы в стороны от маточного хода.

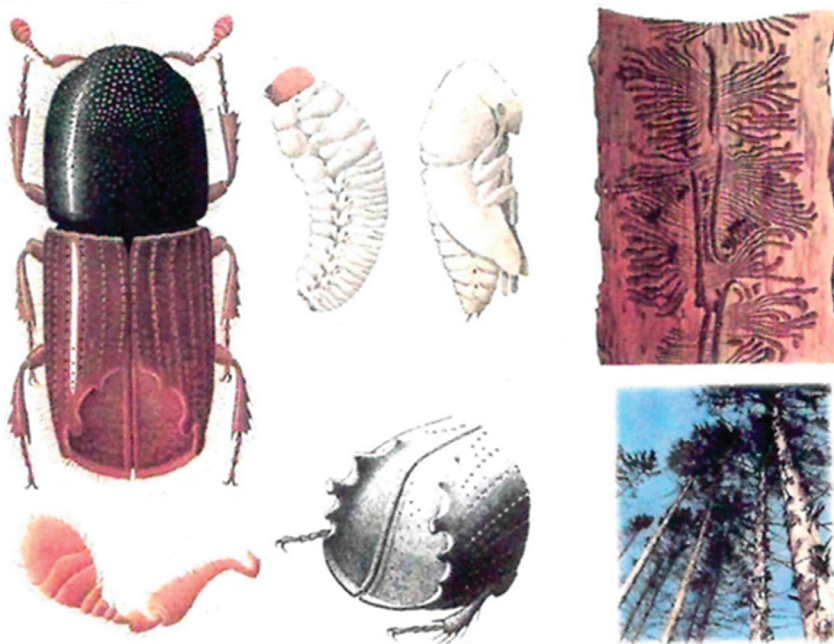


Рис. 2. Внешний вид короеда-двойника (*Ips duplicatus* Sahlberg, 1836)
Fig. 2. Appearance of the twin bark beetle (*Ips duplicatus* Sahlberg, 1836)



Рис. 3. Внешний вид самки короеда *Ips emarginatus* (LeConte, 1876)
Fig. 3. Appearance of the female bark beetle *Ips emarginatus* (LeConte, 1876)

Маточные ходы короеда *Ips emarginatus* (LeConte, 1876) свободны от буровой муки, которая выбрасывается наружу через входное отверстие. Последнее позволяет легко определять заселенные деревья.

В северной части ареала вид имеет 2 генерации в год, а в южной создает несколько летних поколений со значительным их перекрытием.

Ограниченный объем статьи не позволяет дать описание всех видов короедов рода *Ips*. Однако следует отметить, что их изучение необходимо для разработки мероприятий по ограничению их численности. Кроме того, данные о развитии личинок короедов, времени лета насекомых и других особенностях биологии необходимы для обеспечения карантинных мер с целью недо-

пушения их распространения за пределы естественного ареала.

Выводы

1. В мировой флоре зафиксировано 37 видов короедов рода *Ips*, на территории РФ встречаются 8 видов.

2. Большинство видов представителей рода *Ips* заселяют ослабленные и поврежденные деревья. Однако в экстремальные по погодным условиям годы или после стихийных бедствий (штормовых ветров) численность короедов сильно возрастает, и они заселяют жизнеспособные деревья, вызывая их усыхание.

3. Поскольку короеды рода *Ips* проживают не только на территории РФ, но и в других странах, необходим жесткий карантинный контроль за лесопродукцией во избежание их расселения.

4. Для лесов Российской Федерации значительную опасность представляют североамериканские виды, проживающие в близких экологических условиях.

5. Помимо ослабления деревьев и доведения их до усыхания, большинство видов рода *Ips* способствует переносу спор грибов, прежде всего деструкторов древесины.

6. При наличии короедов рода *Ips* необходимо проведение мероприятий по регулированию их численности, в частности развешивание феррамоновых ловушек, раскладка ловчих деревьев и др.

7. Необходимо своевременное удаление ослабленных и отмирающих деревьев после лесных пожаров, стихийных бедствий и т. п. в целях недопущения размножения короедов.

Список источников

1. Маслов А. Д., Комарова И. А., Краснобаева С. Ю. Повышение устойчивости еловых насаждений к неблагоприятным факторам. Пушкино : ВНИИЛМ, 2015. 28 с.
2. Маслов А. Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. Пушкино : ВНИИЛМ, 2010. 138 с.
3. Федоров Н. И., Сарнацкий В. В. Особенности формирования еловых лесов Беларуси в связи с их периодическим массовым усыханием. Минск : Тэхналогія, 2001. 180 с.
4. Ivanchina L. A., Zalesov S. V. The effect of spruce plantation density on resilience of mixed forests in the Perm Krai // *Journal of Forest science*. 2019. 65 (7). С. 263–271.
5. Ivanchina L. A., Zalesov S. V. Influence of Drying out on Forest Valuation Indicators of Even-Aged Spruce Stands // *Lesnoy zhurnal – Forestry journal*. 2018. № 6. Р. 48–56. DOI: 10.17238/issn 0536-1036.2018.6.48.
6. Иванчина Л. А., Залесов С. В. Влияние примеси лиственных пород в составе древостоев ельника зеленомошного на их устойчивость // *Успехи современ. естествознания*. 2017. № 6. С. 61–66.
7. Иванчина Л. А., Залесов С. В. Влияние условий местопроизрастания на усыхание еловых древостоев // *Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та*. 2017. № 2 (64). С. 56–60.
8. Иванчина Л. А., Залесов С. В. Влияние усыхания на таксационные показатели одновозрастных еловых древостоев // *Лесн. жур.* 2018. № 6. С. 48–56. (Изв. высш. учеб. заведений). Doi: 10.17238/issn 0536-1036. 2018. 6. 48.
9. Иванчина Л. А., Залесов С. В. Устойчивость к усыханию деревьев ели различных селекционных форм по строению коры // *Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та*. 2018. № 1 (69). С. 86–91.

10. Защита ели от короеда-типографа: массовый отлов и применение антиферомонов / А. Д. Маслов, И. А. Комарова, В. А. Плетнев, Н. В. Вендило, В. А. Селиванов. Пушкино : ВНИИЛМ, 2014. 12 с.
11. Hicke L. A., Lenkins L. C. Mapping longepole pine stand structure susceptibility to mountain pine beetle attack across the Western United States // *Forest Ecology and Management*. 2008. № 255 (5). P. 1536–1547. DOI:10.1016/j.foreco.2007.11.027.
12. ISPM 27. Diagnostic protocols for regulated pests. DP 27 : *Ips spp.* Adopted 2018; published 2018. International Plant Protection Convention. Diagnostic protocols for regulated pests. 31 p.
13. Cognato A. T. Biology, Systematics, and Evolution of *Ips* in Bark Beetles // *Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. 2015. P. 351–370.
14. Furniss R. L., Carolin V. M. Western forest insects // U. S. Department of Agriculture Forest Service. Miscellaneous Publication. № 1339. Reviewed and Approved for Reprinting. 2002. 658 p.

References

1. Maslov A. D., Komarova I. A., Krasnobaeva S. Yu. Increasing the resistance of spruce plantations to unfavorable factors. Pushkino : VNIILM, 2015. 28 p. [in Russian]
2. Maslov A. D. Bark beetle typographer and drying up of spruce forests. Pushkino : VNIILM, 2010. – 138 p. [in Russian].
3. Fedorov N. I., Sarnatskiy V. V. Features of the formation of spruce forests in Belarus in connection with their periodic mass drying. Minsk : Tekhnologiya, 2001. 180 p. [in Russian]
4. Ivanchina L. A., Zalesov S. V. The effect of spruce plantation density on resilience of mixed forests in the Perm Krai // *Journal of Forest science*. 2019. 65 (7). C. 263–271.
5. Ivanchina L. A., Zalesov S. V. Influence of Drying out on Forest Valuation Indicators of Even-Aged Spruce Stands // *Lesnoy zhurnal – Forestry journal*. 2018. № 6. P. 48–56. DOI: 10.17238/issn 0536-1036.2018.6.48.
6. Ivanchina L. A., Zalesov S. V. Influence of the admixture of deciduous species in the composition of the stands of the green-thick spruce forest on their stability // *Successes of modern natural science*. 2017. № 6. P. 61–66. [in Russian]
7. Ivanchina L. A., Zalesov S. V. Influence of growing conditions on the drying out of spruce stands // *News of the Orenburg state University of Agriculture*. 2017. № 2 (64). P. 56–60. [in Russian]
8. Ivanchina L. A., Zalesov S. V. Effect of drying out on the taxation parameters of spruce stands of the same age // *Forest Journal*. 2018. № 6. P. 48–56. Doi: 10.17238/issn 0536-1036. 2018. 6. 48. [in Russian]
9. Ivanchina L. A., Zalesov S. V. Resistance to drying out of spruce trees of various breeding forms according to the structure of the bark // *News of Orenburg state University of Agriculture*. 2018. № 1 (69). P. 86–91. [in Russian]
10. Spruce protection from the bark beetle-typographer: mass capture and the use of antiferomon / A. D. Maslov, I. A. Komarova, V. A. Pletnev, N. V. Vendilo, V. A. Selivanov. – Pushkino : VNIILM, 2014. 12 p. [in Russian]
11. Hicke L. A., Lenkins L. C. Mapping longepole pine stand structure susceptibility to mountain pine beetle attack across the Western United States // *Forest Ecology and Management*. 2008. № 255(5). P. 1536–1547. DOI:10.1016/j.foreco.2007.11.027
12. ISPM 27. Diagnostic protocols for regulated pests. DP 27: *Ips spp.* Adopted 2018; published 2018. International Plant Protection Convention. Diagnostic protocols for regulated pests. 31 p.
13. Cognato A. T. Biology, Systematics, and Evolution of *Ips* in Bark Beetles // *Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. 2015. P. 351–370.
14. Furniss R. L., Carolin V. M. Western forest insects // U. S. Department of Agriculture Forest Service. Miscellaneous Publication No. 1339. Reviewed and Approved for Reprinting. 2002. 658 p.

Информация об авторах

М. В. Воробьева – кандидат биологических наук, доцент;

Н. П. Бунькова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

П. Н. Сураев – аспирант;

И. А. Фефелова – аспирант.

Information about the authors

M. V. Vorobyeva – candidate of biological sciences, associate professor;

N. P. Bunkova – candidate of agricultural sciences, associate professor;

P. N. Suraev – postgraduate student;

I. A. Fefelova – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 30.07.2021; принята к публикации 23.08.2021.

The article was submitted 30.07.2021; accepted for publication 23.08.2021.

Рецензент: Кожевников А. П., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ науки «Ботанический сад» УрО РАН.

Reviewer: Kozhevnikov A.P., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Science «Botanical Garden», Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3. С. 55–62.

Forests of Russia and economy in them. 2021. № 3. P. 55–62.

