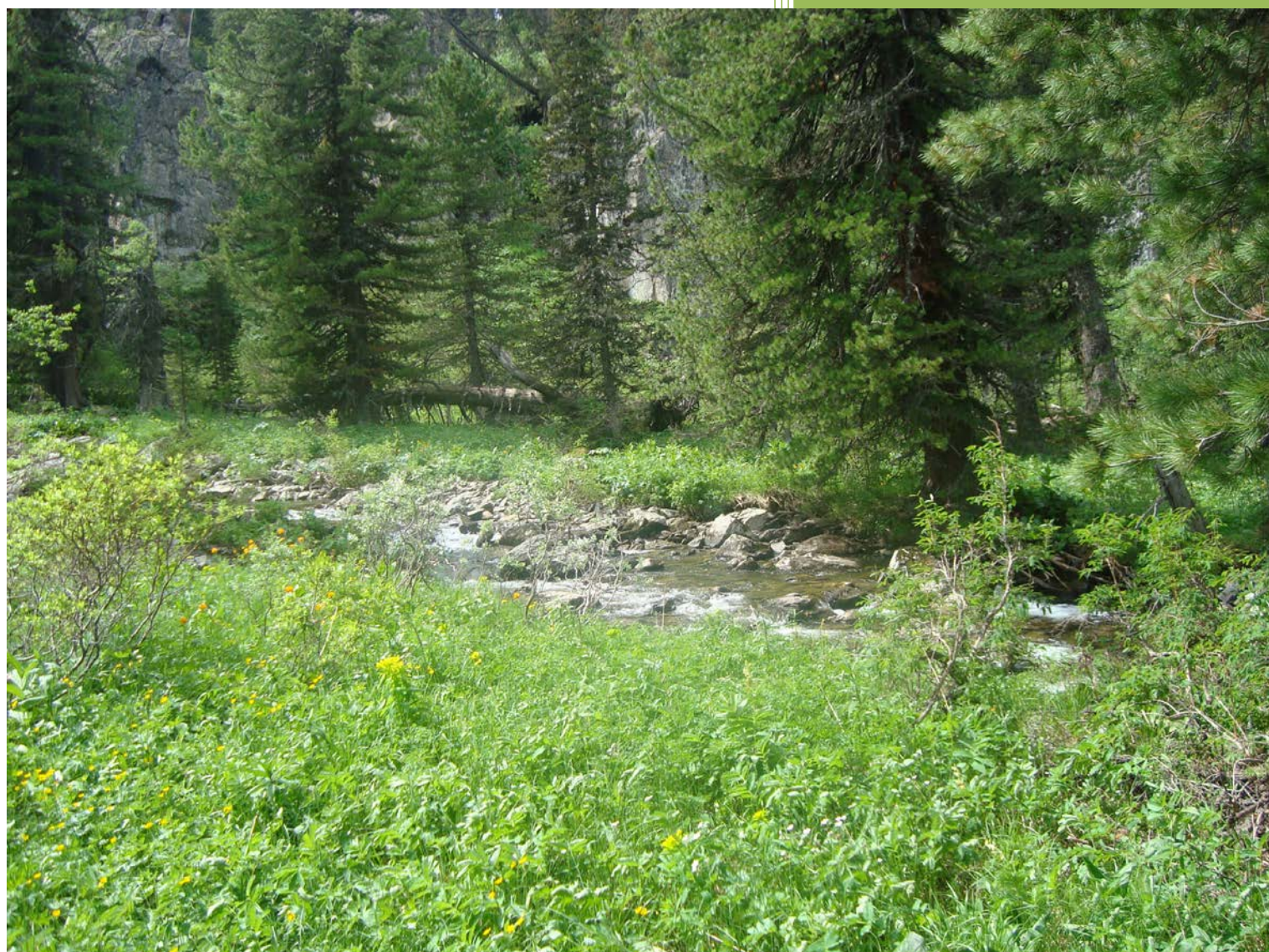


ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ



Редакционный совет:

Е. П. Платонов – председатель редакционного совета,
главный редактор
М. В. Газеев – 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
А. В. Бачурина – ответственный за выпуск
Е. Л. Михайлова – редактор
Т. В. Упорова – компьютерная верстка

Фото на обложке Л. А. Белова

Материалы для публикации подаются ответственному
за выпуск журнала А. В. Бачуриной
(контактный телефон +79502011169)
или в РИО (контактный телефон +7(343)262-96-10),
e-mail: 9502011169@mail.ru

Подписано в печать 18.06.19.
Дата выхода в свет 27.06.2019.
Формат 60 × 84 1/8. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 8,4. Усл. печ. л. 9,3.
Тираж 100 экз. (1-й завод 30 экз.). Бесплатно. Заказ №

Учредитель: ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
тел.: 8(343)262-96-10. Редакционно-издательский отдел

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», 2019

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 статьи 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 / Draw 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 RTE) 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

Крекова Я. А., Залесов С. В.

История интродукции древесных растений на территории Западной Сибири
и Северного Казахстана 4

Годовалов Г. А., Чермных А. И., Усов М. В., Лобанов В. Л.

Опыт проведения чересполосных постепенных рубок в насаждениях
Южно-Уральского лесостепного района 14

Прокушкин А. С., Прокушкин С. Г.

Структура фитомассы деревьев лиственницы Гмелина в Центральной Эвенкии 22

Бачурина А. В., Куликова Е. А.

Оценка качества среды на территории г. Новотроицка Оренбургской области
по состоянию березы повислой 30

Колтунов Е. В.

Особенности распространения стволовых и корневых гнилей в городских древесных
насаждениях и лесопарках 37

Усольцев В. А., Уразова А. Ф., Борников А. В.

Удельная первичная продукция биомассы деревьев в градиентах токсичности вблизи
медеплавильных производств Урала и неопределенности ее оценки и интерпретации 44

Юрьев Ю. Л.

Аналитический обзор российских патентов по термохимической переработке
древесины за 2004–2018 гг. 50

Эбель Е. И., Залесова Е. С., Зарубина Л. В.

Динамика среднего диаметра древостоя при рубках ухода в сосняках 55

Ершова А. С., Савиновских А. В., Артёмов А. В., Бурындин В. Г.

Использование отходов лесопарковых зон для получения пластиков
без добавления связующих веществ 62

Панин И. А., Кряжевских Н. А., Грудцын А. А.

Лесные ресурсы медоносов североуральской среднегорной лесорастительной
провинции Свердловской области. 71

Содержание

Krekova Y. A., Zalesov S. V.

The history of woody plants introduction on the territory West Siberia and North Kazakhstan 5

Godovalov G. A., Chermnykh A. I., Usov M. V., Lobanov V. L.

The experience of strip-gradual felling in forest stands of the South Ural forest steppe region .. 15

Prokushkin A. S., Prokushkin S. G.

Phytomass structure of *Larix Gmelini* (Rupr.) trees in Central Evenkia 22

Bachurina A. V., Kulikova E. A.

Assessment of the quality of the environment in the territory of the Novotroitsk city of the Orenburg Region as the condition of the *Betula pendula* Roth..... 31

Koltunov E. V.

Features of the stem and root rot distribution in urban woody plants and forest parks 38

Usoltsev V. A., Urazova A. F., Bornikov A. V.

Specific primary production of tree biomass in toxicity gradients near Ural copper smelters and the uncertainty of its evaluation and interpretation 45

Yuriev Yu. L.

Analytical review of Russian patents on thermo-chemical processing of wood for 2004–2018 years 50

Ebel E. I., Zalesova E. S., Zarybina L. V.

Dynamics of stands average diameter under improvement felling in pine stands 55

Yershova A. S., Savinovskikh A. V., Artyomov A. V., Bryndin V. G.

The use of waste forest areas for production of plastics without the addition of binders 63

Panin I. A., Kryazhevskikh N. A., Grudtsyn A. A.

Forest resources of nectariferous in north urals mid-mountain forest growing province..... 72

УДК 630.181.28:581.522(571.1)(574)

ИСТОРИЯ ИНТРОДУКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Я. А. КРЕКОВА – кандидат сельскохозяйственных наук,
доктор РНД, Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
и агролесомелиорации (КазНИИЛХА)
021704, Казахстан, Щучинск, ул. Кирова, 58,
тел./факс: 8(71636) 4-11-53, e-mail: yana24.ru@mail.ru

С. В. ЗАЛЕСОВ – доктор сельскохозяйственных наук,
профессор ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет»
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
e-mail: zalesov@usfeu.ru

Ключевые слова: *Западная Сибирь, Северный Казахстан, интродукция, древесно-кустарниковые виды, ботанический сад, дендропарк, арборетум.*

На основании анализа литературных источников и материалов собственных исследований предпринята попытка описания истории интродукции древесных растений на территории Западной Сибири и Северного Казахстана. Отмечается, что интродукция является одним из важнейших путей повышения производительности устойчивости и биологического разнообразия насаждений, способом расширения возможностей озеленения городов и населенных пунктов.

Начало интродукционной деятельности на территории Западной Сибири приходится на середину XVII столетия, когда вблизи г. Барнаула академиком К.Г. Лаксманом был заложен сад, в котором собраны и выращивались сибирские древесные растения.

В 1763 г. был заложен аптекарский огород в Тобольске, а в 1769 г. в Барнауле – сад лекарственных растений. Последний к 1800 г. перерос в ботанический сад, где была собрана богатая коллекция сибирской и китайской флоры. Однако до 1885 г. интродукция растений носила любительский характер и лишь в 1885 г. на территории Сибири в г. Томске был заложен первый ботанический сад, который в настоящее время является крупным ботаническим научно-исследовательским учреждением.

В последующие годы ботанические сады и дендропарки были созданы в г. Омске, Новосибирске, Кемерове и с. Камлак (Горный Алтай). Небольшие ботанические сады были заложены в Северном Казахстане. В частности в 1898 г. возник дендросад в г. Щучинске Акмолинской области, а в 1900–1905 гг. создаются дендросады при усадьбах лесничих. При этом было интродуцировано свыше 150 древесно-кустарниковых видов.

В 1912 г. был создан ботанический сад в г. Петропавловске. В 1961 г. образована лаборатория селекции, семеноводства и интродукции при Казахском научно-исследовательском институте лесного хозяйства и агролесомелиорации, а также создан дендропарк в г. Щучинск. В 1966 г. при том же учреждении был создан арборетум. В дендропарке и арборетуме за последующие годы было испытано более 2000 видов, форм и сортов древесных растений.

Перенос столицы Республики Казахстан в г. Астану (ныне Нурсултан) усилил интерес к интродукции древесных растений, что способствовало созданию арборетума при лесном питомнике «Ак кайын», а также открытию в 2018 г. государственного ботанического сада.

Центром интродукционной работы на территории Западной Сибири и Северного Казахстана в настоящее время являются ботанические сады, дендропарки и арборетумы в г. Томск, Барнаул, Новосибирск, Горно-Алтайск, Омск, Петропавловск, Щучинск и др.

THE HISTORY OF WOODY PLANTS INTRODUCTION ON THE TERRITORY OF WEST SIBERIA AND NORTH KAZAKHSTAN

Ya. A. KREKOVA – candidate of agricultural sciences,
Dr. PHD, Kazakh Research Forestry Institute and agroforestry (KazNIILKHA)
021704, Kazakhstan, Schuchinsk, st. Kirova, 58,
phone/fax: 8 (71636) 4-11-53, e-mail: yana.24.ru@mail.ru

S. V. ZALESOV – doctor of Agricultural Sciences, professor
FSBEI HE «Ural State Forestry University»
620100, Russia, Yekaterinburg, Siberian tract, 37
e-mail: zalesov@usfeu.ru

Key words: west Siberia, north Kazakhstan, introduction, woody shrub species, botanical garden, dendropark, arboretum.

On the base of literature sources and our own investigation researches an attempt has been made to describe the history of woody plants introduction on the territory of west Siberia and north Kazakhstan. It is noted that introduction is one of the most important ways to increase productivity, stability and forest stand biologic diversity by the way of citigs and towns gardening possibilities widening.

The beginning of the introduction activity falls on the middle of XVII century when near Barnaul city a garden was laid by academician K.G. Laksman in which Siberian woody plans have been collected and grown.

In 1763 a pharmaceutical garden was laid in Tobolsk and in 1769 a garden a medicinal plants was laid in Barnaul. The latter by 1800 this garden grew into botanical one where a rich collection of Siberian and chinese flora been collected. However till 1885 plants introduction was a collective one and only in 1885 on the territory a Siberia in Tomsk city the first botanical garden was laid, at present it is a large botanical scientific – research establishment.

On subsequent years the arboretum and dendroparks were created in some other cities and towns (Omsk, Novosibirsk, Kemerovo and Kamlak on the territory of mountain Altay. Small botanical gardens were laid in Kazakhstan. In particular in 1898 an arboretum was established in Schuchinsk (Akmolinsk region) and in 1900–1905 dendrogardens were created at foresters manors ove 150 woody-scrub species were introduced thare.

In 1912 in Petropavlovsk a Botanical garden was established. In 1961 the laboratory of selection seed production and introduction was organized at the Kazakh Research institute of forestry and agroforestry as well as dendropark in Schuchinsk. In 1966 at the same institute the arboretum was created. Over 2000 species forms and sort of woody plants have been created in the year followed.

Republic of Kazakhstan capital to Astana city (Nursultan nowadays) increased interest in woody plants introduction that in its turn contributed to arboretum creation at forest nurseru «Ak Kayun» as well as state Botanical garden creation in 2018.

The centers of introduction work on the territory of west Siberia and north Kazakhstan are nowadays botanical gardens, dendroparks and arboretums in Tomsk, Barnaul, Novosibirsk, Mountain Altay, Omsk, Petropavlovsk, Schuchinsk etc.

Введение

Решение вопросов повышения продуктивности лесов, а также их устойчивости, рекреационной привлекательности при сохранении биологического разнообразия трудно представить без введения интродуцентов [1, 2].

Согласно определению А.П. Кожевникова [3]: «Интродукция растений – целеустремленная деятельность человека по введению в культуру в данном естественно-историческом районе растений (родов, видов, подвигов, сортов и форм), ранее в нем

не произраставших, или перенос их в культуру из местной флоры». Интродуцированные растения называют интродуцентами, или экзотами.

Многие виды интродуцированных растений давно стали обычными в объектах озеленения

городов и населенных пунктов, а также в лесопарках. Кроме того, не следует забывать, что значительное количество интродуцированных видов применяется при создании искусственных насаждений и лесных плантаций. Другими словами, Интродукция является одной из важнейших форм антропогенной детерминации биологического разнообразия фитобиоты в различных странах [4–8].

Зачастую на территориях с жесткими природно-климатическими условиями (такими как Западная Сибирь и Северный Казахстан) биологическое разнообразие сравнительно низкое по сравнению с более южными регионами, благоприятными для произрастания древесной растительности. Поэтому данные территории нуждаются в повышенном внимании к созданию устойчивых, эстетически привлекательных насаждений. Этого возможно достичь за счёт обогащения естественной дендрофлоры интродуцентами и другими культивируемыми растениями. Интродуцированные виды растений наряду с местными видами выполняют климаторегулирующие, почвозащитные, водоохранные и санитарно-гигиенические функции. Одной из эффективных мер сохранения и повышения биоразнообразия является внедрение перспективных древесно-кустарниковых интродуцентов в лесные культуры и озеленительные насаждения населенных пунктов. Интродуценты повышают не только биоразнообразие, но и устойчивость

лесных фитоценозов, а также их эстетические качества [9, 10].

В то же время использование интродуцентов не всегда приводило к положительному результату. Нередко высаживаемые растения погибали в первые месяцы после посадки, не выдерживая жестких лесорастительных условий. Последнее вызывает необходимость проведения исследований, направленных на установление перспективности различных видов интродуцентов. Подобные работы активно ведутся в наше время [11]. Однако проведение данных исследований невозможно без анализа опыта прошлого и данных о местонахождении интродукционных центров.

Цель

и район исследований

Целью наших исследований является анализ истории интродукции древесных растений на территории Западной Сибири и Северного Казахстана.

В основу выполненной работы положен анализ литературных материалов по вопросам интродукции древесных растений. Поскольку сложность подбора перспективных интродуцентов для озеленения, лесовосстановления и лесоразведения повышается с ухудшением лесорастительных условий, нами для анализа был выбран район Западной Сибири и Северного Казахстана с резко континентальным климатом.

Известно, что видовой состав аборигенной флоры в указанном районе относительно беден,

что повышает значение поиска перспективных видов интродуцентов.

Результаты исследований и их обсуждение

Интродукцией растений человечество занималось с давних пор. Но переноса растения из одних географических зон в другие, люди не всегда получали желаемый результат, так как растения часто погибали.

Традиционно считается, что начало интродукционной деятельности на территории Западной Сибири приходится на середину XVIII в. Так, академиком К.Г. Лаксманом были проведены опыты по посеву сосны. В 1764 г. вблизи г. Барнаула им был заложен сад, в котором были собраны и выращивались сибирские растения, а также цветочные и огородные культуры [12].

Начало интродукционных работ связано с выращиванием и разведением лекарственных растений. В 1769 г. в Барнауле П.И. Шангиным при аптеке был заложен сад лекарственных растений, где в настоящее время располагается городской парк. О саде лекарственных растений упоминает академик Паллас, который посещал Барнаул в 1771 г. П.И. Шангин из своих поездок регулярно привозил новые растения и высаживал их в аптекарском огороде. Особую заинтересованность он проявлял к дикорастущим растениям, используемым в народной медицине. К 1800 г. аптекарский сад перерос в ботанический сад. В этом саду была собрана богатая

коллекция сибирской и китайской флоры. Для теплолюбивых растений П.И. Шангин возвел оранжерею [13].

Другой аптекарский огород был заложен в Тобольске в 1763 г. Первое упоминание о нем относится к 1801 г. в «Кратком историко-топографическом описании городов Тобольской губернии»: «...драгунские конюшни и при них офицерские покои и казармы с манежем каменные стоят при реке Иртыше и земляного вала, в которых ныне помещен гарнизонный лазарет, близ которого довольно обширный Аптекарский склад» [14, 15].

На протяжении длительного периода времени интродукция растений носила любительский характер, и только в 1885 г. на территории Сибири был заложен первый ботанический сад, функционирующий до настоящего времени. Сибирский ботанический сад был основан П.Н. Крыловым в г. Томске, вблизи Томского государственного университета. В начале 1886 г. площадь ботанического сада составляла 1,7 га (на 2019 г. – 126,5 га). На территории располагалась оранжерея высотой 4 м и площадью около 400 м². В открытом грунте сада были созданы экспозиции древесных растений сибирской флоры и питомник лекарственных растений. В питомнике древесных растений первоначально были выращены 35 видов древесно-кустарниковых интродуцентов. С 1889 г. были начаты работы по введению в культуру плодово-ягодных и декоративных растений,

а также по созданию культур. В настоящее время Сибирский ботанический сад Томского государственного университета является крупным ботаническим научно-исследовательским учреждением [16].