Научная статья

УДК 551.510:504.064(470.5)

doi: 10.51318/FRET.2021.97.47.007

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОТОРНЫХ ПИЛ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ИНТЕНСИВНОГО ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Андрей Вениаминович Мехренцев¹, Алина Флоритовна Уразова²,
Сергей Михайлович Крысанов³

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

¹ mehrentsevav@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2186-0152>

² urazovaaf@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

³ kwco@yandex.ru

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования оценки производительности чистого пиления в зимний период в условиях учебно-опытного лесхоза УГЛТУ в пос. Северка. Производительность чистого пиления определялась в процессе раскряжевки осиновых образцов с помощью аккумуляторной пилы STIHL MSA 220 со съёмным аккумулятором AP 300S. В соответствии с планированием эксперимента были получены данные о среднем времени пропила t_{cp} с фиксацией среднего диаметра пропила D_{cp} . После обработки результатов эксперимента были найдены значения средней производительности чистого пиления $П_{чп}$. В качестве источника питания применялся аккумулятор AP 300S. В результате расчетов для бесперебойной работы при 7-часовой рабочей смене рабочему потребуется 4 заряженных аккумулятора. Для более эффективной работы предлагается использовать современные ранцевые аккумуляторы, которые устанавливаются в специальном ортопедическом жилете с наплечной и поясной фиксацией на спине работника. На основе результатов собственных исследований авторами предложен альтернативный источник электрического тока в условиях лесного мастерского участка. В качестве приоритетных для условий Урала можно рекомендовать солнечные панели или термогенераторы, работающие на основе принципа Пельтье. Наиболее эффективным зарядным устройством для восстановления работоспособности аккумуляторных батарей может быть рекомендована энергетическая тепловая колонна, оснащенная электронными термогенераторами.

Ключевые слова: электропила, бензиномоторная пила, аккумуляторная пила, производительность чистого пиления, мощность, раскряжевка, аккумулятор, рубки ухода, альтернативные источники энергии.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках научного проекта «FEUG-2020-0013».

Scientific article

INVESTIGATION OF THE USE OF MOTOR SAWS WITH AN ELECTRIC DRIVE IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF INTENSIVE FORESTRY

Andrey V. Mehrentsev¹, Alina F. Urazova², Sergey M. Krysanov³^{1,2,3}Ural state forestry engineering university, Yekaterinburg, Russia¹mehrentsevav@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2186-0152>²urazovaaf@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2771-2334>³kwco@yandex.ru

Annotation. Experimental studies of the evaluation of the productivity of clean sawing in the winter period in the conditions of the educational and experimental forestry of UGLTU in the village were carried out. Severka. The performance of clean sawing was determined during the bucking of aspen samples using a STIHL MSA 220 battery saw with a removable AP 300S battery. In accordance with the planning of the experiment, data were obtained on the average time of cutting t_{sr} with the fixation of the average diameter of the cut D_{sr} . After processing the results of the experiment, the values of the average productivity of pure sawn Ppp were obtained. The AP 300S battery was used as a power source. As a result of calculations, for uninterrupted operation during a 7-hour work shift, the worker will need 4 charged batteries. For more efficient work, it is proposed to use modern backpack batteries, which are installed in a special orthopedic vest with shoulder and waist fixation on the employee's back. Based on the results of their own research, the authors proposed an alternative source of electric current in the conditions of a forest workshop site. As a priority for the conditions of the Urals, we can recommend solar panels or thermal generators operating on the basis of the Peltier principle. An energy heat column equipped with electronic thermogenerators can be recommended as the most effective charger for restoring the operability of batteries.

Keywords: electric saw, gasoline-powered saw, battery saw, clean sawing performance, power, bucking, battery, care cabins, alternative energy sources.

Funding. The research was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education within the framework of the scientific project «FEUG-2020-0013».

Введение

Период 30–40-х годов характерен исключительной интенсивностью опытных работ по созданию переносных механических цепных пил, и результатом этой работы явилось создание вскоре после Великой Отечественной войны новой модели электропилы ЦНИИМЭ ВАКОПП. Будучи почти вдвое легче своих предшественниц, пила ВАКОПП с 1946 г. находит широкое применение в лесной промышленности. Одновременно в лес поступают передвижные электростанции ПЭС-12-50 нормальной частоты тока (50 Гц) мощностью 12 кВт.

Однако наряду со значительным снижением общего веса электропилы ВАКОПП имела недостаточную рабочую длину шины (500 мм) и малую мощность двигателя – 1,3 кВт.

Подлинную техническую революцию в механизации валки леса и раскряжевки хлыстов произвела пила ЦНИИМЭ-К5. В ней был применен электродвигатель повышенной частоты тока (200 Гц). Вместо 3000 оборотов в минуту вал электродвигателя развивал 12 000 оборотов, что и позволило снизить вес двигателя более чем вдвое, не уменьшив при этом его мощности (1,3 кВт).

Массовое применение в лесозаготовительном производстве электропил показало их существенные преимущества по сравнению с бензомоторными пилами. Более простая конструкция позволяла пользоваться электроинструментами работникам с невысокой квалификацией, уменьшенный шум и вибрация улучшали условия работы. В 70-х годах прошлого столетия в СССР был освоен выпуск более совершенной электропилы ЭПЧ-3, которая в основном использовалась для раскряжевки хлыстов на нижних лесных складах [1]. На лесосечных работах к тому времени

повсеместно использовались бензомоторные инструменты. По мере внедрения в технологический процесс раскряжевки на нижних складах полуавтоматических раскряжевочных линий сфера применения электропил еще более сузилась до предприятий с малым годовым грузооборотом не более 30–50 тыс. м³. Электропила ЭПЧ-3 работала от двигателя с частотой тока 400 Гц, что позволяло повысить его мощность без увеличения массы.

Технические характеристики электропил представлены в табл. 1.

В дальнейшем научные организации и отдельные изобретатели, используя электродвигатели повышенной частоты тока, создали ряд конструкций облегченных электропил, которые

в массовое производство внедрены не были в связи с ограниченной зоной их применения за счет необходимости кабельной системы для передачи напряжения от преобразователя напряжения и электросети.

Энергия, вырабатываемая двигателем цепной пилы, расходуется на пиление, преодоление трения пильной цепи о направляющую шину и сопротивление, возникающее при передаче вращения от вала двигателя к ведущей звездочке. Причем минимальное натяжение пильной цепи, равное монтажному натяжению, будет в точке сбегания ее с ведущей звездочки. Соответственно, максимальное натяжение цепи будет в точке набегания на ведущую звездочку. Его величина определится [2]:

$$Z_{\max} = P_p + P_u \mu + 2,08 m_1 g l_{ш} \mu + 0,08 Z_o,$$

где P_p – усилие резания, Н; P_u – усилие отжима, Н; $P_u = (0,7 \dots 1,0) P_p$ в зависимости от остроты режущих элементов пильной цепи; μ – коэффициент трения пильной цепи о шину ($\mu = 0,20 \dots 0,25$); m_1 – масса 1 пог. м цепи, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; $l_{ш}$ – длина пильной шины по осям звездочек, м; Z_o – монтажное натяжение пильной цепи, Н.

Мощность двигателя привода цепной пилы

$$N_n = \frac{Z_{\max} v}{\eta_n},$$

где v – скорость резания, м/с; η_n – КПД передачи от вала двигателя к ведущей звездочке пильного аппарата.

Таблица 1
Table 1

Технические характеристики электропил
Technical characteristics of electric saws

Показатель Indicator	Тип электропилы Type of electric saw			
	ЦНИИМЭ К-5 TSNIIME K-5	ВАКОПП WAKOPP	ЭПК-3 АЛТИ ЕРК-3 АЛТИ	ЭПЧ-3 ЕРН-3
Мощность двигателя, кВт Engine power, kW	1,4	1,6	1,2	3,0
Вес пилы, кг Saw weight, kg	9,5	20,4	8,5	9,5
Высота пропила (max), мм Cutting height (max), mm	950	500	500	470
Производительность чистого пиления, см ² /с Productivity of clean sawing, cm ² /s	38	35	55	80
Частота тока, Гц Current frequency, Hz	200	50	200	400
Скорость резания, м/с Cutting speed, m/s	5,5	5,0	6,2	11,5
Ширина пропила, мм Cutting width, mm	7	8	6	
Шаг звеньев цепи, мм Chain link pitch, mm	15	20	15	15

Установочная мощность двигателя электромоторной пилы может быть выбрана меньшей величины с учетом его перегрузочной способности. Электродвигатель проверяется на перегрузку по формуле

$$N_o \geq \frac{N_n}{1,6...2,0},$$

где N_o – мощность двигателя с учетом допустимой перегрузки, Вт.

Таким образом, при прочих равных условиях энергозатраты на пиление при использовании моторных инструментов определяются исходя из скорости резания и перегрузочной способности двигателя. Отсутствие фрикционной центробежной муфты в конструкции электропилы по сравнению с приводом от ДВС обеспечивает стабильную скорость резания независимо от условий пиления по сравнению с таковой у бензомоторной пилы. Этот параметр, наряду с перегрузочной способностью электродвигателя, позволяет обеспечить более высокую энергоэффективность при пилении древесины электропилой.

В настоящее время на рынке оборудования для механизированного ведения лесохозяйственных работ появились первые профессиональные аккумуляторные электропилы, способные составить конкуренцию бензомоторным пилам при выполнении рубок ухода в молодняках. Электропилы, оснащенные современными литийионными аккумуляторами рассчитаны на 1200 полных

циклов заряда и разряда, что при профессиональном использовании обеспечит срок службы не менее 2,5 лет.

Преимущества аккумуляторных пил:

- отсутствие на рабочем месте выхлопных газов, что особенно важно при работе в зимнее время года, когда требуется очистка рабочего места от снега с созданием у ствола дерева прямка, в котором концентрация выхлопных газов от бензопилы создает вредные условия работы;
- небольшой вес;
- быстрый запуск в работу при постоянной скорости резания;
- низкие уровни шума и вибрации, свойственные двигателям внутреннего сгорания;
- электропила не нуждается в заправке дорогостоящим топливом.

В полной мере эти преимущества проявляются при правильной организации производственного процесса и соблюдении определенных регламентов.

К особенностям аккумуляторных пил следует отнести наличие бесщеточного электромотора, который имеет высокий КПД и нетребователен к обслуживанию, а также безинструментальное натяжение режущей цепи. Мощные пилы для рубок ухода, очистки ствола от сучьев и раскряжевки хлыстов оснащаются шиной длиной 35 см и режущей цепью с шагом зубьев три восьмых дюйма.

Целью работы являлись оценка производительности чистого пиления при раскряжевке аккумуляторной пилой и разработка

предложений по применению эффективных альтернативных источников энергии.