Примерно в те же годы началась интродукция древесных растений и в других районах Западной Сибири.

К концу XIX в. интродукционные работы были начаты вблизи Омска. В 1896 г. П.С. Комиссаровым был заложен сад площадью 5,5 га, где выращивались 80 сортов яблони, 15 сортов вишни, 60 сортов смородины, 6 сортов барбариса, китайский боярышник, орех, слива, вишня пенсильванская. Сад находился южнее Омска на 30 км, вблизи берега Иртыша. В настоящее время «Дендропарк имени П.С. Комиссарова» («Сад Комиссарова») является уникальным памятником садово-паркового искусства и с 2008 г. является особо охраняемой природной территорией регионального значения (площадь 6,6 га). Согласно данным А.С. Гоноховой [17], на территории ООПТ «Дендропарк им. П.С. Комиссарова» в 2016 г. были обнаружены 166 видов растений, относящихся к 49 семействам и 117 родам. В том числе древесно-кустарниковая растительность представлена 51 видом.

В 1898 г. на территории Омского района (20 км от города) был заложен парк. Основателем являлся выпускник Петербургской лесной академии, лесничий Никита Иванович Грибанов. Из Тарского уезда им были

привезены и высажены саженцы сосны, ели, пихты, кедра и лиственницы. До настоящего времени в «Дендрологическом парке поселка Подгородка» сохранились аллеи из ели и солитерные посадки плакучих ив. На территории парка (площадь 15 га) произрастают 40 древесно-кустарниковых видов (пихта, ель, можжевельник, липа, дуб, ясень, вяз, тамариск, лещина, жимолость и др.) и около 100 видов травянистых растений [18].

В 1900–1906 гг. на территории учебно-опытного хозяйства № 1 сада им. Кизюрина (территория ОмГАУ – бывш. Омский сельскохозяйственный институт) под руководством Л.А. Сладкова были созданы лесные полезащитные полосы из 12 видов древесных пород (сосна обыкновенная, лиственница сибирская, береза повислая, липа мелколистная, клен татарский, вяз обыкновенный, черемуха, рябина, акация желтая, яблоня ягодная, вишня степная и др.). Омские лесные полосы являются первыми лесными культурами в Сибири [19].

В 1946 г. был заложен Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (основатель В.Л. Комаров) в г. Новосибирске. Изначально ботанический сад входил в состав Медико-биологического института Западно-Сибирского филиала АН СССР. На сегодняшний день ботанический сад является крупнейшим ботаническим научно-исследовательским учреждением на территории Азиатской России. Организация ботанического сада была произведена под руководством

профессора В.В. Ревердатто (заслуженный деятель науки РСФСР).

Общая площадь территории ботанического сада составляет более 1 тыс. га. В открытом грунте на территории дендрария (площадь более 20 га) и лесопарка произрастает 400 видов, 166 форм и гибридов древесных растений различного географического происхождения. Коллекция кормовых растений представлена 270 видами растений, пищевых – 197 видов, лекарственных и пряно-ароматических растений – 350 видов, редких и исчезающих – более 100 видов. В коллекциях сада собрано 428 видов декоративных растений, в оранжереях – более 3000 видов тропических и субтропических растений из Азии, Африки, Европы и Америки. Гербарный фонд насчитывает 550 тыс. гербарных листов, а в семенотеке содержатся семена 1220 видов растений.

В настоящее время в структуру Ботанического сада включен филиал «Горно-Алтайский ботанический сад», который был создан в 1994 г. на площади 59,7 га. Горно-Алтайский ботанический сад расположен в окрестностях с. Камлак, в урочище Чистый Луг Шебалинского района Республики Алтай. В коллекционном фонде филиала собрано 1535 видов, форм, сортов растений, в число которых входит 686 культиваров местной флоры [20–22].

Еще одним молодым ботаническим садом в Западной Сибири является Кузбасский ботанический сад (КузБС), основанный

в 1991 г. В настоящее время данный ботанический сад является отделом Института экологии человека СО РАН. Площадь, занимаемая садом, находится в левобережной части г. Кемерово и составляет 186,3 га. С 2003 г. ведутся работы по формированию коллекционного фонда, который, по данным Т.Е. Буко [23], насчитывает 1092 образца. За весь период функционирования сада для интродукционного испытания было привлечено 1309 видов, сортов и форм растений.

Небольшие сады были заложены по всей южной границе Западной Сибири, включающей районы Северо-Казахстанской, Акмолинской, Павлодарской, Кустанайской и Восточно-Казахстанской областей Казахстана. Так, в 1907 г. в Омской области в с. Большой Атмас Черлакского района был заложен сад на площади 3 га. В это же время было создано много плодово-ягодных садов в Бийске (Алтайский край), из которых наиболее примечательным является сад-питомник И.И. Речкалова (основан в 1910 г.). С 1937 г. в Алтайском крае закладываются сады в пос. Яйлю у Телецкого озера (основатель Д.С. Рачкин) и в пос. Рубцовск (основатель А.К. Захаров). В Восточно-Казахстанской области наиболее ранним является Панкратьев сад (основатель Г.А. Вистениус), заложенный в 1894 г. в г. Усть-Каменогорске. В Павлодарской области известен сад, заложенный в 1908 г. на курорте-санатории Мойылды, в 15 км к северо-востоку от г. Павлодара. В этой же

области в 1907–1913 гг. в Щербактинском районе (бывш. Галкинском р-не) лесничим Руковишниковым на кордоне Есельбай были высажены лесные культуры на площади 1,5 га. На 1951 г. видовой состав был представлен 13 видами древесно-кустарниковой растительности [24–27].

В Северо-Казахстанской и Акмолинской областях привлечением новых видов растений стали заниматься в конце XVIII – начале XIX вв. Первые поселенцы из Центральной России и Украины привезли с собой растения, ранее здесь не произраставшие. С 1880 г. на территории Казахстана стали возникать первые лесничества и, как следствие, были произведены первые посадки лесных культур. Наиболее значимые работы были начаты с 1896 г., когда прошел съезд лесных работников Омского управления государственных имуществ. В этот период на небольших участках были начаты работы по созданию лесных питомников и «опытных» насаждений в бывших Петропавловском, Пресновском, Кокчетавском, Айртауском лесничествах [28].

Наибольшую давность имеет школа лесных кондукторов, или Боровская лесная школа (ныне Колледж экологии и лесного хозяйства), которая была переведена из Омска в 1898 г. в г. Щучинск Акмолинской области. При школе был заложен питомник, на базе которого в последующем возник дендросад (площадь 24 га). Он состоял из дендропарка, плодово-ягодного сада и маточных плантаций ив

и тополей. Здесь испытывалось более 294 видов древесных растений. В настоящее время сохранилось менее 80 видов. В трудах преподавателя данного учебного заведения Е.И. Седлака [29, 30] и А.П. Юновидова [31] были освещены результаты интродукции деревьев и кустарников в дендросаде. Здесь впервые в Казахстане работы с интродуцированными видами растений проводились на научной основе. Е.А. Седлак был энтузиастом лесокультурного дела в Казахстане. Из 52 испытанных им интродуцентов пригодными для введения лесные культуры оказались 27 видов. В это же время был организован крупный лесной питомник (Кондратовский опытно-показательный лесопитомник) в 20 км от г. Петропавловска, в котором выращивалось до 60 видов деревьев и кустарников [28, 32].

В настоящее время на территориях Северо-Казахстанской и Акмолинской областей (бывшая Кокчетавская область) сохранились старые интродукционные пункты, которые имеют немаловажное значение для науки. Так, небольшие дендрологические сады были заложены в 1900–1905 гг. при усадьбах лесничих в Айыртауском, Зерендинском, Арык-Балыкском филиалах ГНПП «Кокшетау» и Орлиногорском ГУЛХ. По данным прошлых лесоустроительных отчетов лесхозов, в северные области Казахстана было интродуцировано свыше 150 древесно-кустарниковых видов. До настоящего времени их сохранилось около

40 видов. Причинами масштабной гибели интродуцентов являются жесткие природно-климатические условия, отсутствие какого-либо ухода [28, 33, 34].

Старейший Ботанический сад Казахстана был основан в 1912 г. в г. Петропавловске (Северо-Казахстанская область). Предпосылками к его созданию являлись промышленные цели. При строительстве Сибирского консервного завода для удовлетворения потребностей мясоконсервного комбината в пряностях (репчатый лук и лавровый лист) из Петербурга по указу Его Императорского Величества, Николая II, через полковника И. Курапова были направлены саженцы лавра благородного, пальм финиковых и др., а также для создания сада саженцы яблонь. В настоящее время в оранжерейном комплексе произрастают пальмы, лимоны, восточная туя, жасмин и другие экзотические растения [35].

В 1961 г. после образования лаборатории селекции, семеноводства и интродукции при КазНИИЛХА интродукционные работы в Северном Казахстане приобрели научную направленность. Для интродукционного испытания в г. Щучинске (Акмолинская область) в 1961 г. был создан дендропарк (площадь – 31,7 га), а в 1966 г. арборетум (площадь – 14,2 га). С 1961 по 2018 гг. в дендропарке и арборетуме КазНИИЛХА было испытано более 2000 видов различных древесных и кустарниковых растений, из которых выжили в местных почвенно-климатических условиях около 800 видов, форм и сор-

тов. Родиной интродуцированных растений являются Северная Америка, Сибирь, Европа, Дальний Восток, Средняя Азия, Японо-Китайский регион и др. [34].

В период 1990–1994 гг. была произведена закладка Басаманского дендропарка (Костанайская область). Для создания дендропарка посадочный материал был в основном привлечен из дендропарка и арборетума Казахского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации и частично из Кондратовского лесопитомника (Северо-Казахстанская область). В дендропарке было посажено 88 видов, форм и сортов растений из 18 семейств [36].

Новым этапом в дальнейшем распространении интродуцентов является создание защитного зеленого пояса вокруг г. Астаны и проведение озеленительных работ внутри города. Так, в республиканском государственном предприятии «Жасыл Аймак» действует лесной питомник «Ак кайын», где в 2000 г. было начато создание арборетума на площади 1,5 га. На территории арборетума были заложены испытательные лесные культуры интродуцентов для установления пригодности выращивания их в новых условиях. Древесно-кустарниковые растения были высажены в арборетуме биогруппами по 10 экз. каждого таксона. На 2014 г. в арборетуме «Ак кайын» произрастало 132 таксона, представляющих растения 25 семейств, 59 родов и 118 видов. Большинство видов интродуцентов, выращиваемых

в арборетуме лесного питомника «Ак кайын», прошло первичную адаптацию, так как они были завезены из различных городов Казахстана [11].

В 2011 г. на площади 14,8 га были созданы лесные культуры интродуцентов в зеленой зоне г. Астаны. Из хвойных интродуцентов были посажены ели сибирская, колючая, черная, Энгельмана, лиственница сибирская, пихты бальзамическая, сибирская [37].

В 2018 г. состоялось торжественное открытие государственного ботанического сада в г. Астане, который был создан по инициативе Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева. Необходимость создания ботанического сада в Астане была обусловлена потребностью города в научных разработках по эффективному и качественному зеленому строительству. Ботанический сад в г. Астане будет являться не только научно-просветительским, но и туристическим объектом. В перспективе Ботанический сад г. Астаны должен стать не только полигоном для испытания и демонстрации «зеленых технологий», но и технологий сохранения генетического фонда растений, современных агротехнологий, технологий обучения и «массмедиа» [38].

С учетом прошлого опыта просматривается преемственность интродукционных исследований в Северном Казахстане, где большие возможности отводятся созданному в 2018 г. ботаническому саду г. Астаны.

Выводы

Ботанические сады, дендрологические парки, арборетумы играют важную роль не только в сохранении местной флоры, но и в обогащении и расширении биоразнообразия растений, в том числе редких и исчезающих видов. Уникальность разнообразия коллекций интродуцентов на данных территориях имеет огромное значение для Западной Сибири. Ценнейшие фонды растений, собранные в ботанических учреждениях, являются базой проведения научных исследований, создания экспозиций и широкой просветительской работы. В то же время коллекционные насаждения интродуцентов служат важнейшим источником обогащения ассортимента технических, декоративных, пищевых и лекарственных растений, которые могут использоваться в лесном хозяйстве, озеленении, медицине, пищевой промышленности и других отраслях.

Центрами интродукционных работ на территории Западной

Сибири и Северного Казахстана становятся ботанические сады, дендропарки и арборетумы, созданные в городах Томске, Барнауле, Новосибирске, Горно-Алтайске, Омске, Петропавловске, Щучинске и др.

Большой вклад в развитие теории и практики интродукции древесных растений в Западной Сибири и Северном Казахстане внесли такие крупнейшие ученые, как Г.И. Гензе, А.И. Григорьев, З.И. Лучник, В.А. Морякина, Л.П. Зубкус, Т.Н. Встовская, Б.Ф. Сухих, И.Ю. Коропачинский, К.А. Саболевская, Е.И. Седлак, А.П. Юновидов, Г.С. Бозрикова, А.И. Смирнов, З.А. Смирнова, З.В. Кузнецова, О.П. Свистунова, И.С. Спиглазов, А.И. Верзунов, С.В. Маловик и многие другие.

В настоящее время поиск растений для испытаний проводится на основе разработанных методов, к которым относятся: метод эколого-исторического изучения флор, метод сравнительного изучения палеареалов и современных ареалов интродуцентов, метод климатических аналогов, метод агроклиматических аналогов, метод эдификаторов, метод филогенетических (родовых) комплексов, метод изучения интродуцентов в природе и метод учета опыта интродукции за прошлое время.

Библиографический список

1. Луганский Н.А., Залесов С.В., Щавровский В.А. Повышение продуктивности лесов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1995. 297 с.
2. Бунькова Н.П., Залесов С.В. Рекреационная устойчивость и емкость сосновых насаждений в лесопарках г. Екатеринбурга. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 124 с.
3. Кожевников А.П. Теория и практика интродукции древесных растений. Екатеринбург, 2016. 120 с.

4. Bramble W.C., Ashley R.H. Natural revegetation of spoil banks in central Pennsylvania // Ecology. 1955. № 36. P. 417–423.
5. Wilsey B.J., Polley H.W. Reductions in grassland species evenness increases dicot resistance // Ecology Letters. 2001. Vol. 4. P. 358–365.
6. Stockwell C.A., Hendry A.P., Kinnison M.T. Contemporary evolution meets conservation biology // Trends in Ecology and Evolution. 2003. № 18. P. 94–101.
7. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems / Vila Montserrat and others // Ecology Letters. 2011. V. 14, I. 7. P. 702–708.
8. Ramula S., Pihlaja K. Plant communities and the reproductive success of native plants after the invasion of an ornamental herb // Biological Invasions. 2012. V. 14, I. 10. P. 2079–2090.
9. Косицын В.Н. Эколого–лесоводственные требования к эксплуатации недревесных ресурсов леса // Многоцелевое лесопользование на рубеже XX века. Пушкино, 1999. С. 190–199.
10. Дубовицкая О.Ю. Создание устойчивых сельскохозяйственных фитотехнологий для улучшения среды обитания человека // Вестник Рос. ун-та дружбы народов. 2002. № 8. С. 16–25. (Серия Сельскохозяйственные науки. Агрономия).
11. Арборетум лесного питомника «Ак кайын» РГП «Жасыл Аймак» / Ж.О. Суюндиков, А.В. Данчева, С.В. Залесов, М.Р. Ражанов, А.Н. Рахимжанов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 92 с.
12. Силантьева М.М. История исследования растительного покрова Алтайского края: моногр. / АлтГУ. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2013. 150 с.
13. Гусельникова М. Барнаул. Путеводитель. СПб.: ООО «Маматов», 2010. 96 с.
14. Коротеева Н.Н. Организация лекарственной помощи на Алтае в XVIII в. // Изв. Алтайск. гос. ун-та. 2009. № 4-1 (64). С. 115–118.
15. Исторические места Тобольска [Электронный ресурс]. URL: <http://www.old-tobolsk.ru/index.php/istoricheskie-mesta-tobolska> (дата обращения: 05.03.2019).
16. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н., Томошевич М.А. Очередные задачи интродукции древесных растений в Азиатской России // Сиб. эколог. жур. 2011. № 2. С. 147–170.
17. Гонохова А.С. Экологическое состояние ООПТ памятника природы «Дендропарк им. П.С. Комиссарова» // XIX Всерос. студ. науч.-практ. конф. Нижневарт. гос. ун-та. Нижневарт. гос. ун-та, 2017. С. 280–285.
18. Стецев И.В. Памятники природы Омской области // Изв. Омск. гос. ист.-краевед. музея. 2002. № 9. С. 233–238.
19. Нефёдов А.А. Характеристика особо охраняемых природных территорий г. Омска и пригородов // Тр. зоол. комиссии ОРО РГО. 2008. № 5. С. 138–168.
20. Козловская З.А., Андрушкевич Т.М. Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук (ЦСБС СО РАН) и Алтайский филиал ЦСБС СО РАН // Плодоводство: сб. науч. тр. Минск: Беларуская навука, 2017. Т. 29. С. 258–262.
21. Горно-Алтайский ботанический сад [Электронный ресурс]. URL: <http://www.g-abs.ru/buklet/1.jpg> (дата обращения: 11.03.2019).
22. Центральный сибирский ботанический сад СО РАН [Электронный ресурс]. URL: <http://www.csbg.nsc.ru/ru/glavnaya/istoriya.html> (дата обращения: 11.03.2019).
23. Буко Т.Е. Формирование, развитие коллекций и экспозиций в Кузбасском ботаническом саду // Вестник ИРГСХА. 2011. № 44-3. С. 41–47.
24. Бозрикова Г.С. Интродукция древесных и кустарниковых растений в Северный Казахстан // Лесн. селекция, семеноводство и интродукция в Казахстане. Алма-Ата, 1969. С. 65–68.
25. Крылов Г.В. Разведение ценных деревьев и кустарников в Западной Сибири: Опыт и перспективы. Новосибирск, 1952. 168 с.

26. Юновидов А.П. Итоги опытов по интродукции древесных и кустарниковых пород в условиях Кокчетавской области // Тр. КазНИИЛХ. 1961. Т. 3. С. 164–184.
27. Исторические личности Восточно-Казахстанской области [Электронный ресурс]. URL: <http://www.akimvko.gov.kz/ru/culture/istoricheskie-lichnosti/istoricheskie-lichnosti-6.html> (дата обращения: 18.03.2019).
28. Рубаник В.Г. Интродукция голосеменных в Казахстане. Алма-Ата: Наука, 1974. 271 с.
29. Седлак Е.И. Боровской лесной питомник // Гос. заповедник и курорт Боровое: сб. ст. Омск, 1940. С. 91–100.
30. Седлак Е.И. Материалы по интродукции деревьев и кустарников в лесах Северного Казахстана // Тр. КазНИИЛХ. 1966. Т. 6. С. 159–200.
31. Юновидов А.П. Итоги опытов по интродукции древесных и кустарниковых пород в условиях Кокчетавской области // Тр. КазНИИЛХ. 1961. Т. 3. С. 164–184.
32. Крекова Я.А., Чеботько Н.К. Интродукционные исследования в Северном Казахстане // Лесотехн. ун-ты в реализации концепции возрождения инженерного образования: соц.-экон. и эколог. проблемы лесн. комплекса: матер. X Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. С. 212–214.
33. Бессчетнов П.П. Введение в культуру хозяйственных древесных пород. Алма-Ата: Казгосиздат, 1962. 88 с.
34. Крекова Я.А., Залесов С.В., Чеботько Н.К. Хозяйственно-ценные древесные породы в коллекции дендропарка КазНИИЛХА (г. Щучинск) и оценка их биоэкологических показателей // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: матер. XX Междунар. науч. конф. СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2017. С. 89–92.
35. Ботанический сад Казахстана – Петропавловск [Электронный ресурс]. URL: <http://botanical-garden.kz/ru/page/2> (дата обращения: 20.01.2019).
36. Верзунов А.И., Борцов В.А., Коваленко А.Н. Испытание и акклиматизация интродуцентов в Северотургайской сухостепной провинции // Вестник с.-х. науки Казахстана. 2007. № 2. С. 11–14.
37. Кабанова С.А., Данченко М.А., Кабанов А.Н. Создание пригородных лесов вокруг города Астаны // Повышение эффективности лесного комплекса: матер. второй Всерос. науч.-практ. конф. Петрозаводск: ПетрГУ, 2016. С. 114–117.
38. Ситпаева Г.Т., Чекалин С.В. Научное, прикладное и образовательное значение создания ботанического сада в городе Астане // Сб. науч. тр. Гос. Никитского бот. сада. 2018. Т. 147. С. 87–88.

Bibliography

1. Lugansky N.A., Zalesov S.V., Schavrovsky V.A. Increasing forest productivity. Yekaterinburg: Ural forestry technician. acad., 1995. 297 p.
2. Bunkova N.P., Zalesov S.V. Recreational stability and capacity of pine plantations in the forest parks of Yekaterinburg. Yekaterinburg: Ural state forestry technician. univ., 2016. 124 p.
3. Kozhevnikov A.P. Theory and practice of introduction of woody plants. Yekaterinburg, 2016. 120 p.
4. Bramble W.C., Ashley R.H. Natural revegetation of spoil banks in central Pennsylvania // Ecology. 1955. № 36. P. 417–423.
5. Wilse B.J., Polley H.W. Reductions in grassland species evenness increases di-cot resistance // Ecology Letters. 2001. Vol. 4. P. 358–365.
6. Stockwell C.A., Hendry A.P., Kinnison M.T. Contemporary evolution meets conservation biology // Trends in Ecology and Evolution. 2003. № 18. P. 94–101.
7. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems / Vila Montserrat and others // Ecology Letters. 2011. V. 14, I. 7. P. 702–708.

8. Ramula S., Pihlaja K. Plant communities and the reproductive success of native plants after the invasion of an ornamental herb // *Biological Invasions*. 2012. V. 14, I. 10. P. 2079–2090.
9. Kositsyn V.N. Ecological and silvicultural requirements for the exploitation of non-timber forest resources // *Multipurpose le-use at the turn of the 20th century*. Pushkino, 1999. P. 190–199.
10. Dubovitskaya O.Yu. Creating sustainable agricultural phytotechnologies to improve the human environment // *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series Agricultural sciences. Agronomy*. 2002. No. 8. P. 16–25.
11. Arboretum of the forest nursery «Ak kayyn» RSE «Zhaysyl Aimak» / Zh.O. Suyundikov, A.V. Dancheva, S.V. Zalesov, M.R. Razhanov, A.N. Rakhimzhanov. Yekaterinburg: Ural state forestry technician. univ., 2017. 92 p.
12. Silantieva M.M. History of the study of vegetation in the Altai Territory: monograph / AltSU. Barnaul: AltSU Publishing House, 2013. 150 p.
13. Guselnikova M. Barnaul. Guide. St. Petersburg: OOO Mamatov, 2010. 96 p.
14. Koroteeva N.N. Organization of drug care in Altai in the 18th century // *Bulletin of the Altai State University*. 2009. No. 4-1 (64). P. 115–118.
15. Historical places of Tobolsk [Electronic resource]. URL: <http://www.old-tobolsk.ru/index.php/istoricheskie-mesta-tobolska> (appeal date: 03/05/2019).
16. Koropachinsky I.Yu., Vstovsky T.N., Tomoshevich M.A. Immediate tasks of the introduction of woody plants in Asian Russia // *Siberian Journal of Ecology*. 2011. No. 2. P. 147–170.
17. Gonokhova A.S. Ecological state of protected areas of the nature monument «Arboretum named after P.S. Komissarova» // XIX All-Russian. Stud. scientific-practical conf. Nizhnevartovsk State University. Nizhnevartovsk: Publishing house of Nizhnevart. state University, 2017. P. 280–285.
18. Stetsiv I.V. Monuments of nature of the Omsk region // *Bulletin of the Omsk State Museum of History and Local Lore*. 2002. No. 9. P. 233–238.
19. Nefyodov A.A. Description of specially protected natural territories of Omsk and its suburbs // *Transactions of the Zoological Commission of the ORO RGO*. 2008. No. 5. P. 138–168.
20. Kozlovskaya Z.A., Andrushkevich T.M. Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (TsSBS SB RAS) and the Altai Branch of TsSBS SB RAS // *Fruit growing: collection. scientific pipes*. Minsk: Belarusian Navuka, 2017. T. 29. P. 258–262.
21. Gorno-Altai Botanical Garden [Electronic resource]. URL: <http://www.g-abs.ru/buklet/1.jpg> (accessed date: 03/11/2019).
22. The Central Siberian Botanical Garden of the SB RAS [Electronic resource]. URL: <http://www.csbgnsc.ru/ru/glavnaya/istoriya.html> (accessed date: 03/11/2019).
23. Buko T.E. Formation, development of collections and expositions in the Kuzbass Botanical Garden // *Bulletin of the IRSHA*. 2011. No. 44-3. P. 41–47.
24. Bozrikova G.S. Introduction of tree and shrub plants to Northern Kazakhstan // *Forest selection, seed production and introduction in Kazakhstan*. Alma-Ata, 1969. P. 65–68.
25. Krylov G.V. Breeding valuable trees and shrubs in Western Siberia: (Experience and prospects). Novosibirsk, 1952. 168 p.
26. Yunovidov A.P. Results of experiments on the introduction of tree and shrub species in the conditions of the Kokchetav region // *Tr. KazNIILH*. 1961. T. 3. P. 164–184.
27. Historical figures of the East Kazakhstan region [Electronic resource]. URL: <http://www.akimvko.gov.kz/ru/culture/istoricheskie-lichnosti/istoricheskie-lichnosti-6.html> (accessed March 18, 2019).
28. Rubanik V.G. Introduction of gymnosperms in Kazakhstan. Alma-Ata: Science, 1974. 271 p.
29. Sedlak E.I. Borovsky Forest Nursery // *State. Borovoye Nature Reserve and Resort: Sat Art*. Omsk, 1940. P. 91–100.

30. Sedlak E.I. Materials on the introduction of trees and shrubs in the forests of Northern Kazakhstan // Tr. KazNIIILH. 1966. Vol. 6. P. 159–200.
31. Yunovidov A.P. Results of experiments on the introduction of tree and shrub species in the conditions of the Kokchetav region // Tr. KazNIIILH. 1961. T. 3. P. 164–184.
32. Krekova Ya.A., Chebotko N.K. Introduction studies in Northern Kazakhstan // Forestry universities in the implementation of the concept of the revival of engineering education: socio-economic and environmental problems of the forest complex: Mater. X int. scientific and technical conf. Yekaterinburg: Ural state forestry tech. univ., 2015. P. 212–214.
33. Beschetnov P.P. Introduction to the culture of economic wood species. Alma-Ata: Kazgosizdat, 1962. 88 p.
34. Krekova Ya.A., Zalesov S.V., Chebotko N.K. Economically valuable tree species in the collection of the arboretum of KazNIIILHA (Shchuchinsk) and assessment of their bioecological parameters // Fruit growing, seed growing, introduction of woody plants: mat. XX International scientific conf. Siberian State University named after M.F. Reshetneva. Krasnoyarsk, 2017. P. 89–92.
35. Botanical Garden of Kazakhstan Petropavlovsk [Electronic resource]. URL: <http://botanical-garden.kz/ru/page/2> (accessed: 01/20/2019).
36. Verzunov A.I., Bortsov V.A., Kovalenko A.N. Testing and acclimatization of introducers in the North Turgay dry-steppe province // Bulletin of agricultural science of Kazakhstan. 2007. No. 2. P. 11–14.
37. Kabanova S.A., Danchenko M.A., Kabanov A.N. Creation of suburban forests around the city of Astana // Improving the efficiency of the forest complex: Mater. second Vseros. scientific-practical conf. Petrozavodsk: PetrSU, 2016. P. 114–117.
38. Sitpaeva G.T., Chekalin S.V. Scientific, applied and educational value of creating a botanical garden in the city of Astana // Collection of scientific works of the State Nikitsky Botanical Garden. 2018. T. 147 P. 87–88.

УДК 630.221.02(470.55/.58)

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ЧЕРЕСПОЛОСНЫХ ПОСТЕПЕННЫХ РУБОК В НАСАЖДЕНИЯХ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ЛЕСОСТЕПНОГО РАЙОНА

Г. А. ГОДОВАЛОВ – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*
e-mail: godovalov1952@mail.ru

А. И. ЧЕРМНЫХ – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*

М. В. УСОВ – аспирант*

В. Л. ЛОБАНОВ – магистрант*

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
кафедра лесоводства,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Ключевые слова: Южно-Уральский лесостепной район, выборочные рубки, чересполосные постепенные рубки, лесовосстановление.

По материалам 15 пробных площадей проанализирована лесоводственная эффективность чересполосных постепенных рубок в лиственных насаждениях Южно-Уральского лесостепного лесного района.

Экспериментально установлено, что сплошнолесосечные рубки приводят к смене коренных хвойных насаждений на производные осиновые. Проведение двухприемных чересполосных постепенных рубок, напротив, способствует увеличению доли твердолиственных видов и пихты в составе формирующихся древостоев.

Формирование древостоев на вырубленных в процессе двухприемной чересполосной постепенной рубки полосах шириной 20–25 м протекает преимущественно за счет вегетативного возобновления в кратчайшие сроки. Последнее способствует минимизации снижения защитных функций, выполняемых насаждениями.

Появление в составе формирующихся после проведения чересполосной постепенной рубки древостоев таких видов, как клен остролистный (*Acer platanoides* L.), пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), ильм гладкий (*Ulmus laevis* Pall.) и др., свидетельствует о положительном влиянии указанных рубок на биологическое разнообразие.

Для повышения лесоводственной эффективности чересполосных постепенных рубок целесообразно сократить ширину вырубаемых полос при использовании харвестера до 15–20 м. Период между приемами чересполосной постепенной двухприемной рубки необходимо установить в осинниках 2–3 года, а в березняках и липняках – 4–6 лет.

THE EXPERIENCE OF STRIP-GRADUAL FELLING IN FOREST STANDS OF THE SOUTH URAL FOREST STEPPE REGION

G. A. GODOVALOV – candidate of agricultural sciences, professor*,
e-mail: godovalov1952@mail.ru

A. I. CHERMNYH – candidate of agricultural sciences, assistant professor*,

M. V. USOV – post graduate student*,

V. L. LOBANOV – undergraduate*

* FSBEI HI «Ural state forest engineering university»,
Department of Forestry
620100, Russia, Yekaterinburg, Siberian tract, 37

Key words: South Ural forest steppe region, selective felling, strip gradual felling, reforestation.

Based on the materials of 15 trail plots forestry effectiveness of strip gradual felling in deciduous plantations of the South Ural forest steppe forest region has been analyzed in the paper. It has been experimentally established that final felling results in replacement indigenous coniferous stands with the aspen derivatives. Two-mode strip gradual felling carrying out, on the contrary, contributes to the share of hardwood species and fir increasing in growing stands composition.

Forest stands forming on cut down in the process of two mode strip gradual felling strips of 20–25 m in width proceeds mainly at the expense of vegetative renewal in the shortest possible time. The latter helps to minimize protective functions performed by forest stands reduction.

Appearance in composition of the stands that are forming after strip gradual felling species such as common maple (*Acer platanoides* L.), siberian (*Abies sibirica* Ledeb), elm smooth (*Ulmus laevis* Pall.) as well as some other indicates a positive effect of these felling on biologic diversity.

To increase strip gradual forestry efficiency it is advisable to reduce the width of the strips when using a harvester to 15 m. The period between modes of strip gradual two-mode felling it is recommended set 2–3 years in aspen stands and 4–6 years in birch and limestone stands.

Введение

Повышение продуктивности лесов невозможно обеспечить без научно обоснованной системы рубок спелых и перестойных насаждений [1, 2]. Арсенал указанных рубок довольно обширен и насчитывает около 150 видов (способов) рубок [3, 4]. В то же время действующие правила заготовки древесины предусматривают лишь два способа сплошнолесосечных и семь способов выборочных рубок. При этом в систему выборочных рубок включены как собственно выборочные, так и постепенные рубки [5].

Сложность оптимизации рубок спелых и перестойных насаждений объясняется целым рядом факторов. Так, в частности, они должны способствовать сохранению биологического разнообразия [6, 7], обеспечивать переформирование производных мягколиственных насаждений в коренные хвойные [8, 9], максимально сохранять имеющийся на лесосеках подрост предварительной генерации [10–12]. Для достижения указанных целей необходимо не только правильно выбрать вид рубки, но и установить технологию лесосечных работ, соответствующую сезону года, лесной формации и таксационным показателям древостоев, назначенных в рубку [13–16].

Естественно, что подход к проведению рубок спелых и перестойных насаждений может быть упрощен за счет создания на вырубках искусственных насаждений, которые нередко превосходят по производительности

естественные [17–19]. Однако опыт показывает, что создание и выращивание искусственных насаждений является очень затратным мероприятием и далеко не всегда обеспечивает желаемый результат [20, 21]. В то же время в ряде регионов страны хорошо зарекомендовали себя чересполосные постепенные рубки [22], которые за счет незначительной ширины вырубаемых полос обеспечивают налет семян хвойных пород и в значительной степени сохраняют в процессе омоложения насаждений защитные функции. К сожалению, несмотря на имеющийся производственный опыт, эффективность чересполосных постепенных рубок в Южно-Уральском лесостепном районе в научной литературе не проанализирована, что и определило направление наших исследований.

Целью работы являлся анализ лесоводственной эффективности чересполосных постепенных рубок в лиственных насаждениях и разработка на этой основе предложений по их внедрению и совершенствованию.

Объекты и методика исследований

Исследования проводились на территории Ашинского лесничества Челябинской области, отнесенной согласно действующим нормативным документам к Южно-Уральскому лесостепному району.

В основу исследований положен метод пробных площадей (ПП), которые закладывались в соответствии с требованиями

широко известных апробированных методик [23].

Поскольку на территории лесничества произрастают хвойные, твердолиственные и мягколиственные древесные породы, нами в процессе исследований было обследовано 15 лесосек с закладкой на них ПП. При этом на одной из указанных лесосек были проведены сплошнолесосечные рубки, на одной – рубки переформирования, на трех – рубки обновления и на десяти – чересполосные постепенные рубки.

Результаты и обсуждение

Материалы исследований показали, что в год проведения рубки древостои пробных площадей характеризовались таксационными показателями, приведенными в табл. 1.

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что на семи ПП чересполосные двухприемные рубки завершены, а на трех ПП выполнен только первый прием рубки. Семь лесосек чересполосных постепенных рубок было представлено осинниками и 3 – березняками. При этом относительная полнота древостоев на момент проведения рубок варьировалась от 0,5 до 0,8.

Ширина вырубаемых при чересполосной постепенной рубке полос изменялась в зависимости от средней высоты древостоя от 20 до 25 м.

Исследования, выполненные в 2019 г., показали, что все насаждения ПП относятся к четвертой группе типов леса и лесорастительных условий, т.е. характеризуются периодически влажными

Таблица 1

Table 1

Таксационные показатели древостоев ПП до проведения опытно-производственных рубок
Taxation indicators of the stands of PP before experimental production cuttings

№ ПП № PP	Состав древостоя до рубки Structure tree stand before cutting	Средние Medium			Относи- тельная полнота Relative completeness	Характеристика рубки Cutting characteristic		
		возраст, лет age, years	высота, м height, m	диаметр, см diameter, sm		Вид View	Год проведения приемов Year receptions	
							первого first	завершающего final
1	7Б2Е1Ос	65	20	24	0,8	СП	1988	–
2	10Ос	55	22	20	0,8	ЧПР CPR	1996	1998
3	6Ос4Б+Лп	60	22	20	0,8	ЧПР CPR	1998	2018
4	7Ос3Б+Лп	65	23	20	0,8	ЧПР CPR	1998	2000
5	8Ос2Б	55	23	20	0,8	Рпер Rper	1999	2001
6	7Ос2Б1Лп	60	23	24	0,6	ЧПР CPR	1999	Не проведен Not carried out
7	10Б	55	24	20	0,9	Робн Robn	1999	–
8	7Ос2Б1Лп	60	23	22	0,5	ЧПР CPR	2001	2011
9	6Б4Ос	60	25	20	0,6	ЧПР CPR	2001	2005
10	6Б1Олс1Ос1Лп1Е	60	23	24	0,6	Робн Robn	2001	2008
11	6Б3Лп1Ил+Е+А	65	25	28	0,8	Робн Robn	2002	2008
12	9Ос1Б+Д+Лп	50	21	18	1,0	ЧПР CPR	2005	2007
13	9Б1Ос	55	25	26	0,7	ЧПР CPR	2005	Не проведен Not carried out
14	5Б5Ос	50	24	20	0,8	ЧПР CPR	2010	2014
15	6Ос3Лп и 1Б	55	22	20	0,7	ЧПР CPR	2011	Не проведен Not carried out

Примечание: СП – сплошная рубка, ЧПР – чересполосная постепенная рубка, Рпер – рубка переформирования, Робн – рубка обновления.