Объект

и методика исследований

Для оценки производительности чистого пиления были проведены экспериментальные исследования, для которых была использована аккумуляторная пила STIHL MSA 220 со съемным аккумулятором AP 300S энергоемкостью 281 Вт·ч и весом 1,8 кг [3]. Технические характеристики исследуемой электропилы представлены в табл. 2.

Результаты исследования

и их обсуждение

Исследования проводились в зимний период 2021 г. в условиях учебно-опытного лесхоза УГЛТУ в пос. Северка. Температура окружающего воздуха составляла -12 °С. Производительность чистого пиления определялась в процессе раскряжевки осиновых образцов. В соответствии с планированием эксперимента были получены данные о среднем времени пропила t_{cp} с фиксацией среднего диаметра пропила D_{cp} . После обработки результатов эксперимента были получены значения средней производительности чистого пиления $\Pi_{чп}$. Результаты представлены в табл. 3.

Таким образом, в результате пробных раскряжек была получена средняя величина производительности чистого пиления на уровне $40,3$ см²/с. Эта величина соответствует сменной производительности при раскряжевке

Таблица 2

Table 2

Техническая характеристика исследуемого инструмента
 Technical characteristics of the instrument under study

Параметры Parameters	STIHL MSA 220 STIHL MSA 220
Скорость резания, м/с Cutting speed, m/sec	23,3
Ширина пропила, мм Cutting width, mm	5
Высота пропила (max), мм Cutting height (max), mm	400
Номинальное напряжение В Rated voltage V	36
Масса пилы без аккумулятора, кг Saw weight without battery, kg	1,8
Время работы со съемным аккумулятором AP 300 S, мин Working time with removable battery AP 300 S, min	До 37
Время работы с ранцевым аккумулятором, мин Working time with a satchel battery, min	До 290
Тип аккумулятора Battery Type	Литийионный
Емкость съемного аккумулятора, Ач Removable battery capacity, Ah	4
Емкость ранцевого аккумулятора, Ач Capacity of backpack battery, Ah	31,1
Масса съемного аккумулятора, кг Weight of battery capacity, Ah	1,2
Масса ранцевого аккумулятора, кг Weight of backpack battery, Ah	6,9

Таблица 3

Table 3

Исследование производительности чистого пиления
 Investigation of the performance of clean sawing

Средний диаметр пропила, см The average diameter of the cut, cm	Среднее время пропила, с Average cutting time, s	Производительность чистого пиления, см ² /с Productivity of pure sawing, cm ² /c
10	2,4	32,7
20	18,2	49,8
30	24,2	38,8

51 куб. м в смену при 7-часовой рабочей смене.

Как было указано выше, в качестве источника питания применялся аккумулятор AP 300S энергоемкостью 281 Вт·ч, что соответствует времени рабо-

ты на одном заряде, по данным компании STIHL, 56 мин. Для бесперебойной работы при 7-часовой рабочей смене рабочему потребуется 4 заряженных аккумулятора. В обеденный перерыв работнику необходимо будет

заменить комплект разряженных аккумуляторов. Для более эффективной работы предлагается использовать современные ранцевые аккумуляторы, которые устанавливаются в специальном ортопедическом жилете

с наплечной и поясной фиксацией на спине работника. Пила связывается с аккумулятором специальным кабелем. Ранцевые аккумуляторы типа AR 3000L имеют емкость 1520 Вт·ч при массе 9,5 кг. Заряда ранцевого аккумулятора достаточно для работы в течение 7-часовой рабочей смены.

Восстановление работоспособности аккумуляторов, обеспечивающих питание, производится специальными зарядными устройствами, работающими от сети 220 В и обеспечивающими полный заряд при напряжении 36 В за 60 мин для съемных аккумуляторов типа AP300S и за 250–400 мин для ранцевых аккумуляторов. В условиях выполнения лесохозяйственных работ проблема источника электрической энергии в лесу решалась путем оснащения передвижными электростанциями лесозаготовительных участков

ввиду их удаленности от стационарных источников энергии и линий электропередач. Еще в довоенное время рядом машиностроительных предприятий было освоено производство передвижных электростанций мощностью 40–60 кВт, которые устанавливались на шасси гусеничных тракторов. Повышение эффективности производства электроэнергии в условиях мастерского участка решалось за счет отказа от жидкого топлива путем применения газогенераторных мотор-генераторов, работающих на твердом древесном топливе, которого всегда в избытке. В довоенный период только на Онежском машиностроительном заводе было произведено более 1000 мобильных газогенераторных установок. С ликвидацией дефицита жидкого топлива в 50–60-х годах прошлого века работы по совершенствованию газогенера-

торных установок были прекращены [4].

В настоящее время для решения проблемы источника электрического тока в условиях лесного мастерского участка можно рассмотреть так называемые альтернативные источники. В качестве приоритетных для условий Урала можно рекомендовать солнечные панели или термогенераторы, работающие на основе принципа Пельтье [5]. Принципиальная схема представлена на рис. 1.

Причем если солнечные батареи не обеспечивают постоянной зарядки аккумуляторов в силу природных причин, то электронные термогенераторы, установленные на горячей поверхности, например дровяной печи, могут работать в условиях лесного мастерского участка круглосуточно и независимо от сезона, используя в качестве топлива лесосечные отходы. Примером

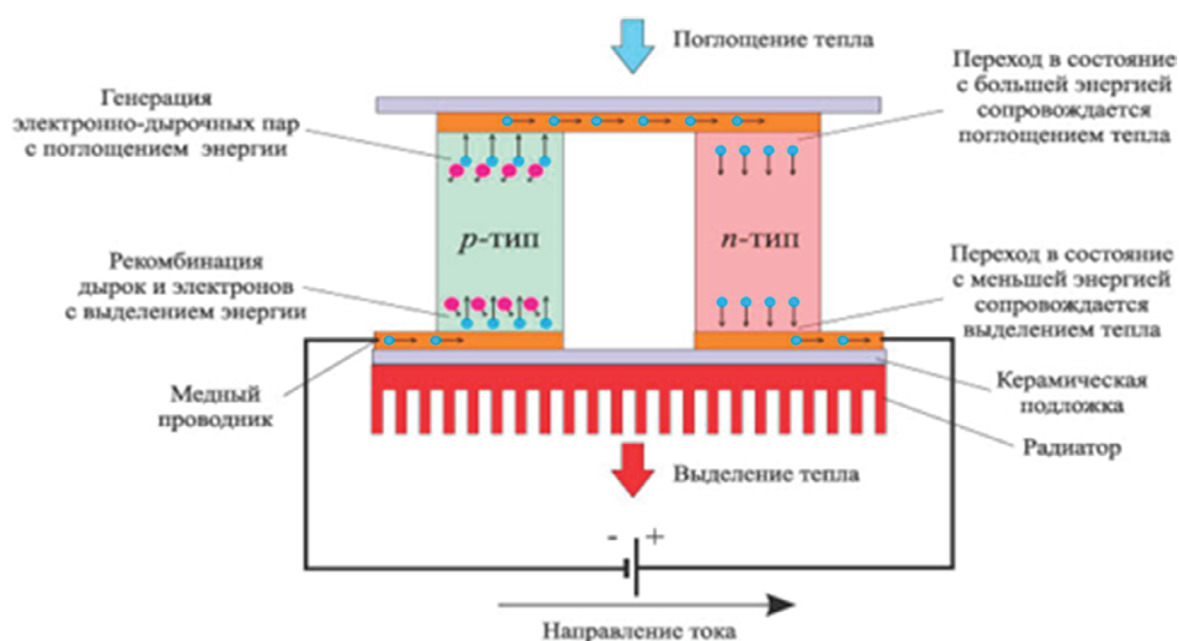


Рис. 1. Принципиальная схема зарядного устройства
Fig. 1. Schematic diagram of the charger

серийного агрегата для зарядки аккумуляторов может быть рассмотрена печь «Индибирка» [6], состав зарядного устройства представлен на рис. 2.

Главный недостаток электронных термогенераторов –

низкий КПД, в условиях лесного мастерского участка нивелируется обилием древесного топлива. На основе описанной выше печи может быть предложена конструкция универсальной энергетической тепловой колон-

ны, работающей на древесном топливе и оснащенной активной тепловой цилиндрической поверхностью для размещения электронных термогенераторов.

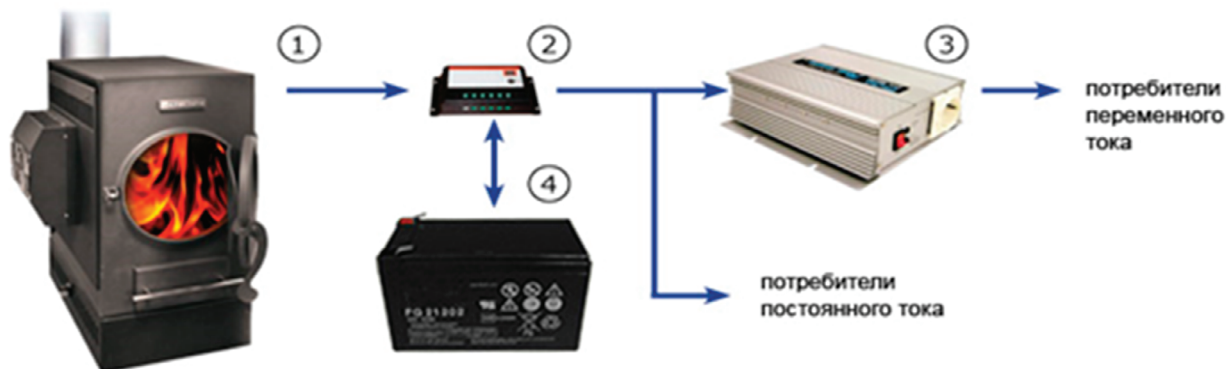


Рис. 2. Состав зарядного устройства:

1 – энергопечь с термогенератором; 2 – контроллер; 3 – инвертор; 4 – батарейный блок

Fig. 2. The composition of the charger:

1 – an energy furnace with a thermogenerator; 2 – a controller; 3 – an inverter; 4 – a battery pack

Выводы

1. Применение электропил для выполнения технологического процесса ведения лесного хозяйства позволяет в современных условиях снизить негативные факторы (шум, вибрация), действующие на работника, а также отказаться от дорогого жидкого топлива.

2. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что достаточный

уровень производительности труда – 40,3 см²/с, который может быть достигнут при профессиональном использовании электропил на рубках ухода в тонкомерных насаждениях. Производительность чистого пиления электропилы соответствует паспортному значению этого параметра для бензопилы «Крона-202». Дальнейшее совершенствование электропил и аккумуляторных систем позволяет

сделать вывод о перспективе их применения для снижения углеродных стоков в лесном хозяйстве.

3. Наиболее эффективным зарядным устройством для восстановления работоспособности аккумуляторных батарей может быть рекомендована энергетическая тепловая колонна, оснащенная электронными термогенераторами, работающими на основе принципа Пельтье.

Список источников

1. Пивоваров Н. С. История механизации лесозаготовок // Рос. лесн. газ. 2007. № 25. С. 5.
2. Кочегаров В. Г., Бит Ю. А., Меньшиков В. Н. Технология и машины лесосечных работ : учебник для вузов. М. : Лесн. пром-сть, 1990. 392 с.
3. Каталог продукции STIHL. – URL: <https://www.stihl.ru/stihl-produkte.aspx> (дата обращения: 12.08.2021).
4. Зыкин И. В. Становление машиностроения для лесопромышленного комплекса Советского Союза в период модернизации конца 1920-х — начала 1940-х гг. // Вестник Тюмен. гос. ун-та. Гуманитарные исследования. Humanitates. 2020. Том 6, № 1 (21). С. 119–139.

5. Элемент Пельтье – принцип работы, характеристики. URL: <https://electroinfo.net/teoriya/chto-takoe-jelement-pelte-i-kak-ego-sdelat-svoimi-rukami.html> (дата обращения: 12.08.2021).

6. Руководство по эксплуатации. URL: https://граф-печнов.рф/wa-data/public/site/TMF_indigirka.pdf (дата обращения: 12.08.2021).

References

1. Pivovarov N. S. History of mechanization of logging // Rossiyskaya lesnaya gazeta. 2007. №. 25. P. 5.

2. Kochegarov V. G., Bit Yu. A., Menshikov V. N. Technology and machines of logging operations: Textbook for universities. M. : Forest industry, 1990. 392 p.

3. STIHL product catalog. URL: <https://www.stihl.ru/stihl-produkte.aspx> (accessed: 12.08.2021).

4. Zykin I. V. Formation of mechanical engineering for the timber industry complex of the Soviet Union during the modernization period of the late 1920s-early 1940s // Bulletin of the Tyumen State University. Humanitarian studies. Humanitatis. 2020. Volume 6, No. 1 (21). P. 119–139.

5. Peltier element – The principle of operation, characteristics. URL: <https://electroinfo.net/teoriya/chto-takoe-jelement-pelte-i-kak-ego-sdelat-svoimi-rukami.html> (date of reference: 12.08.2021).

6. Operation manual. URL: https://граф-печнов.рф/wa-data/public/site/tmf_indigirka.pdf (accessed 12.08.2021).

Информация об авторах

A. B. Мехренцев – кандидат технических наук;

A. Ф. Уразова – кандидат сельскохозяйственных наук;

C. M. Крысанов – студент.

Information about the authors

A. V. Mehrentsev – candidate of Technical Sciences;

A. F. Urazova – candidate of Agricultural Sciences;

S. M. Krysanov – student.

Статья поступила в редакцию 20.09.2021; принята к публикации 24.09.2021.

The article was submitted 20.09.2021; accepted for publication 24.09.2021.

Рецензент: *Теринов Н. Н., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Ботанического сада УрО РАН.*

Reviewer: *Terinov N. N., Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.*

Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3. С. 63–67.

Forests of Russia and economy in them. 2021. № 3. P. 63–67.

Научная статья

УДК 544-971

doi: 10.51318/FRET.2021.68.16.008

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ БЕТУЛИНА МЕТОДОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Анастасия Александровна Захарова¹, Геннадий Иванович Мальцев²

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

¹ anastasiya_zaharova_97@list.ru

² mgi@elem.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0750-0070>

Аннотация. Исследование стабильности бетулина методом определения электрокинетического потенциала. На сегодняшний день бетулин интересен в области медицины, косметики и пищевой промышленности, ведь он обладает огромным спектром биологических действий. Из него можно получить производные, которые, в свою очередь, имеют определенное хорошо выраженное действие и используются для производства различных медикаментов. И чтобы интенсифицировать процесс очистки и фильтрования бетулина для экономии времени и затрат на энергию, необходимо узнать его заряд коллоидной частицы и стабильность в водном растворе. Для этого было проведено определение электрокинетического потенциала. Найден ζ -потенциал бетулина в водном растворе, который показал, что с увеличением концентрации водного раствора бетулина вероятность разрушения дисперсии и возможность образования хлопьев при добавлении коагулянта или флокулянта повышаются. Определен заряд поверхности коллоидной частицы бетулина.

Ключевые слова: бетулин, биологически активное вещество, ζ -потенциал, электрокинетический потенциал.

Scientific article

STUDY OF BETULIN STABILITY BY ELECTROKINETIC POTENTIAL DETERMINATION

Anastasia Alexandrovna Zakharova¹, Gennady Ivanovich Maltsev²

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

¹ anastasiya_zaharova_97@list.ru

² mgi@elem.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0750-0070>

Abstract. Investigation of the stability of betulin by the method of determining the electrokinetic potential. Today betulin is interesting in the field of medicine, cosmetics and food industry, because it has a huge range of biological actions. From it, you can get derivatives, which in turn have a certain well-defined effect and are used for the production of various medicines. In order to intensify the process of cleaning and filtering betulin to save time and energy costs, we need to know its colloidal particle charge and stability in an aqueous solution. To do this, we conducted a method for determining the electrokinetic potential. we determined the zeta potential

of betulin in an aqueous solution, which showed that with an increase in the concentration of betulin in water, the probability of destruction of the dispersion and the possibility of flocculation when adding a coagulant or flogulant increases. We determined the surface charge of a colloidal betulin particle.

Keywords: Betulin, biologically active substance, ξ -potential, electrokinetic potential.

Введение

Бетулин производят из верхней части коры различных видов березы.

Бетулин (бетулинол, березовая камфора, лупендиол, 3β -гидрокси-20(29)-лупаен-28-ол) – кристаллическое органическое вещество, белое жироподобное вещество, заполняющее полости клеток пробковой ткани на стволах берёзы и придающее ей белую окраску [1].

Бетулин – это пентациклический тритерпеновый спирт $C_{30}H_{50}O_2$ лупанового ряда (рис. 1). Его содержание во внешней коре белой березы *Betula pendula* L. составляет от 10 до 35 % и зависит от условий произрастания березы, ее возраста, времени сбора коры и т. д.

Чистый бетулин представляет собой порошок белого цвета, без запаха, со слабым вяжущим вкусом. Бетулин устойчив к дей-

ствию кислорода и солнечного цвета, нетоксичен, безопасен для человека, нерастворим в воде [2].

Цель данной работы – определение знака заряда коллоидной частицы, а также вычисление величины потенциала, возникающего на границе скольжения. Для этого было проведено определение электрокинетического потенциала.

Электрокинетический потенциал (ξ -потенциал) сильно зависит от природы поверхности контактирующих фаз. В этом отношении можно выделить два крайних положения: активные и инертные поверхности [3]. Активные поверхности имеют полиэлектролиты – полимеры, содержащие ионогенные группы, степень диссоциации которых и определяет заряд поверхности. К веществам, имеющим поверхности с ионогенными группами, можно отнести и многие неор-

ганические оксиды. На таких поверхностях ξ -потенциал может достигать высоких значений (100 мВ и более). Инертные поверхности лишены ионогенных групп, заряд на них возникает в результате специфической адсорбции [4].

Цель, задача, методика и объекты исследования

Цель исследования заключалась в изучении стабильности коллоидной системы бетулина. Для этого было необходимо провести определение электрокинетического потенциала раствора.

Для приготовления электрохимических ключей взвешивается 0,75 г агар-агара и вливается 25 мл воды. Затем раствор нагревают, не доводя до кипения. При перемешивании агар-агар растворяется, после чего засыпается 2,5 г хлористого калия, смесь тщательно перемешивается и заливается в пластиковые ключи на 2/3 объема. Перед работой сверху в ключи заливается раствор следующего состава: на 500 мл – 15 г $CuSO_4$ (безводного), 50 мл H_2SO_4 ($\rho = 1,83$ г/см³), 50 мл спирта этилового.

В состав установки для определения электрического потенциала входят: источник постоянного тока, ячейка для определения ξ -потенциала, наполненная анализируемым раствором, цифровой вольтметр, микроскоп (со встроенной камерой

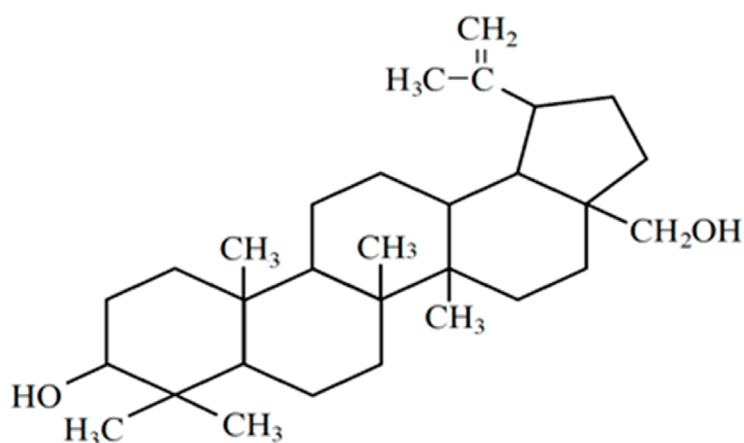


Рис. 1. Структурная формула бетулина
Fig. 1. The structural formula of betulin

и передачей изображения на монитор компьютера). Для проведения анализа необходимо сделать 3 пробы раствора 0,01, 0,05 и 0,1 моль, состоящего из дистиллированной воды и бетулина. Так как бетулин нерастворим в воде, для начала раствор в колбе перемешивают при помощи ультразвукового перемешивающего устройства в течение 10–15 с.

Для проведения эксперимента собирается установка, изображенная на рис. 2.

Для начала работы на установке настраивают микроскоп, сфокусировав изображения на коллоидных частицах. Измеряют высоту кварцевой кюветы и устанавливают фокус на расстоянии 1/5 высоты от дна или

крышки кюветы с целью уменьшения влияния пристенных и струйных эффектов в потоке. В ячейку заливают исследуемую коллоидную систему и устанавливают электрохимические ключи. Важным фактором является отсутствие пузырей воздуха в пространстве между ключами и раствором. В ключи заливают электролит и опускают медные провода для подачи напряжения от источника постоянного тока (10–50 В). Платиновые контакты соединяют с вольтметром. После подачи напряжения и включения камеры микроскопа движения частиц в электрическом поле записываются в программе Ulead VideoStudio 7 SEVCD в отдельные видеофайлы. Изображения обрабатываются.

Расчет ζ -потенциала производится по формуле Смолуховского:

$$\xi = \mu S_k n \frac{Le}{\varepsilon_0 \varepsilon_1 u \tau},$$

где ζ – ζ -потенциал частиц, мВ;
 μ – вязкость среды при температуре проведения опыта, Па;
 S_k – длина 1-й клетки;
 n – количество клеток;
 Le – расстояние между электродами сравнения ($60 \cdot 10^{-3}$ м);
 ε_0 – диэлектрическая постоянная $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;
 ε_1 – диэлектрическая проницаемость среды при данной температуре;
 u – напряжение, В;
 τ – время движения частицы, с.