Note: CP – clear-cutting, CPR – mid-line gradual cutting, Rper – Reformation cabin, Robn – cutting cabin.

почвами с устойчивым режимом увлажнения. Другими словами, древостои обследованных ПП произрастают в благоприятных почвенных условиях.

В результате проведения вышеуказанных рубок в составе древостоев, формирующихся

после рубки, произошли существенные изменения (табл. 2).

Материалы табл. 2 позволяют сделать ряд интересных выводов. В частности, сплошные рубки приводят к смене пород и на месте березово-еловых насаждений формируются осинники.

При проведении чересполосных постепенных рубок, напротив, наблюдается улучшение состава древостоев. В частности, осинники сменяются на липняки или насаждения с преобладанием ильма или клена остролистного.

Таблица 2

Table 2

Характеристика древостоев ПП на момент обследования
Characteristics of the stands of PP at the time of the survey

№ ПП № PP	Полоса рубки I приема I cutting deck		Полоса рубки II приема		Объединенный состав (средние значения)
	Год проведения Year	Состав (средние значения) Composition (average values)	Год проведения Year	Состав (средние значения) Composition (average values)	
1	1988				6Ос(25)1Лп(25) 1Ил(25)1Б(35)1П(40)(Р-1,0)
2	1996	Нет данных	1998	Нет данных There is no data	9Ос1Лп+Ил+Б (Н – 11м, D – 8см, Р – 1,0)
3	1998	7Ос2Б1Ил (А – 20 лет, Р – 1,0)	2018	5Ос2Лп1Б1Ил (А – 2; Н – 1м)	Нет данных There is no data
4	1998	Нет данных	2000	Нет данных There is no data	9Ос1Лп+Ил (А – 20 лет, Н – 12 м, D – 8 см, Р – 0,9)
5	1999	Нет данных	2001	Нет данных There is no data	8Лп1Б1Ил (А – 20 лет, Н – 12 м, D – 10 см, Р – 0,9)
6	1999	4Ил1Кос.4Лп1Б (А – 20 лет, Н – 10 м, D – 8 см, Р – 0,9)	Не проведен Not done		Нет данных There is no data
7	1999	Нет данных There is no data	2001	Нет данных There is no data	5Ил1Д3Б1Ос+Ив (А – 20 лет, Н – 8 м, D – 6 см, Р – 0,8)
8	2001	4ЕЗЛп2Ос1Ил (А – 20 лет, Н – 8 м, D – 6 см, Н – 1,0)	2011	5Ос2Лп1Б1Ил (А – 10 лет, Н – 4 м, D – 4 см, Р – 0,6)	Нет данных There is no data
9	2001	Нет данных There is no data	2005	Нет данных There is no data	7Б2Ос1Ил (А – 15 лет, Н – 6 м, D – 6 см, Р – 0,7)
10	2001	6Лп1Б2Ил1П (А – 20 лет, Н – 8 м, D – 6 см, Р – 0,8)	2008	8Лп1Б1П (А – 10 лет, Н – 4м, D – 4 см, Р – 0,4)	Нет данных There is no data
11	2002	Нет данных There is no data	2008	Нет данных There is no data	5Лп1Б3Ил1Кос. (А – 15 лет, Н – 6 м, D – 4 см, Р – 0,7)
12	2005	Нет данных There is no data	2007	Нет данных There is no data	6Ос(15)2Лп(15) 1Б(15)1П(40) (Н – 6 м, D – 4см, Р – 0,7)
13	2005	4Кос.2Ил3Лп1Б (А – 15 лет, Н – 8 м, D – 6 см, Р – 0,7)	Не проведен Not done		
14	2010	7Б1Лп1Ос1Д (А – 10 лет, Н – 6 м, D – 4 см, Р – 0,8)	2014	6Б2Ос1Лп1Д (А – 5 лет, Н – 3 м, D – 2см, Р – 0,4)	Нет данных There is no data
15	2011	7Ос2Б1Ил (А – 10 лет, Н – 6 м, D – 4 см, Р – 0,7)	Не проведен Not done		

Примечание: А – возраст, Н – средняя высота, D – средний диаметр, Р – относительная полнота.

Note: A – age, H – average height, D – average diameter, P – relative completeness.

Если второй прием проводился через 2 года после первого, спустя 10 лет уже невозможно выделить в натуре полосы первого и второго приема рубки. При этом во всех вариантах чересполосной постепенной рубки не потребовалось создания лесных культур, т.е. высокополнотные смешанные молодняки сформировались естественным путем.

Лесовозобновление в вырубленных полосах протекает очень быстро, поскольку большинство древесных пород размножается вегетативным способом. Последнее свидетельствует, что проведение чересполосной постепенной рубки не приводит к снижению защитных функций,

выполняемых насаждениями. Кроме того, увеличение в составе формирующихся древостоев доли ильма, клена остролистного, дуба черешчатого и пихты свидетельствует о сохранении, а в ряде случаев и увеличении биологического разнообразия.

Выводы

1. Учитывая сложности выращивания хвойных насаждений, высокую стоимость и востребованность лиственной древесины, целесообразно березу, осину и твердолиственные виды отнести к главным породам в районе исследований.

2. В целях максимального сохранения насаждениями защит-

ных функций и биологического разнообразия следует заменить сплошнолесосечные рубки на чересполосные постепенные.

3. Наиболее оправданными с лесоводственной точки зрения являются двухприемные чересполосные постепенные рубки с шириной вырубленных полос 20–25 м (при использовании харвестеров на валке деревьев – 20 м) с периодом между приемами в осинниках 2–3 года, в березняках и липняках – 4–6 лет.

4. Для увеличения в составе древостоев доли твердолиственных видов спустя 5–10 лет после чересполосной постепенной рубки целесообразно проведение рубок ухода.

Библиографический список

1. Луганский Н.А., Залесов С.В., Щавровский В.А. Повышение продуктивности лесов. Екатеринбург: Урал. лесотехн. ин-т, 1995. 297 с.
2. Залесов С.В. Научное обоснование системы лесоводственных мероприятий по повышению продуктивности сосновых лесов Урала: дис. ... д-ра с.-х. наук / Залесов Сергей Вениаминович. Екатеринбург, 2000. 320 с.
3. Азаренок В.А., Залесов С.В. Экологизированные рубки леса. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 97 с.
4. Сортиментная заготовка древесины / В.А. Азаренок, Э.Ф. Герц, С.В. Залесов, А.В. Мехренцев. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 140 с.
5. Луганский Н.А., Залесов С.В. Лесоведение и лесоводство. Термины, понятия, определения. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад. 1997. 101 с.
6. Задачи сохранения биоразнообразия при заготовке древесины и пути их решения / С.В. Залесов, Е.А. Ведерников, В.Н. Залесов, О.Н. Сандаков, А.В. Пономарев, Д.Э. Эфа // Аграрн. вестник Урала. 2016. № 2 (144). С. 37–40.
7. Проблема сохранения биологического разнообразия и ее решение при заготовке древесины / Е.С. Залесова, С.В. Залесов, В.Н. Залесов, А.С. Оплетаев, Д.А. Шубин // Успехи современ. естествознания. 2017. № 6. С. 56–60.
8. Казанцев С.Г., Залесов С.В., Залесов А.С. Оптимизация лесопользования в производных березняках Среднего Урала. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. 156 с.
9. Оплетаев А.С., Залесов С.В. Переформирование производных мягколиственных насаждений в лиственничники на Южном Урале. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 178 с.
10. Калачев А.А., Залесов С.В. Качество подроста пихты сибирской под пологом пихтовых и березовых насаждений Рудного Алтая // Аграрн. вестник Урала. 2014. № 4 (122). С. 64–67.

11. Обеспеченность спелых и перестойных светлохвойных насаждений Западно-Уральского таежного лесного района подростом предварительной генерации / Е.С. Залесова, С.В. Залесов, Г.Г. Терехов, О.В. Толкач, Н.А. Луганский, Д.А. Шубин // Успехи современ. естествознания. 2019. № 1. С. 39–44.
12. Дебков Н.М., Залесов С.В., Оплетаев А.С. Обеспеченность осинников средней тайги подростом предварительной генерации (на примере Томской области) // Аграрн. вестник Урала. 2015. № 12 (142). С. 48–53.
13. Герц Э.Ф., Залесов С.В. Повышение лесоводственной эффективности несплошных рубок путем оптимизации валки назначенных в рубку деревьев // Лесн. хоз-во. 2003. № 5. С. 18–20.
14. Азаренок В.А., Безгина Ю.Н., Залесов С.В. Эффективность равномерно-постепенных рубок спелых и перестойных лесонасаждений // Аграрн. вестник Урала. 2012. № 8 (100). С. 58–61.
15. Сортиментная технология лесосечных работ при равномерно-постепенных рубках / В.А. Азаренок, Э.Ф. Герц, С.В. Залесов, Н.А. Луганский // Аграрн. вестник Урала. 2012. № 8 (100). С. 51–55.
16. Последствия применения сортиментной технологии при рубках спелых и перестойных насаждений / С.В. Залесов, А.Г. Магасумова, Ф.Т. Тимербулатов, Е.С. Залесова, С.Н. Гаврилов // Аграрн. вестник Урала. 2013. № 3 (109). С. 44–46.
17. Залесов С.В., Лобанов А.Н., Луганский Н.А. Рост и продуктивность сосняков искусственного и естественного происхождения. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 112 с.
18. Фрейберг И.А., Залесов С.В., Толкач О.В. Опыт создания искусственных насаждений в лесостепи Зауралья. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2012. 121 с.
19. Опыт создания лесных культур на солонцах хорошей лесопригодности / С.В. Залесов, О.В. Толкач, И.А. Фрейберг, Н.Ф. Черноусов // Экология и пром-сть России. 2017. Т. 21. С. 42–47.
20. Состояние искусственного лесовосстановления в Свердловской области и пути его совершенствования / Г.Г. Терехов, И.А. Фрейберг, С.В. Залесов, Н.А. Луганский, В.И. Крюк // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2018. № 2 (70). С. 95–98.
21. Залесов С.В., Фрейберг И.А., Толкач О.В. Проблема повышения продуктивности насаждений лесостепного Зауралья // Сиб. лесн. жур. 2016. № 3. С. 84–89.
22. Перспективность применения чересполосных постепенных рубок в сосняках Алтая / М.В. Усов, С.В. Залесов, Д.А. Шубин, А.Ю. Толстиков, Л.А. Белов // Аграрн. вестник Урала. 2017. № 1 (155). С. 50–54.
23. Данчева А.В., Залесов С.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 152 с.

Bibliography

1. Lugansky N.A., Zalesov S.V., Schavrovsky V.A. Increasing forest productivity. Yekaterinburg: Ural state forestry acad., 1995. 297 p.
2. Zalesov S.V. Scientific substantiation of the system of forestry measures to increase the productivity of pine forests of the Urals: dis.... dr. s.-kh. sciences. Yekaterinburg, 2000. 320 p.
3. Azarenok V.A., Zalesov S.V. Eco-friendly logging. Yekaterinburg: Ural state forestry univ., 2015. 97 p.
4. Assortment harvesting of wood / V.A. Azarenok, E.F. Hertz, S.V. Zalesov, A.V. Mehrentsev. Yekaterinburg: Ural state forestry univ., 2015. 140 p.
5. Lugansky N.A., Zalesov S.V. Forestry and forestry. Terms, concepts, definitions. Yekaterinburg: Ural state forestry acad., 1997. 101 p.
6. Tasks of biodiversity conservation during timber harvesting and ways to solve them / S.V. Zalesov, E.A. Vedernikov, V.N. Zalesov, O.N. Sandakov, A.V. Ponomarev, D.E. Efa // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 2 (144). P. 37–40.

7. The problem of conservation of biological diversity and its solution in the harvesting of wood / E.S. Zalesova, S.V. Zalesov, V.N. Zalesov, A.S. Opletaev, D.A. Shubin // *Successes in the modern natural sciences*. 2017. No. 6. P. 56–60.
8. Kazantsev S.G., Zalesov S.V., Zalesov A.S. Forest management optimization in derivative birch forests of the Middle Urals. Yekaterinburg: Ural state forestry univ., 2006. 156 p.
9. Opletaev A.S., Zalesov S.V. Reorganization of derivatives of deciduous plantations into larch trees in the Southern Urals. Yekaterinburg: Ural state forestry univ., 2014. 178 p.
10. Kalachev A.A., Zalesov S.V. The quality of Siberian fir undergrowth under the canopy of fir and birch plantations of the Rudny Altai // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014. No. 4 (122). P. 64–67.
11. Provision of ripe and mature light coniferous stands of the West Ural taiga forest region with undergrowth of preliminary generation / E.S. Zalesova, S.V. Zalesov, G.G. Terekhov, O.V. Tolkach, N.A. Lugansky, D.A. Shubin // *Achievements of modern science*. 2019. No. 1. P. 39–44.
12. Debkov N.M., Zalesov S.V., Opletaev A.S. Provision of aspen aspen in the middle taiga with undergrowth of preliminary generation (for example, the Tomsk region) // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015. No. 12 (142). P. 48–53.
13. Hertz E.F., Zalesov S.V. Improving the forestry efficiency of non-continuous felling by optimizing the felling of trees designated for felling // *Forestry*. 2003. No. 5. P. 18–20.
14. Azarenok V.A., Bezgina Yu.N., Zalesov S.V. Efficiency of uniformly gradual cutting of ripe and mature forest stands // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2012. No. 8 (100). P. 58–61.
15. Assortment technology of logging operations with uniformly gradual logging / V.A. Azarenok, E.F. Hertz, S.V. Zalesov, N.A. Lugansky // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2012. No. 8 (100). P. 51–55.
16. The consequences of the use of assortment technology in the cutting of ripe and perennial plantations / S.V. Zalesov, A.G. Magasumova, F.T. Timerbulatov, E.S. Zalesova, S.N. Gavrilov // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2013. No. 3 (109). P. 44–46.
17. Zalesov S.V., Lobanov A.N., Lugansky N.A. Growth and productivity of artificial and natural pine forests. Yekaterinburg: Ural state forestry univ., 2002. 112 p.
18. Freiberg I.A., Zalesov S.V., Tolkach O.V. The experience of creating artificial stands in the forest-steppe of the Trans-Urals. Yekaterinburg: Ural state forestry univ., 2012. 121 p.
19. Experience in creating forest crops on solonchaks of good suitability / S.V. Zalesov, O.V. Tolkach, I.A. Freiberg, N.F. Chernousov // *Ecology and Industry of Russia*, 2017. V. 21. P. 42–47.
20. The state of artificial reforestation in the Sverdlovsk region and the ways of its improvement / G.G. Terekhov, I.A. Freiberg, S.V. Zalesov, N.A. Lugansky, V.I. Hook // *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 2018. No. 2 (70). P. 95–98.
21. Zalesov S.V., Freiberg I.A., Tolkach O.V. The problem of increasing the productivity of plantations of the forest-steppe Trans-Urals // *Siberian Forest Journal*. 2016. No. 3. P. 84–89.
22. The prospect of using cross-band gradual felling in Altai pine forests / M.V. Usov, S.V. Zalesov, D.A. Shubin, A.Yu. Tolstikov, L.A. Belov // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017. No. 1 (155). P. 50–54.
23. Dancheva A.V., Zalesov S.V. Ecological monitoring of reforestation forest stands. Yekaterinburg: Ural state forestry univ., 2015. 152 p.

УДК 630*524.39+630*174.754

**СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ ЛИСТВЕННИЦЫ ГМЕЛИНА
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭВЕНКИИ**

А. С. ПРОКУШКИН – кандидат биологических наук,
заведующий лабораторией биогеохимических циклов в лесных экосистемах*,
e-mail: prokushkin@ksc.krasn.ru

С. Г. ПРОКУШКИН – доктор биологических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник*,

*Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук,
660036, Россия, Красноярск, Академгородок, 50/28,
тел.: 8 (391) 249- 43-68,
e-mail: stanislav@ksc.krasn.ru

Ключевые слова: лиственница Гмелина, фитомасса деревьев, изменение климата, Центральная Эвенкия, аллометрические модели.

Фитомасса лесов является ключевой экосистемной составляющей и важным компонентом глобального углеродного цикла. Она играет основополагающую роль в нашем понимании углеродного обмена между биотой и атмосферой в условиях антропогенного изменения климата. Степень достигнутого прогресса в изучении биологической продуктивности лесов определяется главным образом фактологическим состоянием вопроса, т. е. обеспеченностью фактическими данными их фитомассы. Цель исследований состояла в выявлении структуры фитомассы деревьев лиственницы Гмелина (*Larix gmelini* (Rupr.) Rupr.). Объекты исследований представлены чистыми лиственничными естественными насаждениями в бассейне ручья Кулингдакан (приток р. Кочечум) в Центральной Эвенкии. Приведены фактические данные о структуре фитомассы 183 деревьев. Установлено, что с увеличением возраста лиственницы Гмелина в Центральной Эвенкии происходит изменение структуры фитомассы: масса стволов возрастает, а масса ветвей и хвоя снижается. Структура фитомассы равновеликих деревьев лиственницы у разных видов, произрастающих в разных экорегионах, существенно различается, и применение «всеобщей» аллометрической модели при оценке фитомассы лиственничников в пределах их ареала может дать значительные смещения.

**PHYTOMASS STRUCTURE OF LARIX GMELINI (RUPR.) TREES
IN CENTRAL EVENKIA**

A. S. PROKUSHKIN – candidate of biological sciences,
Head of the Laboratory of Biogeochemical Cycles in Forest Ecosystems*,
e-mail: prokushkin@ksc.krasn.ru

S. G. PROKUSHKIN – doctor of biological sciences, professor, leading researcher*,

* Forest Institute V.N. Sukacheva Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
660036, Russia, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/28,
phone: 8 (391) 249-43-68,
e-mail: stanislav@ksc.krasn.ru

Key words: *Larix gmelini* (Rupr.) Rupr., phytomass of trees, climate change, Central Evenkia, allometric models.