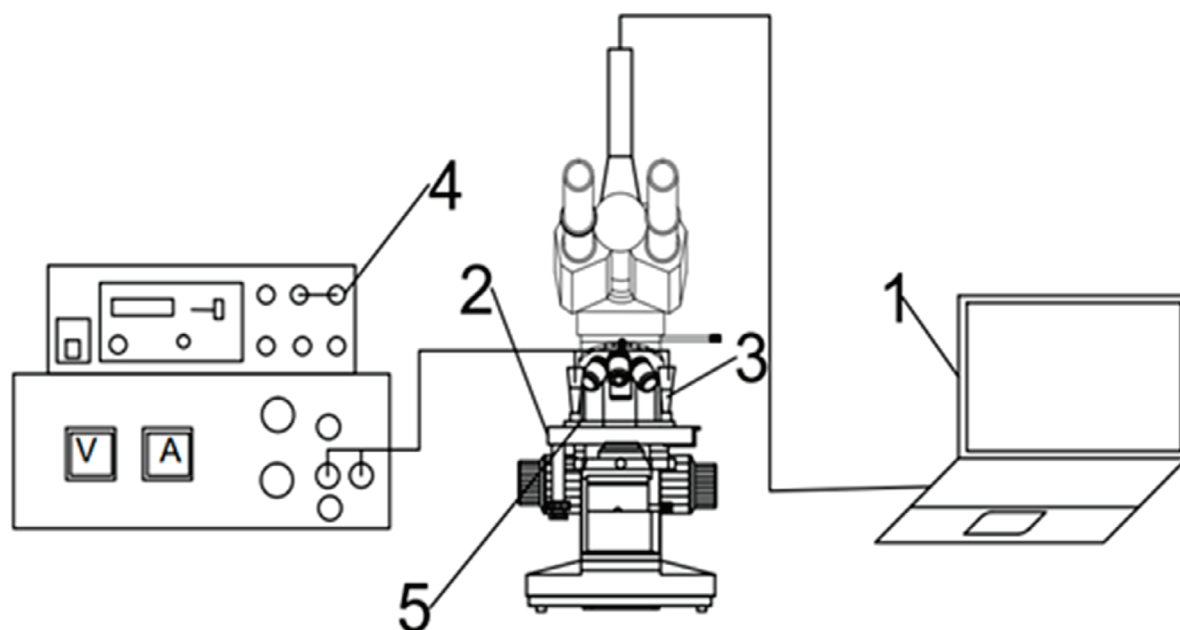


Рис. 2. Устройство для определения ζ -потенциала:

1 – компьютер, 2 – микроскоп Optics Digital Lab, 3 – ключи, 4 – цифровой вольтметр, 5 – электрофоретическая ячейка

Fig. 2. Device for determining the ζ -potential:

1 – computer, 2 – optics Digital Lab microscope, 3 – keys, 4 – digital voltmeter, 5 – electrophoretic cell

Результаты и их обсуждение

По формуле вычисляем ζ -потенциал бетулина в суспензии при различных концентрациях:

1) 0,01 моль/л:

$$\xi = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{60 \cdot 10^{-3}}{8,82 \cdot 10^{-12} \cdot 80 \cdot 24 \cdot 0,0624} = 113,6 \text{ мВ};$$

2) 0,05 моль/л:

$$\xi = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{60 \cdot 10^{-3}}{8,82 \cdot 10^{-12} \cdot 80 \cdot 53 \cdot 0,0628} = 76,6 \text{ мВ};$$

3) 0,1 моль/л:

$$\xi = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{60 \cdot 10^{-3}}{8,82 \cdot 10^{-12} \cdot 80 \cdot 226 \cdot 0,0634} = 23,7 \text{ мВ}.$$

На рис. 3 приведен график определения значения ζ -потенциала бетулина в суспензии при различных концентрациях.

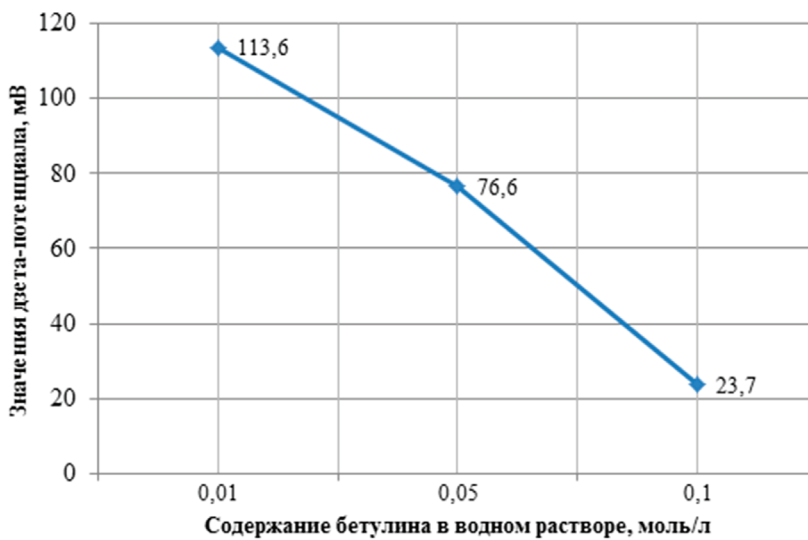


Рис. 3. График определения значения ζ -потенциала бетулина в суспензии при различных концентрациях

Fig. 3. Graph of the determination of the value of the ζ -potential of betulin in the suspension at different concentration

Далее приведена таблица, где по значению ζ -потенциала можно определить стабильное поведение коллоида.

ζ -потенциал является важным показателем стабильности коллоидных дисперсий. По графику видно, что при маленьком содержании бетулина в водном растворе стабильность его сохраняется и может сопротивляться агрегации, а с увеличением концентрации значение электрокинетического потенциала водного раствора бетулина уменьшается. Данные значения нам доказывают, что дисперсия может разрушиться и могут образоваться хлопья, и раствор может легко поддаться коагуляции или флокуляции.

Также по полученным видео движения частиц бетулина на компьютере было замечено, что они двигаются в сторону положительного заряда, это доказало нам, что заряд коллоидной частицы бетулина отрицательный.

Стабильность поведения коллоида в зависимости от электрокинетического потенциала
 The stability of the colloid behavior depends on the electrokinetic potential

Значение электрокинетического потенциала, мВ The value of the electrokinetic potential, mV	Стабильность поведения коллоида Stability of colloid behavior
От 0 до ± 5	Быстрая коагуляция или флокуляция Fast coagulation or flocculation
От ± 10 до ± 30	Начавшаяся нестабильность The instability that has begun
От ± 30 до ± 40	Умеренная стабильность Moderate stability
От ± 40 до ± 60	Хорошая стабильность Good stability
> 61	Отличная стабильность Excellent stability

Выводы

1. В ходе работы было замечено, что частицы бетулина отрицательно заряжены.

2. При снижении электрокинетического потенциала частиц уменьшается фактор электро-

статической устойчивости. Критической величиной, при которой электростатический фактор перестает действовать, является 30 мВ. При достижении этой величины бетулин может легко коагулировать.

3. Выявили, что стабильность коллоидной дисперсии бетулина уменьшается при большом содержании бетулина в суспензии, это позволит применять коагулянты в дальнейших исследованиях.

Список источников

1. Кислицын А. Н. Экстрактивные вещества бересты: выделение, состав, свойства, применение // Химия древесины. М. : Химия, 1994. 361 с.
2. Толстикова Г. А., Флехтер О. Б., Шульц Э. Э. Бетулин и его производные. Химия и биологическая активность // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 1–30.
3. Кагиров А. Г. Коллоидная химия : метод. указ. Томск : изд. XXX, 2017. 80 с.
4. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М. : Химия, 1988. 464 с.

References

1. Kislitsyn A. N. Extractive substances of birch bark: isolation, composition, properties, application // Chemistry of wood. M. : Chemistry, 1994. 361 p.
2. Tolstikov G. A., Flechter O. B., Schultz E. E. Betulin and its derivatives. Chemistry and biological activity // Chemistry in the interests of sustainable development. 2005. No. 13. P. 1–30.
3. Kagirow A. G. Colloidal chemistry : methodological guidelines. Tomsk : Publishing house XXX, 2017. 80 p.
4. Frolov Yu. G. Course of colloid chemistry. Surface phenomena and dispersed systems. M. : Khimiya, 1988. 464 p.

Информация об авторах

А. А. Захарова – магистр;

Г. И. Мальцев – доктор химических наук, профессор.

Information about the authors

A. A. Zakharova – master's degree student;

G. I. Maltsev – doctor of chemical sciences, professor.

Статья поступила в редакцию 24.06.2021; принята к публикации 23.08.2021.

The article was submitted 24.06.2021; accepted for publication 23.08.2021.

Рецензент: Сафин Р. Р. – заведующий кафедрой «Архитектура и дизайн изделий из древесины», доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань.

Reviewer: Safin R. R. – Head of the Department «Architecture and design of wood products», Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazan National Research Technological University, Kazan.

Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3. С. 68–73.
Forests of Russia and economy in them. 2021. № 3. P. 68–73.

Научная статья

УДК 66.081

doi: 10.51318/FRET.2021.97.22.009

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ МЕДИ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АКТИВНОГО УГЛЯ

Ильдар Касимович Гиндулин¹, Владимир Васильевич Юрченко²,
Алёна Павловна Лежнева³

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

¹ tradeek@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3249-3228>

² yurchenkovv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8290-3606>

³ navijoy@inbox.ru

Аннотация. Изучение термодинамических и кинетических характеристик позволяет более эффективно использовать углеродные адсорбенты в технологических процессах, чем поддерживается технология их использования на оптимальном уровне. В работе изучалась адсорбционная активность углеродных нанопористых материалов, рассчитывались кинетические характеристики процесса адсорбции, термодинамические характеристики (энергия Гиббса, энтальпия, константа адсорбции) адсорбции ионов меди на активных углях, полученных на установках (модульная пиролизная ретортная установка) и УВП (углевыжигательная печь). Установлено, что процесс идёт самопроизвольно, характер адсорбционного взаимодействия экзотермический. Адсорбционное равновесие достигается меньше чем за 15 мин.

Ключевые слова: активный уголь, термодинамика, энергия Гиббса, энтальпия, константа равновесия, сорбционная обменная емкость.