Forest phytomass is a key ecosystem component and an important component of the global carbon cycle. It plays a fundamental role in our understanding of the carbon exchange between biota and the atmosphere

in the face of anthropogenic climate change. The extent to which progress has been made in studying the biological productivity of forests is mainly determined by the availability of harvest data on their phytomass. The aim of the study was to identify the structure of phytomass of *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. trees. The objects of the study are presented with natural stands in the basin of Kullingdakan Creek (a tributary of Kochechum river) in the Central Evenkia. The actual data on the structure of phytomass of 183 trees are given. It was found that with increasing age of Gmelin larch in Central Evenkia there is a change in the structure of phytomass: the mass of stems increases, and the mass of branches and needles decreases. The structure of the phytomass of equal-sized larch trees differs significantly in different species growing in different regions, and the use of the «universal» allometric model in assessing the phytomass of larch forests within their growing area can give significant biases.

Введение

Фитомасса лесов является ключевой экосистемной составляющей и важным компонентом глобального углеродного цикла. Она играет основополагающую роль в нашем понимании углеродного обмена между биотой и атмосферой в условиях антропогенного изменения климата [1]. Степень достигнутого прогресса в изучении биологической продуктивности лесов определяется главным образом фактологическим состоянием вопроса, т.е. обеспеченностью фактическими данными их фитомассы по полным видовому и экологическому спектрам [2]. К сожалению, исходная информация обычно хранится в личных архивах исследователей и со временем теряется для науки. Только по одной древесной породе, лиственнице Гмелина, в Северо-Восточном Китае у исследователей имеется 1050 нигде не опубликованных определений фитомассы деревьев на 355 пробных площадях [3]. Формирование баз данных о фактической фитомассе деревьев и древостоев особенно актуально в связи с провозглашенной в научном мире «эрой больших данных» (Big Data Era) [4].

Лиственничники криолитозоны Сибири, занимая более 1,9 млн км², выполняют важные экологические функции регионального и глобального масштабов. Поэтому оценка фактических запасов фитомассы лесов высоких широт и исследование ее структуры являются важным моментом для понимания потоков углерода и других биогенных элементов и их прогнозирования при глобальном потеплении [5].

Цель и методика исследований

Цель исследований состояла в выявлении структуры фитомассы деревьев лиственницы Гмелина (*Larix gmelini* (Rupr.) Rupr.). Исследования проводились на территории Нижнетунгусского округа лиственничных и лиственнично-темнохвойных северотаежных лесов Ангаро-Тунгусской таежной провинции Среднесибирской лесорастительной области. Объектами исследования явились чистые насаждения лиственницы Гмелина в бассейне ручья Кулингдакан (приток р. Кочечум) в Центральной Эвенкии (64°19'с.ш., 100°15' в.д.). Определение запасов фитомассы и

ее распределение по отдельным компонентам дерева у лиственницы проводилось в древостоях разных возрастных групп [6]. На каждой пробной площади по ступеням толщины взято 183 модельных дерева (таблица), у которых взвешивали стволы, ветви и хвою. Деревья массой более 25 кг взвешивали на весах с точностью 0,05 кг, а деревья меньшей массы – на весах с точностью 0,01 кг. Для определения содержания сухого вещества во фракциях фитомассы на относительных высотах ствола взято по четыре диска и от каждой трети кроны взяты пробные навески ветвей и хвои, все упаковывалось в пластиковые мешки и в лабораторных условиях высушивалось в сушильных шкафах при температуре 105 °С до постоянного веса. Определение запасов подземной массы проводилось путем раскопки всей корневой системы у восьми деревьев в молодняках и по одному – у лиственниц старших возрастов. Для учета брали все фракции корней: скелетные, проводящие и физиологически активные окончания. Корни отмывались от почвы, высушивались и взвешивались.

Результаты исследований

Выполненные исследования позволили выявить некоторые особенности распределения фитомассы модельных деревьев по её фракциям. Установлено, что с увеличением возраста происходит увеличение доли стволо-

вой массы в общей фитомассе дерева. Если в молодняках масса стволов составляет $64,6 \pm 5,1$ % от всей надземной массы, то в спелых и перестойных древостоях она достигает $85,2 \pm 1,8$ и $89,4 \pm 1,4$ % соответственно. Одновременно в надземной фи-

томассе резко снижаются доли ветвей и хвои: фитомасса ветвей снижается с $21,7 \pm 3,0$ в молодняках до $7,7 \pm 0,9$ % в спелых и перестойных древостоях, а фитомасса хвои – соответственно с $13,7 \pm 2,2$ до $3,1 \pm 0,7$ %.

Структура фитомассы модельных деревьев лиственницы Гмелина, взятых на пробных площадях в Центральной Эвенкии ($64^{\circ}19'$ с.ш., $100^{\circ}15'$ в.д.).

Обозначения: A – возраст дерева, лет; D и D_0 – соответственно диаметр ствола на высоте груди и у основания ствола, см; H – высота дерева, м; P_{st} , P_{br} , P_f , P_a , P_r и P_{tot} – соответственно фитомасса в абсолютно сухом состоянии ствола в коре, ветвей (скелета кроны), хвои, надземная, корней и общая, кг; N – число деревьев на 1 га.

The phytomass structure of the model larch trees of Gmelin taken on trial plots in Central Evenkia ($64^{\circ}19' N$, $100^{\circ}15' E$). Designations: A – age of the tree, years; D and D_0 – respectively, the diameter of the trunk at the height of the chest and at the base of the trunk, cm; H – tree height, m; P_{st} , P_{br} , P_f , P_a , P_r and P_{tot} , respectively, phytomass in absolutely dry state of the trunk in the cortex, branches (skeleton of the crown), needles, aerial, roots and total, kg; N is the number of trees per 1 ha.

№	A	D	D_0	H	P_{st}	P_{br}	P_f	P_a	P_r	P_{tot}	N
1	10	0,4	1,6	1,5	0,038	0,024	0,022	0,084	0,020	0,104	119500
2	11	0,9	1,5	1,9	0,062	0,033	0,031	0,126	0,024	0,151	119500
3	11	1,2	2,4	2,3	0,089	0,033	0,024	0,145	0,027	0,172	119500
4	14	0,2	0,9	1,6	0,026	0,007	0,003	0,036	0,005	0,042	42100
5	14	0,2	1,0	1,5	0,036	0,014	0,008	0,058	0,009	0,068	42100
6	13	0,3	0,9	2,2	0,044	0,014	0,005	0,063	0,010	0,073	42100
7	14	1,6	2,2	4,3	0,279	0,066	0,029	0,374	0,080	0,455	42100
8	15	2,0	3,0	4,7	0,458	0,110	0,053	0,621	0,157	0,778	42100
9	16	1,1	2,0	3,4	0,161	0,047	0,026	0,234	0,047	0,281	42100
10	16	2,4	3,8	5,7	0,702	0,148	0,084	0,934	0,246	1,179	42100
11	25	4,0	6,0	5,1	3,741	0,473	0,316	4,529	2,152	6,681	19700
12	26	7,8	9,8	7,2	13,692	2,323	1,093	17,108	9,727	26,835	19700
13	23	2,6	4,4	4,8	1,389	0,114	0,090	1,593	0,357	1,950	19700
14	24	1,5	2,5	3,4	0,466	0,041	0,035	0,543	0,102	0,645	19700
15	24	1,0	1,5	2,5	0,158	0,012	0,010	0,180	0,037	0,217	19700
16	17	0,4	1,0	1,4	0,048	0,004	0,004	0,057	0,014	0,071	19700
17	53	4,3	–	7,6	3,815	0,424	0,127	4,365	–	–	4530
18	58	14,5	–	14,4	54,357	9,977	3,326	67,660	–	–	4530
19	53	10,0	–	12,2	19,745	2,674	1,377	23,797	–	–	4530
20	22	2,4	–	5,6	0,908	0,115	0,062	1,085	–	–	4530
21	31	2,8	–	6,0	1,214	0,102	0,040	1,356	–	–	4530

Продолжение таблицы
Table continuation

№	A	D	D ₀	H	P _{st}	P _{br}	P _f	P _a	P _r	P _{tot}	N
22	52	4,8	–	7,9	4,218	0,633	0,211	5,062	–	–	4530
23	55	7,2	–	11,3	13,366	1,455	0,716	15,537	–	–	4530
24	56	11,0	–	12,4	28,969	3,460	1,093	33,522	–	–	4530
25	34	2,2	–	4,8	0,544	0,117	0,099	0,760	–	–	3400
26	43	8,4	–	10,2	19,328	2,802	1,595	23,725	–	–	3400
27	44	11,7	–	12,0	43,168	12,482	5,608	61,258	–	–	3400
28	35	3,3	–	7,5	1,440	0,363	0,285	2,088	–	–	3400
29	35	8,0	–	8,7	12,280	2,219	1,578	16,077	–	–	3400
30	49	2,1	–	3,5	0,615	0,160	0,091	0,866	–	–	17600
31	54	4,5	–	6,0	2,326	0,470	0,214	3,010	–	–	17600
32	57	6,9	–	6,7	4,866	1,496	0,689	7,051	–	–	17600
33	57	8,6	–	8,5	11,577	2,514	1,285	15,376	–	–	17600
34	128	14,1	–	13,4	35,052	15,150	6,186	56,388	–	–	7050
35	132	12,3	–	11,3	22,964	7,870	3,670	34,504	–	–	7050
36	42	9,5	–	8,5	12,592	2,306	1,047	15,945	–	–	7050
37	50	7,4	–	6,0	4,620	1,058	0,527	6,205	–	–	7050
38	39	4,0	–	3,6	1,896	0,170	0,133	2,199	–	–	7050
39	39	3,9	–	3,2	1,975	0,373	0,373	2,721	–	–	2600
40	44	5,7	–	4,5	6,430	0,859	0,538	7,826	–	–	2600
41	118	13,3	–	12,0	50,505	6,257	1,433	58,195	–	–	2600
42	68	8,9	–	6,6	14,495	3,833	0,722	19,050	–	–	2600
43	62	9,4	–	9,0	21,840	5,352	1,294	28,485	–	–	2600
44	55	19,2	–	14,5	102,56	27,567	12,385	142,51	–	–	2625
45	32	4,2	–	6,6	2,727	0,532	0,436	3,695	–	–	2625
46	22	2,1	–	4,1	0,802	0,083	0,071	0,956	–	–	2625
47	36	13,0	–	12,2	31,815	14,586	4,862	51,263	–	–	2625
48	35	6,9	–	10,5	5,078	1,590	1,299	7,967	–	–	2625
49	52	2,1	–	3,1	1,925	0,325	0,175	2,425	–	–	2610
50	67	9,1	–	8,5	14,219	3,517	1,632	19,368	–	–	2610
51	134	12,0	–	12,5	33,884	4,086	1,286	39,256	–	–	2610
52	118	14,0	–	13,0	23,013	1,547	0,693	25,253	–	–	2610
53	100	4,3	–	4,9	4,344	0,847	0,531	5,721	–	–	2610
54	107	13,0	17,5	12,9	39,872	1,909	0,507	42,288	–	–	3340
55	73	4,0	5,8	6,6	2,671	0,426	0,120	3,217	–	–	3340
56	96	6,0	8,5	8,3	7,856	0,726	0,205	8,787	–	–	3340
57	97	8,0	11,8	9,8	11,792	0,992	0,446	13,23	–	–	3340
58	108	10,6	14,0	12,1	27,914	1,384	0,622	29,92	–	–	3340
59	70	2,1	3,2	3,0	0,437	0,140	0,045	0,623	–	–	3340

Продолжение таблицы
Table continuation

№	A	D	D ₀	H	P _{st}	P _{br}	P _f	P _a	P _r	P _{tot}	N
60	107	12,0	16,8	9,5	23,423	1,792	0,883	26,098	—	—	2320
61	106	8,0	11,7	8,5	14,006	1,165	0,684	15,856	—	—	2320
62	94	4,7	6,5	6,6	4,327	0,165	0,085	4,577	—	—	2320
63	99	6,0	8,0	7,2	6,630	0,518	0,244	7,392	—	—	2320
64	88	3,4	5,1	5,1	1,611	0,188	0,063	1,862	—	—	2320
65	80	2,3	3,2	3,8	0,706	0,079	0,024	0,809	—	—	2320
66	106	9,5	14,0	8,1	15,704	1,620	0,763	18,087	—	—	2320
67	81	3,8	—	4,6	1,949	0,204	0,196	2,350	1,212	3,562	2320
68	74	3,0	—	4,0	1,153	0,126	0,099	1,378	0,911	2,289	2320
69	88	5,2	—	5,7	4,206	0,387	0,174	4,767	2,500	7,267	2320
70	110	9,9	—	9,7	18,191	1,487	0,673	20,351	—	—	6350
71	110	7,8	—	8,0	11,408	0,723	0,390	12,521	—	—	6350
72	110	6,1	—	5,9	5,267	0,828	0,554	6,649	—	—	6350
73	110	4,2	—	5,1	2,825	0,307	0,173	3,305	—	—	6350
74	110	2,2	—	3,1	0,450	0,083	0,051	0,585	—	—	6350
75	104	6,2	—	7,9	7,557	0,595	0,230	8,383	—	—	4075
76	104	8,0	—	7,6	14,959	0,951	0,380	16,290	—	—	4075
77	97	5,8	—	8,2	6,131	0,453	0,170	6,754	—	—	4075
78	96	4,5	—	5,8	2,781	0,320	0,120	3,221	—	—	4075
79	91	5,2	—	6,3	4,388	0,420	0,182	4,991	—	—	4075
80	100	6,4	—	6,9	7,911	0,579	0,220	8,710	—	—	4075
81	85	4,5	—	5,8	2,781	0,199	0,120	3,100	—	—	4075
82	89	5,2	—	6,3	4,388	0,203	0,080	4,672	—	—	4075
83	99	6,4	—	6,9	7,114	0,790	0,220	8,124	—	—	4075
84	106	9,3	—	11,3	32,802	2,558	1,430	36,790	—	—	1960
85	99	10,0	—	12,6	34,980	4,703	2,000	41,683	—	—	1960
86	88	8,5	—	10,8	23,430	2,190	0,670	26,290	—	—	1960
87	104	7,8	—	9,5	15,114	1,444	0,590	17,148	—	—	1960
88	102	9,4	14,4	10,8	20,936	3,440	1,280	25,656	—	—	1960
89	100	14,5	21,2	10,9	51,800	11,093	3,680	66,573	—	—	1960
90	95	5,0	7,5	7,1	4,077	1,546	0,200	5,823	—	—	1960
91	100	10,5	16,0	9,3	21,993	3,767	2,119	27,879	—	—	950
92	100	10,7	15,8	9,5	26,555	6,684	4,456	37,695	—	—	950
93	100	5,4	7,8	5,0	3,049	0,827	0,705	4,581	—	—	950
94	100	4,1	—	4,5	2,150	0,343	0,216	2,709	—	—	3020
95	100	6,8	—	5,4	5,919	1,163	0,699	7,781	—	—	3020
96	100	3,4	—	3,0	1,662	0,210	0,090	1,962	—	—	3020
97	100	2,3	—	2,0	0,598	0,255	0,094	0,947	—	—	3020

Продолжение таблицы
Table continuation

№	A	D	D ₀	H	P _{st}	P _{br}	P _f	P _a	P _r	P _{tot}	N
98	100	1,0	–	1,1	0,178	0,029	0,012	0,219	–	–	3020
99	100	1,5	–	1,7	0,254	0,059	0,025	0,338	–	–	3020
100	100	5,9	–	5,1	3,850	0,578	0,125	4,553	–	–	3020
101	100	5,7	–	5,2	4,355	0,402	0,172	4,929	–	–	3020
102	102	4,6	–	4,3	3,372	0,213	0,154	3,740	–	–	3020
103	99	4,4	–	4,5	2,696	0,529	0,383	3,607	–	–	3020
104	88	4,9	–	5,3	4,130	1,014	0,341	5,484	–	–	3020
105	106	9,3	–	11,3	32,802	4,703	1,740	39,244	–	–	3020
106	101	8,5	–	10,8	23,430	1,898	0,702	26,030	–	–	3020
107	104	7,8	–	9,5	15,114	1,444	0,534	17,092	–	–	3020
108	104	6,2	–	7,9	7,557	0,953	0,384	8,894	–	–	3020
109	104	8,0	–	7,6	14,959	2,951	0,837	18,747	–	–	3020
110	106	9,3	–	11,3	32,802	4,703	1,740	39,244	–	–	3020
111	104	7,8	–	9,5	15,114	1,444	0,534	17,092	–	–	3020
112	143	7,2	9,8	9,0	8,657	2,009	1,035	11,701	–	–	3020
113	108	2,0	–	2,8	0,570	0,118	0,065	0,753	0,382	1,134	9050
114	110	4,2	–	5,5	2,726	0,304	0,253	3,284	1,586	4,870	9050
115	111	5,0	–	5,4	3,834	0,713	0,491	5,037	–	–	9050
116	109	5,1	–	5,8	4,723	0,612	0,498	5,833	2,875	8,708	9050
117	100	6,8	–	6,8	7,649	1,139	0,853	9,641	–	–	9050
118	100	9,8	–	7,4	23,194	1,516	0,696	25,406	11,589	36,995	9050
119	182	7,0	9,5	7,4	8,022	0,617	0,429	9,067	–	–	2430
120	190	10,0	14,0	9,9	16,876	1,400	0,822	19,097	–	–	2430
121	157	16,5	21,5	12,1	61,414	3,770	2,214	67,398	–	–	2430
122	180	4,0	6,0	4,9	2,336	0,143	0,092	2,571	–	–	2430
123	164	12,0	19,0	11,9	42,109	2,663	0,934	45,706	–	–	2430
124	195	25,0	35,0	15,2	149,115	4,447	1,819	155,381	–	–	2430
125	190	20,0	26,0	15,0	113,458	15,964	6,208	135,631	–	–	1410
126	182	8,0	10,7	8,8	12,673	1,449	0,888	15,010	–	–	1410
127	206	14,6	21,0	13,9	57,889	5,074	2,388	65,351	–	–	1410
128	183	11,0	15,0	11,5	29,843	5,678	2,925	38,446	–	–	1410
129	169	6,0	10,0	6,8	6,173	0,652	0,627	7,452	–	–	1410
130	288	22,0	34,0	18,0	197,397	6,760	2,761	206,918	–	–	1410
131	188	12,6	18,5	13,0	32,858	7,403	3,326	43,587	–	–	1680
132	221	15,3	19,6	9,7	53,685	18,901	5,969	78,554	–	–	1680
133	143	7,2	9,8	9,0	8,657	2,009	1,035	11,701	–	–	1680
134	176	7,5	10,2	6,6	9,644	1,128	0,352	11,124	–	–	1330
135	190	20,0	27,0	15,6	101,952	8,563	2,415	112,931	–	–	1330

Продолжение таблицы
Table continuation

№	A	D	D ₀	H	P _{st}	P _{br}	P _f	P _a	P _r	P _{tot}	N
136	187	14,0	20,0	12,2	57,477	3,012	1,082	61,571	—	—	1330
137	172	10,0	13,0	8,0	16,799	1,190	0,444	18,433	—	—	1330
138	152	6,0	9,6	7,1	7,658	0,910	0,349	8,917	—	—	1330
139	112	4,5	7,5	5,0	3,031	0,682	0,204	3,917	—	—	1330
140	153	17,5	24,0	14,2	83,301	6,605	1,695	91,601	—	—	1330
141	187	12,3	18,0	12,6	37,971	1,789	0,505	40,265	—	—	1330
142	371	21,0	30,0	14,2	130,014	5,532	1,653	137,199	—	—	1330
143	355	28,0	40,0	15,6	268,962	4,716	1,664	275,342	—	—	1330
144	297	15,5	21,0	11,2	58,013	4,971	1,657	64,640	—	—	1290
145	406	20,5	24,5	11,9	100,431	3,252	1,265	104,948	—	—	1290
146	280	13,5	18,0	10,8	41,301	5,369	2,193	48,863	—	—	1290
147	105	4,2	6,5	5,1	2,789	0,955	0,492	4,235	—	—	1290
148	183	10,0	15,0	8,5	17,820	1,644	0,774	20,237	—	—	1290
149	155	6,5	7,7	6,6	5,266	2,382	0,794	8,442	—	—	1290
150	278	12,5	17,8	10,2	32,155	1,205	0,402	33,762	—	—	1290
151	175	7,2	11,0	6,7	9,411	0,788	0,354	10,553	—	—	1290
152	5	—	0,200	0,22	0,000220	0,00013	0,000110	0,00046	0,000120	0,000580	119500
153	4	—	0,220	0,23	0,000330	0,00012	0,000100	0,00055	0,000110	0,000660	119500
154	9	—	0,330	0,31	0,000510	0,00012	0,000270	0,00090	0,000270	0,001170	119500
155	5	—	0,760	0,59	0,002310	0,00073	0,001190	0,00423	0,000650	0,004880	119500
156	9	—	0,602	0,56	0,003760	0,00320	0,002440	0,00940	0,003110	0,012510	119500
157	11	—	0,500	0,49	0,001710	0,00076	0,001210	0,00368	0,000500	0,004180	119500
158	10	—	0,840	0,73	0,005720	0,00347	0,004000	0,01319	0,003070	0,016260	119500
159	6	—	0,790	0,74	0,007590	0,00213	0,002220	0,01194	0,002860	0,014800	119500
160	11	—	0,957	0,89	0,008290	0,00429	0,005180	0,01776	0,003190	0,020950	119500
161	11	—	0,900	0,93	0,008900	0,00424	0,004630	0,01777	0,002940	0,020710	119500
162	12	—	1,170	1,09	0,015070	0,00667	0,010120	0,03186	0,006640	0,038500	119500
163	12	—	1,020	1,14	0,013670	0,00633	0,006770	0,02677	0,005030	0,031800	119500
164	11	—	1,030	1,26	0,019090	0,01082	0,007300	0,03721	0,006980	0,044190	119500
165	11	—	0,320	0,26	0,000270	0,00012	0,000110	0,00050	0,000090	0,000590	119500
166	8	—	0,200	0,47	0,000827	0,00015	0,000148	0,00112	0,000134	0,001258	42100
167	12	—	0,550	0,88	0,005585	0,00228	0,002243	0,01011	0,001179	0,011290	42100
168	12	—	0,420	0,53	0,002034	0,00067	0,000640	0,00334	0,000474	0,003818	42100
169	9	—	0,150	0,28	0,000406	0,00011	0,000106	0,00063	0,000072	0,000698	42100
170	11	—	0,430	0,56	0,002571	0,00094	0,000780	0,00430	0,000633	0,004928	42100
171	11	—	0,250	0,34	0,000910	0,00036	0,000377	0,00165	0,000230	0,001881	42100
172	11	—	0,400	0,83	0,002611	0,00051	0,000536	0,00366	0,000500	0,004157	42100
173	9	—	0,100	0,22	0,000250	0,00004	0,000046	0,00034	0,000040	0,000376	42100

Окончание таблицы
End of table

№	A	D	D ₀	H	P _{st}	P _{br}	P _f	P _a	P _r	P _{tot}	N
174	11	–	0,200	0,40	0,000885	0,00024	0,000350	0,00147	0,000204	0,001677	42100
175	11	–	0,250	0,50	0,001130	0,00031	0,000377	0,00181	0,000215	0,002028	42100
176	13	–	0,900	1,23	0,017100	0,00920	0,007000	0,03330	0,005000	0,038300	42100
177	14	–	0,850	1,23	0,026010	0,00686	0,003393	0,03626	0,005370	0,041633	42100
178	13	–	1,000	1,22	0,026714	0,01457	0,006815	0,04810	0,009244	0,057347	42100
179	12	–	0,300	0,50	0,002400	0,00048	0,000235	0,00312	0,000275	0,003390	19700
180	8	–	0,400	0,62	0,004650	0,00048	0,000260	0,00539	0,001900	0,007290	19700
181	8	–	0,600	0,85	0,011540	0,00112	0,000860	0,01352	0,004950	0,018470	19700
182	15	–	0,800	1,05	0,028340	0,00351	0,002640	0,03449	0,012420	0,046910	19700
183	21	–	0,800	1,20	0,032980	0,00255	0,002450	0,03798	0,014450	0,052430	19700

Установлены корреляционные связи между фитомассой отдельных фракций и массой стволов лиственницы в разных возрастных группах. С увеличением возраста существенно снижается теснота связи хвои, ветвей и корней со стволовой массой.

Сравнительный анализ структуры фитомассы наших объектов со структурой фитомассы разновеликих деревьев лиственницы сибирской низовий р. Пур на севере Западной Сибири [2] показал, что по величине массы стволов и ветвей различие отсутствует ($t = 0,9...0,3 < t_{05} = 2,0$), но масса хвои лиственницы Гмели-

на существенно выше, чем лиственницы сибирской на ее северном пределе ($t = 5,0 > t_{05} = 2,0$).

Сравнение наших данных с результатами определения фитомассы деревьев лиственниц Каяндера и японской [2] показало отсутствие различий по массе стволов ($t = 0,2...1,9 < t_{05} = 2,0$), но масса ветвей у последних существенно выше, чем у лиственницы Эвенкии ($t = 4,0...8,8 > t_{05} = 2,0$). По массе хвои разновеликие лиственницы Гмелина и Каяндера не различаются ($t = 1,0...1,9 < t_{05} = 2,0$), но у лиственницы японской масса хвои выше, чем у лиственницы Эвенкии ($t = 6,5 > t_{05} = 2,0$).

Выводы

1. С увеличением возраста лиственницы Гмелина на многолетней мерзлоте Центральной Эвенкии происходит изменение структуры фитомассы: масса стволов возрастает, а масса ветвей и хвои снижается,

2. Структура фитомассы разновеликих деревьев лиственницы у разных видов, произрастающих в разных экорегионах, существенно различается, и применение «всеобщей» аллометрической модели при оценке фитомассы лиственничников в пределах их ареала может дать значительные смещения.

Библиографический список

1. Ni J., Zhang X.-S., Scurlock J.M.O. Synthesis and analysis of biomass and net primary productivity in Chinese forests // Annals of Forest Science. 2001. Vol. 58. P. 351–384. URL: <http://www.edpsciences.org>
2. Усольцев В.А. Фитомасса модельных деревьев лесобразующих пород Евразии: база данных, климатически обусловленная география, таксационные нормативы. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 336 с. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5696>
3. Liu Z., Ma Q., Pan X. A study on the biomass and productivity of the natural *Larix gmelinii* forests // Acta Phytoecologica Sinica. 1994. Vol. 18. No. 4. P. 328–337. (In Chinese with English abstracts).
4. Kudyba S. Big Data, Mining, and Analytics, Components of Strategic Decision Making, Boca Raton, CRC Press, 2014. 288 p.

5. Структура фитомассы древостоев лиственницы Гмелина на разных этапах онтогенеза эдификатора / С.Г. Прокушкин, О.А. Зырянова, М.А. Корец, А.Е. Петренко // Лесные экосистемы бореальной зоны: биоразнообразие, биоэкономика, экологические риски: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Красноярск: Институт леса СО РАН, 2019. С. 363–366.

6. Поздняков Л.К., Протопопов В.В., Горбатенко В.М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии. Красноярск: Кн. изд-во, 1969. 120 с.

Bibliography

1. Ni J., Zhang X.-S., Scurlock J.M.O. Synthesis and analysis of biomass and net primary productivity in Chinese forests // *Annals of Forest Science*. 2001. Vol. 58. P. 351–384. URL: <http://www.edpsciences.org>

2. Usoltsev V.A. Single-tree biomass of forest-forming species in Eurasia: database, climate-related geography, weight tables. Yekaterinburg: Ural state forest engineering university, 2016. 336 p. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5696>

3. Liu Z., Ma Q., Pan X. A study on the biomass and productivity of the natural *Larix gmelinii* forests // *Acta Phytocologica Sinica*. 1994. Vol. 18. No. 4. P. 328–337. (In Chinese with English abstracts).

4. Kudyba S. Big Data, Mining, and Analytics, Components of Strategic Decision Making, Boca Raton, CRC Press, 2014. 288 p.

5. Phytomass structure of *Larix Gmelini* (Rupr.) Rupr. stands at different stages of edificator's ontogenesis / S.G. Prokushkin, O.A. Zyryanova, M.A. Korets, A.E. Petrenko // Forest ecosystems of boreal zone: Biodiversity, bioeconomy, ecological risks. Proceedings of the All-Russian conference with international participation. Krasnoyarsk: IF SB RAS, 2019. P. 363–366.

6. Pozdnyakov L.K., Protopopov V.V., Gorbatenko V.M. Biological productivity of forests of Central Siberia and Yakutia. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Book publishing house, 1969. 120 p.

УДК 630*1

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ Г. НОВОТРОИЦКА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СОСТОЯНИЮ БЕРЁЗЫ ПОВИСЛОЙ

А. В. БАЧУРИНА – кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры лесоводства*,
e-mail: 9502011169@mail.ru

Е. А. КУЛИКОВА – студент*

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37,
тел.: 8 (343) 261-52-88

Ключевые слова: *Betula pendula* Roth., качество среды, флуктуирующая асимметрия, биоиндикация, листовая пластинка, промышленные поллютанты, г. Новотроицк, Оренбургская область, экология, окружающая среда.

Демографический и экономический рост городов одновременно привел и к увеличению техногенной нагрузки на экосистемы не только в самих городах, но и на большом удалении от них. Экологическое состояние городской среды в большинстве промышленных городов ухудшилось. Городская среда представляет собой целостность природных, природно-антропогенных и социально-экономических факторов, оказывающих различное воздействие на жителей городов.

С использованием метода флуктуирующей асимметрии (ФА) листовой пластинки проведена оценка экологического состояния и выявлено влияние антропогенных факторов на морфометрические параметры листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в г. Новотроицке Оренбургской области. На основании полученных данных по семи объектам исследований сделана оценка качества. Исследования показали, что уровень флуктуирующей асимметрии листовой пластинки берёзы повислой чувствителен к действию промышленного загрязнения и возрастает при увеличении антропогенной нагрузки. Повышение степени воздействия приводит к возрастанию изменчивости показателей и снижению стабильности. Основными источниками загрязнения района исследования являются ООО «Уральская сталь», ОАО «Новотроицкий завод хромовых соединений». Спектр загрязнения Новотроицкого промузла продуктами техногенеза достаточно разнообразен. Об этом свидетельствуют результаты исследований с «критическим» значением качества среды в выборках, территориально приближенных к данным предприятиям (№ 1 ул. Заводская, 1 (Управление ОАО «Уральская сталь») – 0,066). В целом состояние городской среды характеризуется относительно однородным уровнем с существенными (значительными) отклонениями от нормы показателей ФА березы повислой (*B. pendula* Roth.) – 0,053–0,054.

ASSESSMENT OF QUALITY OF THE ENVIRONMENT IN THE TERRITORY OF THE CITY OF NOVOTROITSK OF THE ORENBURG REGION AS THE CONDITION OF THE *BETULA PENDULA* ROTH.

A. V. BACHURINA – candidate of agricultural sciences,
assistant professor*,
e-mail: 9502011169@mail.ru

E. A. KULIKOVA – student*

*FSBEI HE «Ural State Forest Engineering University»,
620100, Russia, Yekaterinburg, Sibirsky tract, 37;
phone: +7 (343) 261-52-88

Key words: *Betula pendula* Roth., environmental quality, fluctuating asymmetry, bioindication, leaf blade, industrial pollutants, Novotroitsk, Orenburg region, ecology, environment

The demographic and economic growth of cities at the same time led to an increase in the technogenic load on the ecosystems not only in the cities themselves, but also at a great distance from them. The ecological state of the urban environment in most industrial cities has worsened. The urban environment is an integrity of natural, natural-anthropogenic and socio-economic factors that have different effects on urban residents.

Using the method of fluctuating asymmetry (FA), an ecological state was assessed and the influence of anthropogenic factors on the morphometric parameters of the birch leaves (*Betula pendula* Roth.) In Novotroitsk, Orenburg Region, was revealed. Based on the data obtained for seven objects of research, an assessment of environmental quality was made. Studies have shown that the level of fluctuating asymmetry of the birch leaf blade is susceptible to the effects of industrial pollution and increases with an increase in anthropogenic load. Increasing the degree of impact leads to an increase in the variability of indicators and a decrease in stability. The main sources of pollution in the study area are Ural Steel LLC, Novotroitsk Plant of Chrome Compounds OJSC. The pollution spectrum of the Novotroitsky industrial site with technogenesis products is quite diverse. This is evidenced by the results of studies with a «critical» value of the quality of the environment in samples geographically close to these enterprises (No. 1 Zavodskaya St., 1 (Management of OJSC Ural Steel) – 0.066). In general, the state of the urban environment is characterized by a relatively uniform level with significant (significant) deviations from the norm of the indicators of FA of birch (*B. pendula* Roth.) – 0.053–0.054.

Введение

Проблемы экологии городской среды занимают одно из первых мест среди глобальных проблем современности, так как эта среда отличается своеобразием экологических факторов, специфичностью техногенных воздействий, приводящих к значительной трансформации окружающей среды. Во многих индустриальных регионах страны сформировалась сложная экологическая обстановка [1–3]. Не является исключением и Оренбургская область. На ее территории разведано более 2500 месторождений 75 видов ископаемых, в том числе нефть, газ, бурый уголь, медно-колчеданные и железные руды, в связи с чем активно развиты отрасли черной и цветной металлургии, химической, горнодобывающей и горно-перерабатывающей, нефтеперерабатывающей, нефтегазодобывающей и нефтегазоперерабатывающей промышленности. Высокое загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвы, а также деградация флоры и фауны на востоке области обусловлены влиянием этих предприятий.

На правом берегу реки Урал расположен г. Новотроицк, в 276 км от г. Оренбурга. На его землях действует 20 крупных и средних предприятий: ОАО «Уральская сталь», ОАО «Новотроицкий завод хромовых соединений», ОАО «Новотроицкий цементный завод», ООО «Южно-Уральская ГПК», ЗАО «Сборный железобетон», ООО «Новотроицкий завод строительных мате-

риалов „Арго“», ОАО «Новотроицкметаллургжилстрой», ОАО «Южуралэлектромонтаж», ОАО «Новокиевский щебеночный завод», ООО «Деревообрабатывающий завод» и др. Большая антропогенная нагрузка на окружающую природную среду оказывает негативное воздействие и на состояние здоровья населения. Приоритетными поллютантами в структуре риска развития неканцерогенных эффектов являются оксид меди ($HQ = 14,9$), формальдегид (2,9), взвешенные вещества (2,6), марганец (1,8), диоксид азота (1,2) и бенз(а)пирен (1,1). Наибольший вклад в риск развития канцерогенных эффектов вносит содержание в атмосферном воздухе формальдегида (48,8 %) и хрома (44,5 %). К числу приоритетных тяжелых металлов, загрязняющих почву, относятся никель, медь, свинец, цинк, марганец, бенз(а)пирен, нефтепродукты [2].

Цель, методика

и объекты исследований

Одним из важнейших методов оценки качества среды является биоиндикация как серия биологических оценок в природе. Одним из лучших биоиндикаторов в городе являются листья березы (*Betula pendula* Roth.) – дерева с высокими поглотительными качествами [4–9]. При воздействии антропогенных факторов в листьях происходят морфологические изменения (появление асимметрии, уменьшение площади листовой пластины). Чтобы оценить состояние объекта биоиндикации, был выбран

метод флуктуирующей асимметрии.

Флуктуирующая асимметрия представляет собой случайные незначительные отклонения от симметричного состояния билатеральных морфо-логических структур, обусловленные стохастичностью молекулярных процессов, которые лежат в основе экспрессии генов (онтогенетическим шумом). Величина флуктуирующей асимметрии увеличивается под воздействием любых стрессовых факторов среды, которые приводят к усилению онтогенетического шума, нарушению стабильности морфогенеза листа, и как следствие, увеличению его асимметрии [10].

Целью наших исследований являлись оценка качества среды г. Новотроицка Оренбургской области методом флуктуирующей асимметрии по состоянию березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и разработка рекомендаций по улучшению экологической обстановки в районе исследований.

В соответствии с методическими рекомендациями сбор материала проводился после остановки роста листьев [8, 10]. Методика основывается на выявлении, учете и сравнительном анализе асимметрии по определенным признакам. По каждой листовой пластине были произведены измерения левой и правой частей листа по 5 параметрам. Всего было проведено 7000 измерений у 700 листьев.

Сбор материала проводился на семи площадках, шесть из которых располагались в разных

районах г. Новотроицка на придорожных газонах оживленных улиц в непосредственной близости к промышленным градообразующим предприятиям, а седьмая площадка (фоновая) была

заложена в пос. Сара на расстоянии 40,6 км от г. Новотроицка, где отсутствуют источники загрязнения. На каждой площадке было собрано по 100 листьев березы повислой (*B. pendula* Roth.).