Scientific article

INVESTIGATION OF THE THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE EXTRACTION OF COPPER IONS FROM AQUEOUS SOLUTIONS USING ACTIVATED CARBON

Ildar K. Gindullin¹, Vladimir V. Yurchenko², Alyona P. Lezhneva³

^{1,2,3} Ural state forestry engineering university, Yekaterinburg, Russia

¹ tradeek@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3249-3228>

² navijoy@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8290-3606>

³ navijoy@inbox.ru

Abstract. The study of thermodynamic and kinetic characteristics allows more efficient use of carbon adsorbents in technological processes. Thus, keeping their use at an optimal level. The adsorption activity of carbon nanoporous materials was studied, the kinetic characteristics of the adsorption process, thermodynamic characteristics (Gibbs energy, enthalpy, adsorption constant) of copper adsorption on activated carbons obtained

at MPRP and CK installations were calculated in this work. It was found that the process is spontaneous ($G < 0$). The nature of the adsorption behavior is exothermic. Adsorption equilibrium is achieved in less than 15 minutes.

Keywords: activated carbon, thermodynamics, Gibbs energy, enthalpy, equilibrium constant, sorption exchange capacity.

Введение

Углеродные нанопористые материалы находят широкое применение в промышленности благодаря тому, что обладают рядом полезных свойств: развитой удельной поверхностью, селективностью, химической инертностью [1–3]. На сегодняшний день высокие технологические параметры наблюдаются у активных углей.

Для более эффективного применения углеродных сорбентов необходимо изучить их сорбционные свойства, определить термодинамические характеристики процесса, такие как энергия Гиббса, энтальпия, константа равновесия [4–6].

В работе исследовали термодинамические характеристики сорбции ионов меди из водных растворов на активных углях. Были проанализированы адсорбционные закономерности при различных температурах.

Методика исследования

Для исследования адсорбционных характеристик брали 0,5 г сорбента, помещали в колбу вместимостью 250 мл, добавляли 100 мл модельного раствора с известной начальной концентрацией распределяемого вещества, закрывали пробкой и ставили на аппарате для встряхивания.

Для установления равновесия через каждые 3 мин снимали по одной пробе и проверяли конеч-

ную концентрацию. Опыт проводили до тех пор, пока конечная концентрация не станет постоянной.

Затем строили график зависимости изменения концентрации определяемого вещества от времени контакта фаз.

Для построения изотерм адсорбции использовали растворы с различными концентрациями от 0,09 до 0,47 ммоль/л. В каждый из растворов добавляли навеску адсорбента. Раствор с навеской ставили на аппарат для встряхивания и перемешивали в соответствии с установленной продолжительностью контакта (см. выше).

Равновесную концентрацию определяли на фотоколориметре по ГОСТ 4388-72 «Вода питьевая».

Адсорбцию рассчитывали по следующему формулам.

Рассчитывали $C_{извл}$ и коэффициент адсорбции Γ :

$$C_{извл} = C_{нач} - C_{рав}$$

где $C_{извл}$ – извлеченная концентрация раствора, моль/дм³;

$C_{нач}$ – начальная концентрация раствора, моль/дм³;

$C_{рав}$ – равновесная концентрация раствора, моль/дм³;

$$\Gamma = \frac{C_{извл} V_{p-ра}}{m_{адс}}$$

Γ – коэффициент адсорбции;

$V_{p-ра}$ – объем раствора, взятого для анализа, л;

$m_{адс}$ – масса угля, взятого для анализа, г.

В результате полученных данных строили изотерму адсорбции (рис. 1) в координатах $C_{рав}$ (Γ).

Далее рассчитывали энергию Гиббса по уравнению изотермы Вант-Гоффа:

$$\Delta G = -RT \log K,$$

где ΔG – энергия Гиббса, Дж/моль;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);

T – температура, К;

K – константа адсорбции.

Далее строили зависимость в координатах $\Delta G - T$, определялось уравнение прямой вида $y = ax + b$, где $a = \Delta S$, $b = \Delta H$ (рис. 2).

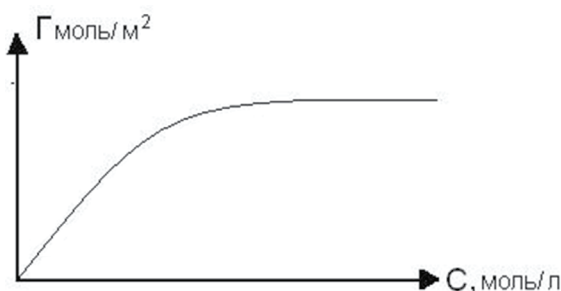


Рис. 1. Изотерма адсорбции Лэнгмюра
Fig. 1. Langmuir adsorption isotherm

Результаты и их обсуждение

Для анализа брали активный уголь, различного качества: 1 – образец угля, полученный на установке МПРУ (модульная пиролизная ретортная установка), 2 – образец угля, полученный на установке УВП (углевыжигательная печь).

Одним из показателей, определяющих эффективность работы оборудования, является скорость процесса. Поэтому была определена зависимость адсорбции меди на активном угле от продолжительности контакта фаз. На рис. 3 показана зависимость удельного количества сорбированной меди от продолжительности его контакта с углем.

Установлено, что адсорбционное равновесие достигается спустя 12 мин для угля 1-го образца и 15 мин для угля 2-го образца – процесс выходит на постоянные значения емкости углей. Это говорит о том, что в системе наступило время сорбционного равновесия.

Одним из показателей, влияющих на сорбционные свойства угля, является температура. Поэтому были определены зависи-

мости адсорбции меди от равновесной концентрации исследуемого раствора при различных температурах, которые показаны на рис. 4–5.

Для образцов угля № 1 и № 2 наблюдается S-образный характер изотермы адсорбции, что может свидетельствовать о полимолекулярной адсорбции. Для определения констант адсорбции обрабатывали полученные зависимости с помощью теории адсорбции Ленгмюра. Для исследования результатов адсорбции изотерму разделили на 2 участка. Первый участок соответствует первой стадии процесса, второй участок – второй стадии процесса (рис. 6, 7).

Для 2-го образца угля было выявлено повышение емкости угля при увеличении температуры. По нашему мнению, такое поведение связано с тем, что процесс адсорбции в данном случае лимитируется диффузионной областью.

Для получения более полных характеристик процесса строили изотермы Вант-Гоффа и из них определяли ΔH , ΔG (таблица).

Рассчитаны изменения эн- тальпии при всех адсорбци-

онных процессах. Данные показывают на экзотермический характер процесса ($\Delta H > 0$). Рассчитанные значения энергии Гиббса для всех образцов угля в процессе сорбции также меньше нуля, что свидетельствует о самопроизвольном характере протекания процесса.

В адсорбционном процессе можно выделить, кроме собственно адсорбции, стадию переноса вещества – диффузии молекул адсорбтива. Установление адсорбционного равновесия в непосредственной близости к поверхности адсорбента требует незначительного времени по сравнению с таковым в процессе диффузии. Поэтому для кинетического подхода механизм диффузии имеет большое значение.

Адсорбция на углях идет по следующим стадиям:

- 1) диффузия сорбата к поверхности адсорбента;
- 2) диффузия сорбата внутри поверхностного слоя к поверхности адсорбента;
- 3) диффузия сорбата внутри поры к адсорбционному центру.

Внутри поры сорбат может перемещаться, потому что имеется избыточная поверхностная

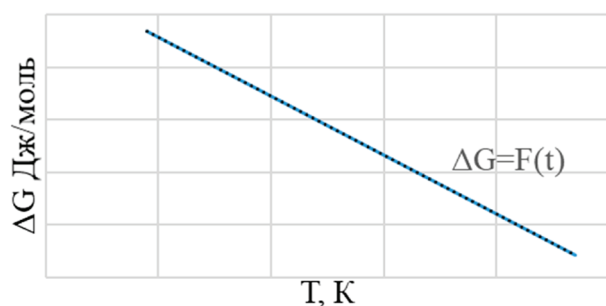


Рис. 2. Изотерма Вант-Гоффа
Fig. 2. Vant-Hoff isotherm

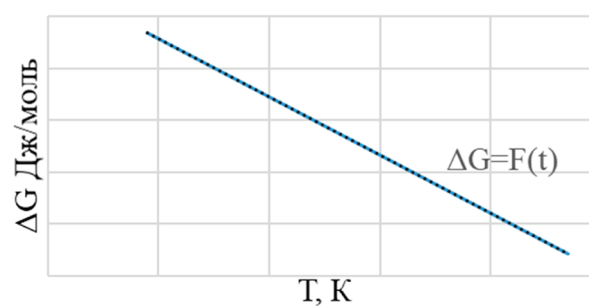


Рис. 3. Зависимость величины адсорбции
от времени контакта фаз
Fig. 3. Dependence of the adsorption value
on the contact time of the phases

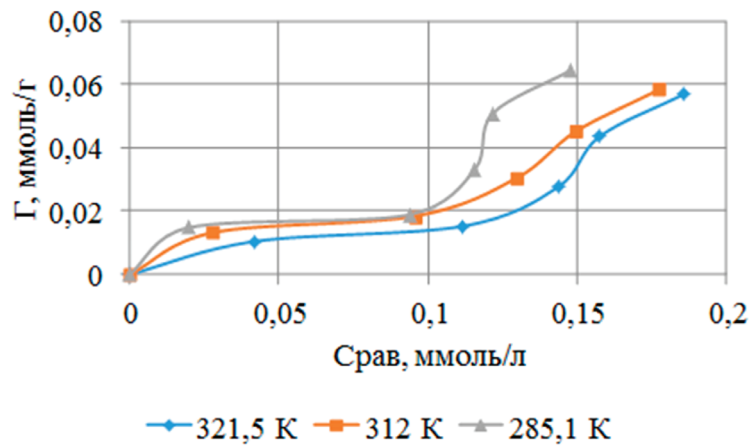


Рис. 4. Зависимость величины адсорбции от равновесной концентрации при различных температурах для активированного угля образца № 1
 Fig. 4. Dependence of the adsorption value on the equilibrium concentration at different temperatures for sample № 1, for activated carbon

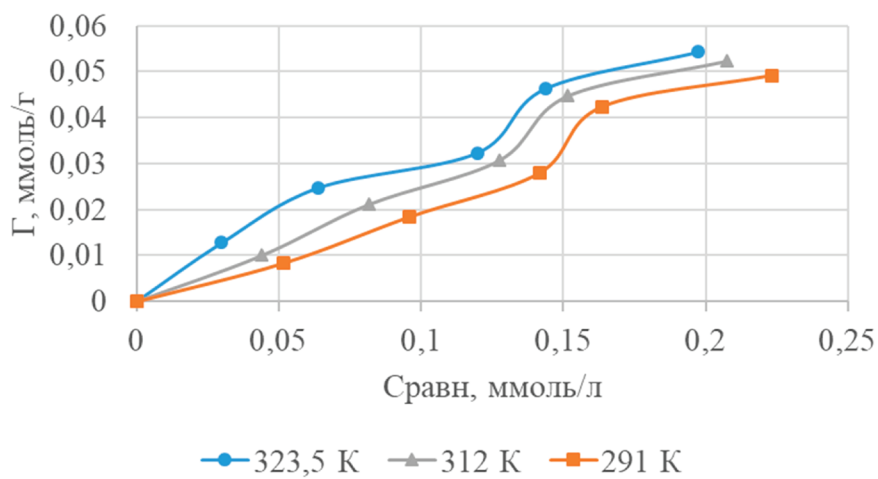


Рис. 5. Зависимость величины адсорбции от равновесной концентрации при различных температурах для активированного угля образца № 2
 Fig. 5. Dependence of the adsorption value on the equilibrium concentration at different temperatures for sample № 2, for activated carbon