Расположение площадок сбора материала относительно промышленных предприятий и их краткая характеристика приведены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Местоположение площадок сбора материала и их краткая характеристика
Location of material collection sites and their brief description

Местоположение площадки Location of the site	Расстояние до промышленного предприятия, км Distance to the industrial enterprise, km			Краткая характеристика Brief description
	ОАО «Уральская сталь» OJSC Ural Steel	ООО «Южно-Уральская ГПК» LLC «South-Uralsky gas processing complex»	АО «Новотроицкий завод хромовых соединений» JSC «Novotroitsk plant of chromium compounds»	
1	2	3	4	5
Площадка № 1 (ул. Заводская, 1) Site No. 1 (Zavodskaya St., 1)	0	9,4	3,0	Расположена около управления ОАО «Уральская сталь», в непосредственной близости с управлением находятся стоянка автомобилей работников ОАО, остановка общественного транспорта It is located near the management of OJSC Ural Steel, in the immediate vicinity of the management there is a parking lot of employees of the OJSC, a stop for public transport
Площадка № 2 (ул. Рудницкого, 56) Site No. 2 (Rudnitsky St., 56)	3,0	6,5	2,4	Находится в частном секторе города, расположена на перекрестке дорог с асфальтированным и грунтовым покрытием Located in the private sector of the city, located at the crossroads of roads with asphalt and unpaved
Площадка № 3 (перекресток ул. Зинина и ул. Советской) Site No. 3 (intersection of Zinin St. and Sovetskaya St.)	3,7	6,0	4,3	Расположена недалеко от дороги с асфальтированным покрытием, трамвайными линиями, остановкой общественного транспорта Located near the asphalt road, tram lines, public transport
Площадка № 4 (ул. Советская, 115А) Site No. 4 (Sovetskaya St., 115A)	6,5	3,9	6,1	Расположена недалеко от дороги с асфальтированным покрытием, трамвайными линиями, остановкой общественного транспорта, центральная улица города с наиболее оживленным движением Located not far from the asphalt road, tram lines, public transport, the main street of the city with the busiest traffic
Площадка № 5 (ул. Ломоносова, 5) Site No. 5 (Lomonosov St., 5)	4,0	5,5	3,4	Расположена недалеко от дороги с асфальтированным покрытием, трамвайными линиями, остановкой общественного транспорта, движение транспорта достаточно оживленное Located not far from the paved road, tram lines, public transport, the traffic is quite busy

Окончание табл. 1

End of table 1

1	2	3	4	5
Площадка № 6 (ул. Уральская, 2а) Site No. 6 (Uralskaya St., 2a)	5,7	4,3	5,9	Расположена недалеко от дороги с асфальтированным покрытием Located close to asphalt road
Площадка № 7 (пос. Сара) Site No. 7 (p. Sara)	40,6 км до г. Новотроицка 40.6 km to Novotroitsk			Березовое насаждение искусственного происхождения без видимых источников неблагоприятного воздействия антропогенных факторов Artificial birch plantation without apparent sources of adverse effects of anthropogenic factors

Результаты исследований и их обсуждение

После математической обработки данных по указанной

методике и сравнения со шкалой качества среды [10] получены следующие интегральные показатели стабильности раз-

вития (величин флуктуирующей асимметрии), приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Стабильность качества среды Environmental stability

Место сбора Gathering place	Интегральный показатель асимметрии Integral Asymmetry Index	Балл состояния Status score	Качество среды Environmental quality
Площадка №1 (ул. Заводская, 1) Site No. 1 (Zavodskaya St., 1)	0,066	5	Критическое состояние Critical condition
Площадка №2 (ул. Рудницкого, 56) Site No. 2 (Rudnitsky St., 56)	0,060	5	Критическое состояние Critical condition
Площадка №3 (перекресток ул. Зинина и ул. Советской) Site No. 3 (intersection of Zinin St. and Sovetskaya St.)	0,053	4	Существенные (значительные) отклонения от нормы Significant (significant) deviations from the norm
Площадка №4 (ул. Советская, 115А) Site No. 4 (Sovetskaya St., 115A)	0,054	4	Существенные (значительные) отклонения от нормы Significant (significant) deviations from the norm
Площадка №5 (ул. Ломоносова, 5) Site No. 5 (Lomonosov St., 5)	0,055	5	Критическое состояние Critical condition
Площадка №6 (ул. Уральская, 2а) Site No. 6 (Uralskaya St., 2a)	0,054	4	Существенные (значительные) отклонения от нормы Significant (significant) deviations from the norm
Площадка №7 (пос. Сара) Site No. 7 (p. Sara)	0,039	1	Условно нормальное Conditionally normal

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что состояние среды в черте города оценивается как критическое или наблюдаются существенные (значительные) отклонения от нормы. При визу-

альном обследовании деревьев березы, произрастающих в черте города, заметны такие признаки поражения, как скручивание, некрозы, а также преждевременное пожелтение и опад листвы.

Безусловно, негативный фактор влияния промышленных поллютантов на состояние деревьев и окружающей среды в целом хоть и является определяющим, но не единственным. Немалое

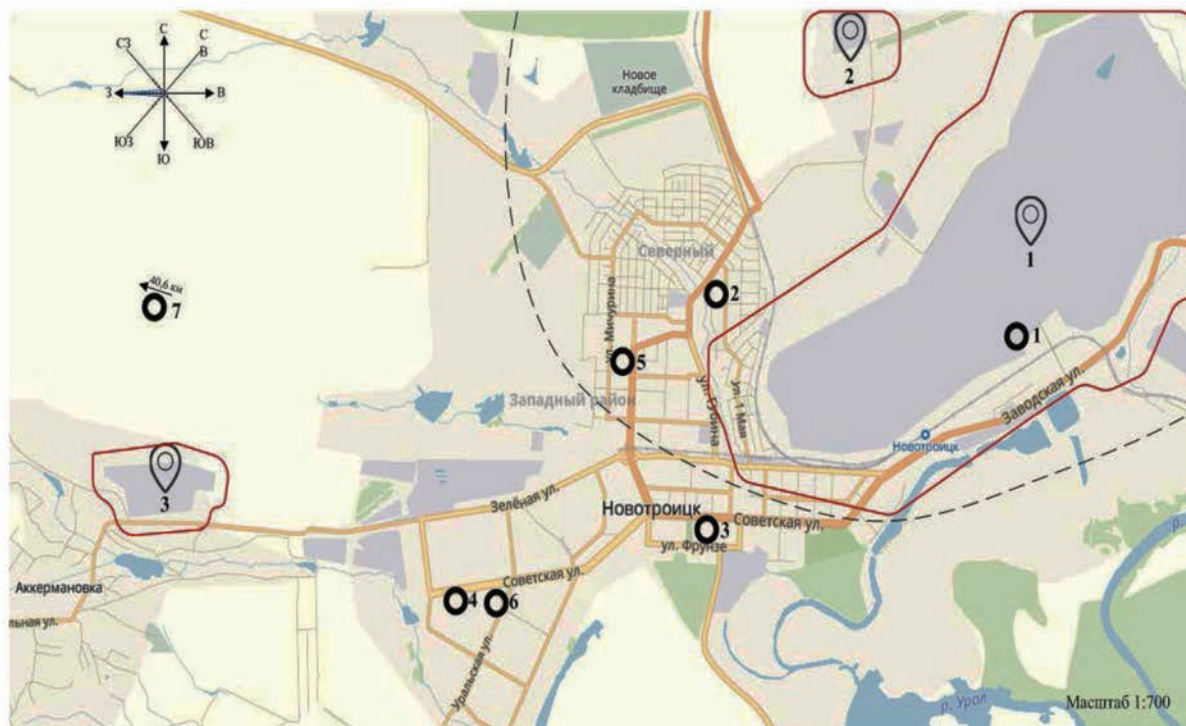
воздействие на состояние среды оказывают и выбросы автотранспорта, рекреационные нагрузки и другие антропогенные факторы.

При этом, как и предполагалось, полученные результаты свидетельствуют об условно-

нормальном состоянии среды в п. Сара. Видимых признаков поражения деревьев в этих условиях нами также не выявлено.

По полученным результатам была составлена карта-схема (рисунок) с изображенными на

ней точками сбора исследуемого материала, розой ветров, промышленными предприятиями, санитарно-защитными зонами и границей территорий с различной степенью стабильности качества среды.



- Граница санитарно-защитной зоны
- - - Граница территории с различной степенью стабильности
- Места сбора (номера выборок)
- 📍 Промышленные предприятия

Карта г. Новотроицка с обозначенными промышленными предприятиями и их санитарно-защитными зонами
Map of Novotroitsk with marked industrial enterprises and their sanitary protection zones

Выводы

Проведенные нами исследования показали, что метод флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой является эффективным для изучения состояния древесной растительности в условиях длительного воздействия промышленных поллютантов. Расчет

интегральных показателей флуктуирующей асимметрии березы повислой (*Betula pendula* Roth.) позволил получить продуктивную оценку качества среды в различных точках г. Новотроицка. В большинстве из них интегральный показатель флуктуирующей асимметрии свидетельствует о существенных (значительных)

отклонениях от нормы, а в выборках № 1, 2, 5 качество среды согласно классификации оценивается как критическое. Подобное распределение интегральных показателей стабильности развития в разных районах города можно объяснить тем, что на показатель асимметрии листовой пластинки основное влияние оказывает

концентрация тяжелых металлов в почве и атмосферном воздухе в связи с близким расположением к промышленным предприятиям, относящимся к I классу опасности.

Для улучшения качества окружающей среды необходимы раз-

работка комплекса мероприятий, в том числе применение более детального и тщательного подхода при выборе видового состава пород, используемых в озеленении, с учетом условий произрастания, а также совершенствование ведения государственного эко-

логического мониторинга, производственного экологического контроля и мер ответственности за нарушения законодательства в области охраны окружающей среды.

Библиографический список

1. Залесов С.В., Бачурина А.В., Бачурина С.В. Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь», и реакция их компонентов на проведение рубок обновления [Электронный ресурс]. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. URL: <http://www.elar.usfeu.ru/handll/123456789/6620>
2. Жилищно-коммунальное хозяйство и качество жизни в XXI веке: экологические модели, новые технологии и практики управления: коллектив. моногр. / Я.П. Силин, Г.В. Астратова и др.: под. ред. Я.П. Силина, Г.В. Астратова. М.: Екатеринбург: Науковедение, 2017. 600 с.
3. Качество жизни: Проблемы и перспективы XXI века / Астратова Г.А., Мехренцев А.В., Хрущева М.И., Залесов С.В. и др. Екатеринбург: Стратегия позитива™, 2013. 532 с.
4. Об утверждении методических рекомендаций по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ: утв. распоряжением Мин-ва природ. ресурсов Российской Федерации (Росэкология), 16.10.2003 № 460-р. URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/901879474>
5. Использование показателя флуктуирующей асимметрии березы повислой для оценки ее состояния / С.В. Залесов, Б.О. Азбаев, Л.А. Белов, Ж.О. Суюндиков, Е.С. Залесова, А.С. Оплетев // Современ. проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: <http://www.csience – education.ru / 119-14518>
6. Надземная фитомасса и площадь поверхности ассимиляционного аппарата искусственных березовых древостоев в зеленой зоне г. Астаны / С.В. Залесов, Л.А. Белов, А.В. Данчева, Е.С. Залесова, А.С. Оплетев, Ж.О. Суюндиков // Вестник Алтайского гос. аграрн. ун-та. 2015. № 3 (125). С. 55–62.
7. Залесов С.В., Бачурина А.В. Оценка качества окружающей среды на территории Карабашского городского округа по состоянию березы повислой // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2019. № 2. С. 38–41.
8. Залесов С.В. Зарипов Ю.В., Фролова Е.А. Анализ состояния подроста березы повислой (*Betula pendula* Roth.) на отвалах месторождений хризотил-асбеста по показателю флуктуирующей асимметрии // Вестник Бурят. гос. с.-х. акад. им. В.Р. Филиппова. 2017. № 1 (46). С. 71–77.
9. Залесов С.В., Бачурина А.В., Шевелина А.О. Оценка стабильности состояния березы на различном удалении от ОАО «Уфалейникель» // Леса России и хоз-во в них. 2018. Вып. 1 (64). С. 21–27.
10. Захаров В.М., Яблоков А.В. Анализ морфологической изменчивости как метод оценки состояния природных популяций // Новые методы изучения почвенных животных в радиоэкологических исследованиях. М.: Наука, 1985. С. 176–185.

Bibliography

1. Zalesov S.V., Bachurina A.V., Bachurina S.V. The state of forest stands subject to the influence of industrial pollutants of CJSC «Karabashmed», and the reaction of their components to the implementation of cutting operations [Electronic resource]. Yekaterinburg: Ural state forestry univ., 2017. URL: <http://www.elar.usfeu.ru/handll/123456789/6620>

2. Housing and utilities and the quality of life in the XXI century: environmental models, new technologies and management practices: a collective monograph / I.P. Silin, G.V. Astratova et al.: under. ed. I.P. Silina, G.V. Astratova. Moscow; Yekaterinburg: Science of Science, 2017. 600 p.
 3. Quality of life: Problems and prospects of the XXI century. / Astratova G.A., Mehrentsev A.V., Khrushcheva M.I., Zalesov S.V. et al. Yekaterinburg: Strategy of Positivity, 2013. 532 p.
 4. Methodological recommendations for assessing the quality of the environment according to the state of living creatures: approved by Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation (Rosekologiya), 16.10.2003 No. 460-r. URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/901879474>
 5. The use of the indicator of fluctuating asymmetry of birch dangling to assess its condition / S.V. Zalesov, B.O. Azbaev, L.A. Belov, J.O. Suyundikov, E.S. Zalesova, A.S. Opletayev // Modern problems of science and education. 2014. No. 5. URL: <http://www.csience – education.ru / 119-14518>
 6. Aboveground phytomass and surface area of the assimilation apparatus of artificial birch stands in the green zone of Astana / S.V. Zalesov, L.A. Belov, A.V. Dancheva, E.S. Zalesova, A.S. Opletayev, Zh.O. Suyundikov // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2015. No. 3 (125). S. 55–62.
 7. Zalesov S.V., Bachurina A.V. Assessment of environmental quality in the territory of the Karabash urban district by the state of the birch hanging // Use and protection of natural resources in Russia. 2019. No. 2. P. 38–41.
 8. Zalesov S.V., Zaripov Yu.V., Frolova E.A. Analysis of the state of undergrowth of young birch (*Betula pendula* Roth.) On the dumps of chrysotile asbestos deposits in terms of fluctuating asymmetry // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippova. 2017. No. 1 (46). P. 71–77.
 9. Zalesov S.V., Bachurina A.V., Shevelina A.O. Assessment of the stability of the state of birch at different distances from Ufaleinikel OJSC // Forests of Russia and the economy in them. 2018. Issue. 1 (64). P. 21–27.
 10. Zakharov V.M., Yablokov A.V. Analysis of morphological variability as a method for assessing the state of natural populations // New methods for studying soil animals in radioecological studies. M.: Science, 1985. P. 176–185.
-

УДК 630*41:581.2

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СТВОЛОВЫХ И КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ В ГОРОДСКИХ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ И ЛЕСОПАРКАХ

Е. В. КОЛТУНОВ – доктор биологических наук, профессор,
e-mail: evg_koltunov@mail.ru

ФГБУН Ботанический сад УрО РАН,
620000, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202А,
тел: 8 (343) 322-56-37

Ключевые слова: сосна обыкновенная, стволовые и корневые гнили, городские лесопарки, факторы резистентности.

Целью исследования было изучение особенностей распространения гнилевых болезней сосны в городских насаждениях и лесопарках и основных факторов снижения ее резистентности. Наличие гнилей определяли методом взятия кернов из ствола и корневых лап. Для этого на пробных площадях закладывались трансекты. Объектом исследований были насаждения сосны в Нижне-Исетском, Калиновском, Юго-Западном лесопарках, лесопарке им. Лесоводов России, городском лесопарке микрорайона

Сортировочный и городских лесонасаждениях. Результаты показали, что, несмотря на незначительные различия среднего возраста сосны в лесопарках, уровень пораженности гнилями значительно различался в первых двух (5–15 и 12–25 %), и в двух следующих (26,9–58,9 и 15–52 %). Очевидно, что уровень резистентности сосны также значительно отличался. Одной из основных причин является большая ослабленность древостоев из-за сильного аэротехногенного загрязнения в сочетании с высокой рекреационной нагрузкой. Важная роль в снижении устойчивости сосны принадлежит и трансформации соотношения легкогидролизуемого азота к P_2O_5 в лесной подстилке. С ростом обеспеченности азотом пораженность сосны гнилями заметно возрастала, с ростом обеспеченности P_2O_5 снижалась. Полученные результаты позволяют предположить, что основными факторами снижения резистентности сосны к гнилям в урбанизированной среде являются возраст сосны, значительное аэротехногенное загрязнение среды и рекреационная дигрессия. Умеренное загрязнение почв вносит менее заметный вклад в снижение иммунитета сосны. Лесопатологическое обследование лесопарков не выявило действующих и затухших очагов гнилей. Поэтому обнаруженные очаги являются хроническими, которые могут не трансформироваться в острые очаги с усыханием древостоя. Скрытый характер инфекции обусловлен снижением иммунитета древостоев из-за значительного аэротехногенного загрязнения в сочетании с рекреационной дигрессией и доминированием ксилотрофных базидиомицетов с пониженной агрессивностью.

FEATURES OF THE STEM AND ROOT ROTS DISTRIBUTION IN URBAN WOODY PLANTS AND FOREST PARKS

E.V. KOLTUNOV – doctor of biol. sciences, professor,
e-mail: evg_koltunov@mail.ru

FSBIS Botanical Garden UrD RAS,
620000, Yekaterinburg, 8 March St., 202A,
phone: 8 (343) 322-56-37

Keywords: Scots pine, stem and root rots, urban forest parks, resistance factors.

The purpose of research was studying of distribution features of rotten pine diseases in urban plantations and forest parks and main factors that reduce its resistance. The presence of rot was determined by taking cores from stem and root paws. To do this, transects were laid on trial plots. The object of research was pine plantations in Lower-Isetsy, Kalinovsky, Southwestern, forest parks, forest park named of Foresters of Russia, city forest park in microdistrict: «Sortirovochny» and urban forest plantations. The results showed that, despite at insignificant differences of pine trees average age in forest parks, level of rot illness varied significantly (5–15; 12–25 %) in first two, and (26,9–58,9 and 15–52 %) in two of following. Obviously, pine resistance levels also significantly differed. One of main reasons is significant weakening of forest stands due to significant aerotechnogenic pollution combined with high recreational influence. An important role in reducing resistance of pine also belongs to transformation of ratio of easily hydrolyzable nitrogen to P_2O_5 in forest litter. With increase nitrogen supply, pine morbidity by rot significantly increased, and with increase in P_2O_5 supply, it decreased. The results obtained suggest that main factors in reducing pine resistance to rot in urbanized environment are: age of the pine, significant aerotechnogenic pollution of environment and recreational digression. Moderate soil contamination makes significantly less noticeable deposition to decrease of pine immunity. Forest pathological examination of forest parks did not reveal active and extinct of rots hotbeds. Therefore, identified hotbeds are chronics, which may not transform into sharp hotbeds with drying out of forest stands. The hidden nature of infection is due to decrease in immunity of stands due to significant aerotechnogenic pollution in combination with recreational digression and dominance of xylotrophic basidiomycetes with reduced aggressiveness.