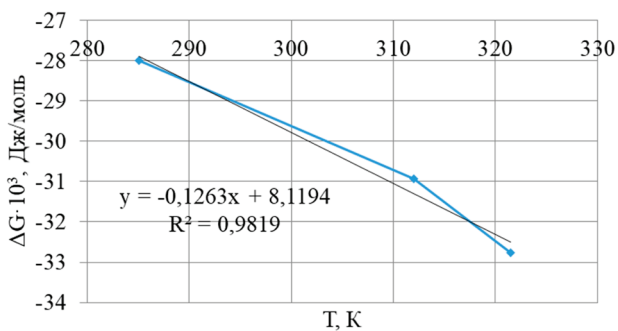


Рис. 6. Изотерма Вант-Гоффа для 1-го образца
 Fig. 6. Vant-Hoff isotherm for 1 sample

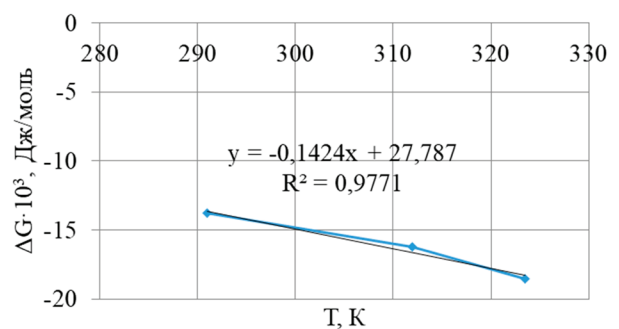


Рис. 7. Изотерма Вант-Гоффа для 2-го образца
 Fig. 7. Vant-Hoff isotherm for 1 sample

Расчетные термодинамические характеристики сорбции ионов меди на сорбенте, полученном из 1-го и 2-го образцов угля
Calculated thermodynamic characteristics of the sorption of copper ions on the sorbent obtained from the 1st and 2nd coal samples

T, K	K	ΔG , Дж	ΔH , Дж/моль
1-й образец			
285,1	135297	-27992,41	8119,4
312	140252	-30935,6	
321,5	194964	-32763,5	
2-й образец			
323,5	300,745	-13798,9	27787
312	502,687	-16236,2	
291	946,268	-18546,7	

энергия. Диффузия к поверхностному слою и в поверхностном слое – чисто диффузионные процессы. Скорее всего, с увеличением температуры эти процессы ускоряются. Они и являются в нашем случае лимитирующими (процесс идет в диффузионной области).

Выводы

В данной работе были изучены термодинамические харак-

теристики процесса извлечения меди из водных растворов на активных углях, полученных при различных технологических параметрах.

При анализе адсорбционного извлечения меди из водных растворов активными углями установлено, что процесс носит экзотермический характер ($\Delta H > 0$). Расчеты энергии Гиббса показывают, что процесс идет самопроизвольно ($\Delta G < 0$).

Время достижения адсорбционного равновесия не превышает 15 мин для обоих образцов углей.

По результатам данной работы углеродные нанопористые материалы можно рекомендовать для применения в процессах сорбционного извлечения тяжелых металлов из сточных вод, а также в процессах осветления.

Список источников

1. Юрьев Ю. Л. Тенденции развития технологии пиролиза древесины // Леса России и хоз-во в них. 2016. Вып. 3 (58). С. 58–63.
2. Юрьев Ю. Л. Получение и использование березового активного угля для доочистки питьевой воды // Изв. высш. учеб. завед. Лесн. жур. 2020. № 3 (375). С. 169–175.
3. Юрьев Ю. Л., Панова Т. М. Основные направления производства и переработки древесного угля // Химия и химическая технология переработки растительного сырья : матер. докл. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения В. М. Резникова / Белорус. гос. технолог. ун-т. – 2018. – С. 20–22.
4. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение. Л. : Химия, 1984. 216 с.
5. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М. : Химия, 1988. 464 с.
6. Адсорбция органических веществ из воды / А. М. Когановский, Н. А. Клименко, Т. М. Левченко, И. Г. Рода. Л. : Химия, 1990. 256 с.

References

1. Yuryev Yu. L. The development trends of technologies of pyrolysis of wood // Russian forests and economy in them. 2016. iss. 3 (58). P. 58–63.
2. Yuriev Yu. L. Production and Use of Birch Activated Carbon for Drinking Water Post-Treatment // Russian Forestry Journal. 2020. № 3. P. 169–175. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-169-175.
3. Yuryev Y. L., Panova T. M. Main directions of production and processing of charcoal // Chemistry and chemical technology of vegetable raw materials processing : report materials. International scientific and technical conf., dedicated to the 100th anniversary of the birth of V. M. Reznikov / Belarusian state technological university. Minsk, 2018. P. 20–22.
4. Keenle H., Bader E. Active coals and their industrial application. Leningrad : Chemistry, 1984. 216 p.
5. Frolov Yu. G. Colloidal chemistry course. Surface phenomena and dispersed systems. Moscow : Chemistry, 1988. 464 p.
6. Adsorption of organic substances from water / A. M. Koganovsky, N. A. Klimenko, T. M. Levchenko, I. G. Rod. Leningrad : Chemistry, 1990. 256 p.

Информация об авторах

*И. К. Гиндулин – кандидат технических наук, доцент;
В. В. Юрченко – старший преподаватель;
А. П. Лежнева – магистр.*

Information about the authors

*I. K. Gindulin - candidate of technical sciences, associate professor;
V. V. Yurchenko - senior lecturer;
A. P. Lezhneva - undergraduate student.*

Статья поступила в редакцию 24.06.2021; принята к публикации 25.08.2021.

The article was submitted 24.06.2021; accepted for publication 25.08.2021.

Рецензент: Сафин Р. Р. – заведующий кафедрой «Архитектура и дизайн изделий из древесины», доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань.

Reviewer: Safin R. R. – Head of the Department «Architecture and design of wood products», Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazan National Research Technological University, Kazan.

Леса России и хозяйство в них. 2021. № 3. С. 74–79.

Forests of Russia and economy in them. 2021. № 3. P. 74–79.

Научная статья

УДК 551.510:504.064(470.5)

doi: 10.51318/FRET.2021.77.16.010

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МОДЕЛИ ПРОЦЕССОРА ДЛЯ КОЛКИ ДРОВ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Милена Владимировна Жидких¹, Борис Евтифеевич Меньшиков²

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

¹ zhidkikhmv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1676-3403>

² menshikovbe@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3186-3725>

Аннотация. В реалиях XXI века дрова являются конкурентоспособным топливом, не уступающим по теплоте сгорания торфу, сланцам, а по некоторым другим свойствам, таким как зольность, содержание серы и др., древесина является лучшим из всех видов твердого топлива. В последние годы наблюдается увеличение спроса на короткомерные колотые дрова на внутреннем рынке России. Кроме того, данный вид лесной продукции становится экспортным товаром. В работе представлены результаты исследования распределения дров по ступеням толщины в зависимости от среднего объема хлыста. В Российской Федерации это тонкомерные до 0,3 м³ древостои средней крупности 0,3–0,7 м³, толстомерные древостои свыше 0,7 м³. Были рассчитаны проценты распределения дровяной древесины по толщинам в зависимости от среднего объема хлыста. В древостоях различной крупномерности распределение дров по группам диаметров значительно отличается. Рассмотрена зависимость толщины древостоя от места его произрастания. На предприятиях Российской Федерации широко применяются финские процессоры марки PALAPOWER и словенские процессоры марки RCA, также используются отечественные процессоры марки ДРС. Результаты исследования имеют практическое значение и могут быть использованы для выбора моделей процессоров в различных лесозаготовительных регионах Российской Федерации. Кроме того, эти данные можно применять в расчёте производительности работ по производству дров.

Ключевые слова: дровяное долгогольё, древостои различной крупномерности, распределение дров по ступеням толщины, процессоры.

Scientific article

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE PROCESSOR FOUR FUEL WOOD MODEL FOR DIFFERENT FOREST REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Milena Vladimirovna Zhidkikh¹, Boris Yevtifeevich Menshikov²

^{1,2} Ural state forestry engineering university, Yekaterinburg, Russia

¹ zhidkikhmv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1676-3403>

² menshikovbe@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3186-3725>

Abstract. Firewood is a competitive fuel in the realities of the XXI century, not inferior in terms of heat of combustion to peat, shale, and in some other properties, such as ash content, sulfur content, etc., wood is the best of all types of solid fuel. In recent years, there has been an increase in demand for short-sized chopped firewood

in the domestic market of Russia. In addition, this type of forest products becomes an export commodity. The paper presents the results of a study of the distribution of firewood by thickness steps depending on the average volume of the whip. In the Russian Federation, these are thin-dimensional stands of up to 0,3 m³, medium – sized stands of 0,3–0,7 m³, thick-dimensional stands of over 0,7 m³. The percentages of the distribution of woodwood by thickness were calculated depending on the average volume of the whip. In stands of various sizes, the distribution of firewood by diameter groups differs significantly. The dependence of the thickness of the stand on the place of its growth is considered. Processors of various brands that differ in the parameter of processing raw materials are studied. Finnish processors of the PALAPOWER brand and Slovenian processors of the RCA brand are widely used at enterprises of the Russian Federation, domestic processors of the DRS brand are also used. The results of the study are of practical importance and can be used to select processor models in various logging regions of the Russian Federation. In addition, these data can be used to calculate the productivity of work on the production of firewood.

Keywords: Wood longevity, forest stands of various sizes, distribution of firewood in steps of thickness, processors.

Введение

Значение древесины как топлива в XXI веке не только не уменьшается, а возрастает, причем это касается не только стран третьего мира, но и промышленно развитых регионов [1, 2]. Данная тенденция связана с целым рядом факторов. Прежде всего, древесина относится к естественно возобновляемому и представленному в больших объемах экологически чистому источнику энергии. Дрова являются конкурентоспособным топливом, не уступающим по теплоте сгорания торфу и сланцам. По некоторым другим свойствам, таким как зольность, содержание серы и др., древесина является лучшим из всех существующих видов твердого топлива [3]. Каждые 4–5 м³ древесного топлива эквивалентны 1 т мазута или 1000 м³ газа. Очень важным фактором является и то, что древесина – это единственный вид топлива, естественно возобновляемый в больших объемах, в то время как запасы горючих ископаемых ограничены. Большую

популярность получило применение топливных брикетов. В Европе используется порядка 10 млн т такого топлива ежегодно [3, 4]. Кроме них, короткомерные колотые дрова пользуются все большим спросом в качестве топлива для различных бытовых целей не только на внутреннем рынке России. Постепенно они становятся одним из видов экспортной продукции. В Европе сложился и развивается рынок дров камерной сушки, как каминного топлива, поэтому данное направление переработки древесного сырья все более широко развивается в Беларуси, на Украине, странах Балтии [4]. Текущий уровень цен и курс российского рубля делают экспорт такой продукции довольно выгодным бизнесом. Современное оборудование позволяет наладить производство дров в промышленных масштабах, причем технологии их изготовления требуют меньших инвестиций, не говоря уже об альтернативных технологиях переработки древесины. В связи с этим полу-

чение короткомерных колотых дров на предприятиях лесного комплекса Российской Федерации является одним из перспективных направлений производственной деятельности, позволяющих выпускать все более востребованную в силу целого ряда причин продукцию. Особенно актуально промышленное производство данного вида продукции для предприятий, тяготеющих к крупным региональным центрам – Московской, Ленинградской областям, курортным центрам юга России, Урала и Сибири.

Цель, объекты и методика исследований

Цель исследования – обоснование выбора модели процессора и его сменной производительности в различных регионах Российской Федерации. Для её достижения были поставлены следующие задачи.

1. Исследовать распределение дров по ступеням толщины в древостоях различной крупности.

2. Определить время цикла для производства короткомерно колотых дров различных диаметров и производительность при переработке дров различной толщины.

Дровяное долготёе как сырьё для получения короткомерных колотых дров отличается большим разнообразием характеристик, одной из главных, влияющих на выбор оборудования для разделки и расколки долготёе, является диаметр [5]. Параметры дров зависят от толщины древостоя, в Российской Федерации это 3 категории:

- тонкомерные до $0,3 \text{ м}^3$: Мурманская область, Архангельская область, Республика Коми, Республика Карелия, Вологодская область, Ленинградская область;
- древостои средней крупности $0,3\text{--}0,7 \text{ м}^3$: Свердловская

область, Пермский край, Тюменская область, Кировская область, Новгородская область, Республика Удмуртия, Кемеровская область, Костромская область, Томская область, Республика Башкортостан, Сахалинская область;

– толстомерные древостои свыше $0,7 \text{ м}^3$: Красноярский край и Иркутская область.

В древостоях различной крупности распределение дров по группам диаметров значительно отличается. На рисунке представлен график функции распределения дров по ступеням толщины в зависимости от среднего объёма хлыста.

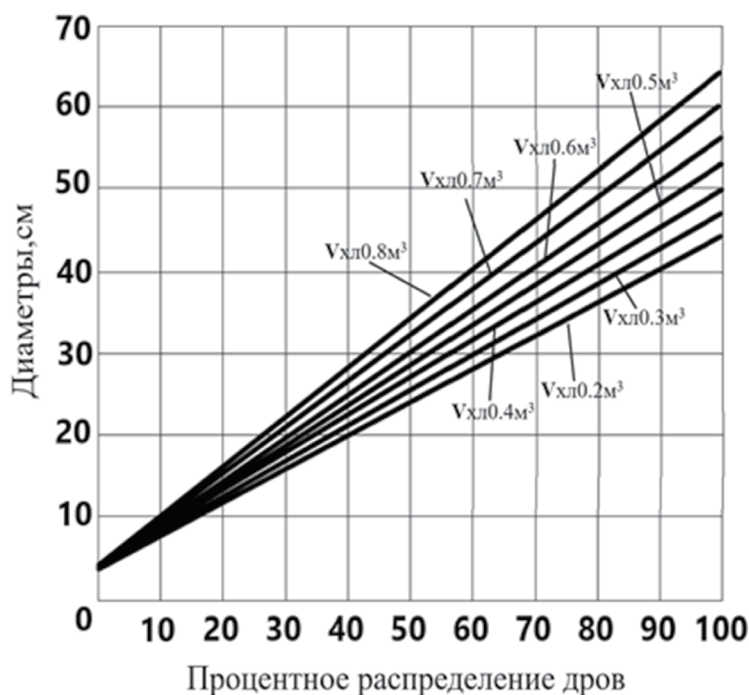
Результаты и обсуждение

Исходя из приведённого графика, были рассчитаны проценты распределения дровяной

древесины по толщине в зависимости от среднего объёма хлыста. Результаты представлены в табл. 1.

Для переработки дровяного долготёе и получения короткомерно колотых дров используются процессоры различных марок. На предприятиях Российской Федерации широко применяются финские процессоры марки PALAPOWER и словенские процессоры марки RCA, также применяются отечественные процессоры марки ДРС. Различные модели отличаются параметром переработки сырья. В табл. 2 представлены параметры таких процессоров.

Как видно из табл. 2, в тонкомерных древостоях для хлыстов с объёмом $0,2$ и $0,3 \text{ м}^3$ можно использовать процессоры с перерабатываемым диаметром до 38 см . К таким процессорам относятся RCA модель 380 словенского производства, марки PalaxKS модель 35 TR/OND финского производства или марки ДРС модель 400 (Россия). Для древостоев средней крупности с объёмом хлыста $0,4$, $0,5$ и $0,6 \text{ м}^3$ можно использовать процессоры с перерабатываемым диаметром до 48 см . К таким относятся финские процессоры марки RCA модель 480 JOY и словенские процессоры марки Powerмодель 100sTR. В условиях крупномерных древостоев с объёмом хлыста $0,7$ и $0,8 \text{ м}^3$ часть сырья (80%) следует перерабатывать на процессорах марки RCA модели 480JOY с диаметром переработки 48 см , а 20% – на более мощных процессорах



Распределение дров по ступеням толщины в зависимости от среднего объёма хлыста [6]

Distribution of firewood in steps of thickness, depending on the average volume of the whip [6]

Таблица 1

Table 1

Распределение дровяной древесины по толщинам в зависимости от среднего объема хлыста
Distribution of firewood by thickness, depending on the average volume of the whip

Средний объем хлыста, м ³ Average whip volume, m ³		Распределение дровяной древесины, % (по объему) по группам толщины, см Firewood distribution, % (by volume), by groups of thickness, cm				
		До 13	14–24	26–38	40–48	48 и более
Тонкомерные Thin log	0,2	25	50	22	3	-
	0,3	23	41	26	9	1
Средней крупности Medium log	0,4	20	37	29	11	3
	0,5	19	30	31	15	5
	0,6	18	29	24	19	10
Толстомерные Thick log	0,7	17	26	21	21	15
	0,8	15	20	20	25	20

Таблица 2

Table 2

Характеристика процессоров
Characteristics of processors

Марка процессора Brand processor	Количество частей по группам толщины, см Number of parts by groups of thickness, cm				Мак диаметр, см Max diameter, cm
	До 13	14–24	26–38	40–48	
Power 70 s TR (Финляндия)	2	4	–	–	25
Palax KS 35 TR/OND (Финляндия)	2	4	6	–	35
RCA380 (Словения)	2	4	6	–	38
Power 100 s TR (Финляндия)	2	4	6	8	40
RCA 400 JOY (Словения)	2	4	6	8	40
ДРС-400 (Россия)	2	4	6	8	40
RCA 400 JOY (Словения)	2	4	6	8	48

с диаметром переработки до 100 см или на других видах оборудования – колунах.

Заключение

Полученные результаты исследования по распределению дровяного долготья по группам

диаметров в древостоях различной крупномерности необходимы для рационального выбора моделей процессоров, работающих в условиях различных лесозаготовительных регионов Российской Федерации. Данные можно использовать и в расчёте

производительности, при планировании работ по производству короткомерных колотых дров с учётом выбранного процессора и параметров сырья для производства продукции.

Список источников

1. Ледницкий А. В., Протас П. А. Сравнительный анализ эффективности производства топливной щепы из дров, отходов лесозаготовок и деревообработки // Тр. БГТУ. Экономика и управление. 2010. № 7. С. 127–132.
2. Любов В. К., Попов А. Н., Мюллер О. Д. Исследование эффективности сжигания дров в стальных водогрейных котлах // Вестник Череповец. гос. ун-та. 2013. № 2-2 (48). С. 16–21.
3. Щелоков Я. М. Немного слов в защиту дров // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. № 4 (66). С. 15–17.
4. Влияние физических параметров поленьев каминных дров на плотность их укладки в упаковку / М. Давиданс, А. Савельев, С. Е. Арико [и др.] // Тр. БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2019. № 2 (222). С. 204–208.
5. ГОСТ 3243-88. Дрова. Технические условия. Firewood. Specifications. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200014999>
6. Размерно-качественная характеристика сортиментов : учеб. пособие / В. В. Чамеев, В. В. Обвинцев, Б. Е. Меньшиков, Е. В. Гаева. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 102 с.
7. Европейский стандарт EN 14961-1: 2010 Solidbiofuels Fuelspecification sandclasses. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200119853>

References

1. Lednitsky A. V., Protas P. A. Comparative analysis of the efficiency of fuel chips production from firewood, logging and woodworking waste // Trudy BSTU. No. 7. Economics and Management. 2010. №. 7. P. 127–132.
2. Lyubov V. K., Popov A. N., Muller O. D. Investigation of the efficiency of burning firewood in steel hot-water boilers // Bulletin of the Cherepovets State University. 2013. № 2-2 (48). P. 16–21.
3. Shchelokov Ya. M. A few words in defense of firewood // Energy saving and water treatment. 2011. № 4 (66). P. 15–17.
4. The influence of physical parameters of fireplace logs on the density of their packing / M. Davidans, A. Savelyev, S. E. Ariko [et al.] // Trudy BSTU. Series 1: Forestry, environmental management and processing of renewable resources. 2019. № 2 (222). P. 204–208.
5. GOST 3243-88 Firewood. Technical conditions. Firewood. Specifications. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200014999>
6. Dimensional and qualitative characteristics of sortings : Textbook, Series: fundamentals of designing timber industries. A systematic approach. / Chameev V. V., Accusantsev V. V., Menshikov B. E., Gaeva E. V. Yekaterinburg : Ural State Forestry Engineering. Un-t, 2002. 102 p.
7. European standard EN 14961-1:2010 Solidbiofuels Fuelspecification sandclasses. URL: [http:// docs.cntd.ru/document/1200119853](http://docs.cntd.ru/document/1200119853)

Информация об авторах

М. В. Жидких – магистрант;

Б. Е. Меньшиков – кандидат технических наук, профессор.

Information about the authors

M. V. Zhidkikh - undergraduate student;

B. E. Menshikov - candidate of technical sciences, professor.

Статья поступила в редакцию 23.06.2020; принята к публикации 27.08.2021.

The article was submitted 23.06.2020; accepted for publication 27.08.2021.

Рецензент: *Кожевников А. П., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ науки «Ботанический сад» УрО РАН.*

Reviewer: *Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Science «Botanical Garden», Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.*