Введение

Уровень и масштабы антропогенного воздействия на городские лесонасаждения и лесопарки постоянно возрастают. Это сопровождается снижением их устойчивости, ростом пораженности болезнями. В условиях урбанизированной среды древесные насаждения в основном подвергаются воздействию аэротехногенных выбросов рекреационной дигрессии. В составе аэротехногенных выбросов автотранспорта преобладает оксид углерода (70 %), углеводороды (19 %), оксиды азота (9 %) [1]. Они вызывают повреждение ассимиляционного аппарата городских лесонасаждений [2]. Другими важными негативными факторами служат аэротехногенное загрязнение городов от промышленных объектов и рекреационная дигрессия. Среднегодовая концентрация SO_2 в атмосфере г. Екатеринбурга составляла 6,7 мкг/м³, а в некоторых городах Свердловской области она была значительно выше [3]. Ранее нами было установлено, что загрязнение почвы в отдельных лесопарках значительное [4, 5]. В отдельных кварталах Юго-Западного лесопарка содержание Cu достигало 3,2–4,2 ПДК, Zn – 3,9 ПДК; в лесопарке им. Лесоводов России: Cu – до 11,5 ПДК, Cd – до 1 ПДК, Zn – до 8,3 ПДК [4, 5].

Цель, задача, методика и объекты исследования

Исходя из этого, основной целью исследования было изучение особенностей распростра-

нения гнилевых заболеваний сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в городских насаждениях и лесопарках в условиях урбанизации и основных факторов снижения резистентности сосны к стволовым и корневым гнилям.

Наличие корневых и стволовых гнилей у древостоев определяли методом взятия кернов из ствола и трех корневых лап. Для взятия кернов внутри пробных площадей закладывались трансекты. Взятие кернов осуществлялось методом случайного отбора проб у деревьев через каждые 10 м с помощью приростного бурава. Пробные площади размером 25 × 25 м закладывались с помощью измерительных инструментов (рулетки и буссоли) в типичных для данного участка условиях.

Результаты исследования и их обсуждение

Особенности распространения гнилевых болезней в древесных насаждениях городских лесопарков г. Екатеринбурга ранее нами уже детально рассматривались [6–11]. Следует отметить, что ниже приводятся результаты исследований в кварталах, которые ранее нами не изучались. Исследования показали, что распространение стволовых и корневых гнилей у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в городских лесопарках варьирует в достаточно широких пределах: от 10–15 % в Нижне-Исетском лесопарке до 50–60 % в Юго-Западном лесопарке и лесопарке им. Лесоводов России.

Как показали результаты, в обследованных нами участках соснового леса лесопарка им. Лесоводов России уровень распространения гнилевых болезней (СГ+КГ) варьировал в диапазоне от 5 до 52 %, что несколько ниже, чем в ранее обследованных кварталах этого лесопарка (табл. 1). Более низким в среднем был и уровень распространения корневых и стволовых гнилей сосняков лесопарка. Корреляционный анализ показал, что, несмотря на очень незначительные различия среднего диаметра сосны на пробных площадях, средний уровень корреляции диаметра древостоев и общей пораженности гнилями (СГ+КГ) высок (0,76; $P < 0,05$). Еще выше он между этим же параметром и процентом пораженности СГ (0,83; $P < 0,05$). Между средним диаметром древостоя и уровнем пораженности КГ он был значительно ниже (0,31; $P < 0,05$). Мы связываем это с хорошо известной зависимостью общей пораженности гнилевыми болезнями (особенно СГ) с возрастом древостоя, различным состоянием древостоя, обусловленным разной посещаемостью участков лесопарка, лесорастительными и почвенными условиями, рельефом местности.

Как показали результаты исследований сосняков Калиновского лесопарка, лесопатологическая ситуация была значительно благоприятнее, чем в предыдущем (табл. 2). Суммарное распространение гнилевых болезней (СГ+КГ) оказалось очень незначительным: от 12,5 до 25 %.

Таблица 1

Table 1

Распространение стволовых и корневых гнилей сосны обыкновенной
в лесопарке им. Лесоводов России г. Екатеринбург
The distribution of stem and root rot of Scots pine in the forest park
named Foresters of Russia, Yekaterinburg

№ПП № TA	Количество деревьев в пробе Number of trees in sample	Средний возраст, лет Average age, years	Средний диаметр деревьев, см The average diameter of the trees, cm	Количество деревьев со стволовыми гнилями, % The number of trees with stem rot, %	Количество деревьев с корневыми гнилями, % The number of trees with root rot, %	Количество деревьев СГ + КГ, % The number of trees with SR + RR, %
21	15	110	34,83	10,0	5,0	15,0
22	15	95	45,2	5,0	0,0	5,0
23	15	90	30,18	16,7	10,0	26,7
24	15	110	42,24	40,0	12,0	52,0
25	15	105	38,72	30,0	10,0	40,0
26	15	90	36,41	21,0	5,0	26,0
27	15	110	35,12	15,2	10,0	25,0

Очень низкими были как уровни распространения стволовых гнилей (от 5 до 12 %), так и корневых (от 5 до 15 %) (см. табл. 2). Корреляционный анализ показал, что наиболее тесная корреляционная

зависимость наблюдалась между возрастом сосняков и уровнем пораженности СГ+КГ ($R = 0,7$; $P < 0,05$), КГ ($R = 0,66$; $P < 0,05$), СГ ($R = 0,53$; $P < 0,05$). Корреляционная взаимосвязь болезней

со средним диаметром сосняков была еще выше: с СГ ($R = 0,71$; $P < 0,05$); КГ ($R = 0,69$; $P < 0,05$); СГ + КГ ($R = 0,84$; $P < 0,05$).

Таблица 2

Table 2

Распространение стволовых и корневых гнилей сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)
в Калиновском лесопарке г. Екатеринбург
Distribution of stem and root rot Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)
in Kalinovsky forest park in Yekaterinburg

№ ПП № TA	Количество деревьев в пробе Number of trees in sample	Средний возраст, лет Average age, years	Средний диаметр деревьев, см The average diameter of the trees, cm	Количество деревьев сосны со стволовыми гнилями, % The number of trees with stem rot (%)	Количество деревь- ев сосны с корневыми гнилями, % The number of trees with root rot, %	Количество деревьев сосны СГ + КГ, % The number of trees with SR + RR, %
29	20	102	43,1	10,0	15,0	25,0
30	20	92	40,2	12,0	5,0	17,0
31	20	105	42,7	7,5	10,0	17,5
32	20	85	37,4	5,0	7,5	12,5

Таблица 3

Table 3

Распространение стволовых и корневых гнилей сосны обыкновенной
в условиях городской среды г. Екатеринбурга
Distribution of stem and root rot of Scots pine in the urban environment of Yekaterinburg

Объект Object	Количество деревьев The number of trees	Пораженность СГ + КГ Trees with SR + RR
1. Сосновые насаждения вблизи горбольницы № 40 Pine plantations near the city hospital № 40	20,0	26,2 %
2. Сосновые насаждения городского парка отдыха в микрорайоне Сортировочный Pine plantations of the city leisure park in the microdistrict Sortirovochny	20,0	32,4 %
3. Сосняки в Нижне-Исетском лесопарке Scotch pines in Nijne-Isetsy forest park	100,0	СГ + КГ – 16,4 % SR + RR СГ – 4,0 % SR КГ – 12,4 % RR

В Нижне-Исетском лесопарке распространение стволовых гнилей у сосны было очень низким и составляло 4 % (табл. 3). Корневые гнили у сосны обнаруживались редко, и уровень их распространения варьировал в диапазоне от 0 до 30 %, в среднем – 12,4 %. Лесопатологическое обследование березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в этом лесопарке показало, что стволовые гнили, наоборот, чрезвычайно широко распространены во всех кварталах лесопарка. Общий уровень их распространения варьировал от 60 до 100 %. Источником болезни является трутовик окаймленный. Важной причиной ослабленности является то, что часть березняков имеет порослевое происхождение. Около половины пораженных древостоев характеризуется сильной степенью поражения (от 50 % площади ствола и более). Примерно столько же древостоев находятся в слабой и средней степени поражения

до 40 %. Состояние березы повислой в лесопарке значительно хуже, чем сосны.

Как показали результаты, сосняки городского парка отдыха в микрорайоне Сортировочный также имели невысокий уровень пораженности гнилевыми болезнями. Он составлял в среднем 32,4 %, у сосняков вблизи горбольницы № 40 выявлено 26,2 % деревьев со стволовой гнилью (см. табл. 3). При этом, как и в предыдущем варианте, сопутствующие сосне лиственные древостои также имели более значительный уровень пораженности стволовыми гнилями: осина – 67,1 %, черемуха – 46,2 %.

В Юго-Западном лесопарке распространение стволовых гнилей сосны варьировало от 14,7 до 35,2 %, корневых гнилей – от 10,2 до 23,7 %, суммарное распространение варьировало от 26,9 до 58,9 % (табл. 4). Корреляционная взаимосвязь среднего воз-

раста древостоя и пораженности СГ+КГ; СГ; КГ по результатам анализа составила соответственно 0,39; 0,4; 0,35 ($P < 0,05$).

Исследования показали, что пораженность стволовыми и корневыми гнилями древостоев в городских лесопарках варьирует в широких пределах: от 5 до 16 % в Нижне-Исетском лесопарке, от 12 до 25 % в Калиновском лесопарке, от 26,9 до 58,9 % в Юго-Западном лесопарке и от 15 до 52 % в лесопарке им. Лесоводов России. В целом результаты исследований продемонстрировали, что наиболее низкий уровень распространения гнилевых болезней наблюдался в древостоях Нижне-Исетского (СГ – 4,0 %; СГ+КГ – 16,4 %) и Калиновского лесопарков (СГ – 8,62 %; СГ+КГ – 18 %), а наиболее высокий – в насаждениях Юго-Западного лесопарка (СГ – 21,95 %; СГ+КГ – 37,46 %) и лесопарка им. Лесоводов России (СГ – 19,7 %; СГ+КГ – 27,1 %).

Средний возраст сосны в эти лесопарках различается очень незначительно (Юго-Западный – 101,25 года; Лесоводов России – 101,4 года; Калиновский – 96,25 года; Нижне-Исетский – 98,9 года). Тем не менее уровень резистентности сосны в лесопарках города значительно отличается. Вероятно, одной

из основных причин этого является высокая степень ослабленности древостоев вследствие значительного уровня аэротехногенного загрязнения в сочетании с высокой рекреационной нагрузкой. Кроме того, важная роль в снижении устойчивости сосны, как показано нами ранее [12], принадлежит и трансформации

соотношения легкогидролизуемого азота к P_2O_5 в лесной подстилке в условиях урбанизации. С ростом относительной обеспеченности легкогидролизуемым азотом пораженность сосны гнилевыми болезнями заметно возрастала, с ростом обеспеченности P_2O_5 снижалась.

Таблица 4
Table 4

Распространение гнилевых болезней в городском лесопарке Юго-Западный г. Екатеринбурга
The spread of rotting diseases in an urban forest park South-West of Yekaterinburg

№ ПП № ТА	Количество деревьев в пробе Number of trees in sample	Средний возраст, лет Average age, years	Количество деревьев сосны со стволовыми гнилями, % The number of trees with stem rot, %	Количество деревьев сосны с корневыми гнилями, % The number of trees with root rot, %	Количество деревьев сосны СГ + КГ, % The number of trees with SR + RR, %
13	20	120	26,1	15,3	41,4
14	20	110	21,0	18,0	39,0
15	20	90	18,2	15,5	33,7
16	20	110	22,5	15,1	37,6
17	20	100	20,4	14,1	34,5
18	20	100	14,7	12,2	26,9
19	20	80	17,5	10,2	27,7
20	20	100	35,2	23,7	58,9

Выводы

1. Полученные результаты позволяют предположить, что основными факторами снижения резистентности сосны обыкновенной к гнилевым болезням в урбанизированной среде являются возраст сосны, значительный уровень аэротехногенного загрязнения среды в условиях урбанизации, интенсивная рекреационная дигрессия фитоценозов вследствие высокой посещаемости. Умеренное загрязнение почв

тяжелыми металлами вносит значительно менее заметный вклад в снижение иммунитета сосны обыкновенной по сравнению с указанными выше факторами.

2. При детальном лесопатологическом обследовании городских лесопарков и древесных насаждений не обнаружено действующих и затухших очагов корневой и стволовой гнили. Поэтому есть основания предполагать, что выявленные нами очаги являются хроническими,

которые могут не трансформироваться в острые очаги с усыханием древостоя.

3. Мы предполагаем, что скрытый хронический характер развития инфекции обусловлен двумя факторами: снижением иммунитета древостоев из-за высокого уровня аэротехногенного загрязнения и рекреационной дигрессии и доминированием генотипов ксилотрофных базидиомицетов с пониженной агрессивностью.

Библиографический список

1. Гурьев Г.А., Тутыгин Г.С. Оценка загрязнённости придорожной полосы автомобильных дорог // Экологические проблемы Европейского Севера: [сб. науч. тр.]. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1996. С. 90–96.
2. Титов А. Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжёлые металлы и растения. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2014. 194 с.
3. Качество воздуха в крупнейших городах России за десять лет 1998–2007 гг. / Э.Ю. Безуглая, Е.К. Завадская, Т.П. Ивлева, И.В. Смирнова, И.А. Воробьева // Росгидромет. СПб. 2009. 133 с.
4. Залесов С.В., Лаишевцев Р.Н., Колтунов Е.В. Содержание тяжёлых металлов в почвах лесопарков г. Екатеринбурга // Аграрн. вестник Урала. 2009. № 6 (60). С. 71–72.
5. Залесов С.В., Лаишевцев Р.Н., Колтунов Е.В. Содержание тяжелых металлов в хвое и листьях сосны обыкновенной в лесопарках Екатеринбурга // Леса России и хоз-во в них. Екатеринбург, 2007. Вып. 1. С. 238–246.
6. Колтунов Е.В. Корневые и стволовые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях антропогенного воздействия // Современ. проблемы науки и образования. 2011. № 6. URL: [http:// www.science-education.ru/pdf/2011/6/251.pdf](http://www.science-education.ru/pdf/2011/6/251.pdf)
7. Колтунов Е.В., Залесов С.В., Лаишевцев Р.Н. Основные факторы пораженности сосны корневыми и стволовыми гнилями в городских лесопарках // Защита и карантин растений. 2008. № 2. С. 56–58.
8. Колтунов Е.В., Залесов С.В. Корневые и стволовые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в Нижне-Исетском лесопарке г. Екатеринбурга // Аграрн. вестник Урала. 2009. № 1 (55). С. 73–76.
9. Колтунов Е.В., Залесов С.В., Лаишевцев Р.Н. Корневая и стволовая гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в лесопарках г. Екатеринбурга // Леса России и хоз-во в них. Екатеринбург, 2007. Вып. 1 (29). С. 247–261.
10. Бунькова Н.П., Залесов С.В. Рекреационная устойчивость и емкость сосновых насаждений в лесопарках Екатеринбурга. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016.
11. Колтунов Е.В., Залесов С.В., Демчук А.Ю. Корневые и стволовые гнили и состояние древостоев Шарташского лесопарка г. Екатеринбурга в условиях различной рекреационной нагрузки // Аграрн. вестник Урала. 2011. № 8 (87). С. 43–46.
12. Веселкин Д.В., Колтунов Е.В., Кайгородова С.Ю. Влияние агрохимических свойств почв на распространение корневых и стволовых гнилей сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в урбанизированных лесах // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2013. 15(3). С. 249–255.

Bibliography

1. Guryev G.A., Tutygin G.S. Assessment of roadside pollution of highways // Ecological problems of the European North: [digest of scientific works]. Yekaterinburg, 1996. P. 90–96.
2. Titov A.F., Kaznina N.M., Talanova V.V. Heavy metals and plants. Petrozavodsk: KSC RAS, 2014. 194 p.
3. Air quality in the largest cities of Russia for ten years 1998–2007 / E.Yu. Bezuglaya, E.K. Zavadsкая, T.P. Ivleva, I.V. Smirnova, I.A. Vorobyeva // Roshydromet. Sankt Peterburg, 2009. 133 p.
4. Zalesov S.V., Koltunov E.V. The content of heavy metals in the soils of Yekaterinburg forest parks // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. № 6 (60). P. 71–72.
5. Zalesov S.V., Laishevtsev R.N., Koltunov E.V. The content of heavy metals in the needles and leaves of common pine in the forest parks of Yekaterinburg // Forests of Russia and the establishment in them. Yekaterinburg, 2007. Issue. 1. P. 238–246.
6. Koltunov E.V. Root and stem rot of common pine (*Pinus sylvestris* L.) under anthropogenic effects // Modern problems of science and education. 2011. No 6. URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2011/6/251.pdf>

7. Koltunov E.V., Zalesov S.V., Laishchev R.N. The main factors of pine affection by root and stem rot in urban forest parks // Plant protection and quarantine. 2008. No. 2. P. 56–58.
8. Koltunov E.V., Zalesov S.V. Root and stem rot of common pine (*Pinus sylvestris* L.) and silver birch (*Betula pendula* Roth.) In the Nijne-Isetsy forest park of Yekaterinburg // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. No 1 (55). P. 73–76.
9. Koltunov E.V., Zalesov S.V., Laishchev R.N. Root and stem rot of common pine (*Pinus sylvestris* L.) in forest parks of Yekaterinburg // Forests of Russia and the economy in them. Yekaterinburg, 2007. Issue. 1 (29). P. 247–261.
10. Bunkova N.P., Zalesov S.V. Recreational stability and capacity of pine plantations in the forest parks of Yekaterinburg. Yekaterinburg: Ural State Forestry University, 2016.
11. Koltunov E.V., Zalesov S.V., Demchug A.Yu. Root and stem rot and the state of the stands of the Shartash forest park in Yekaterinburg under different recreational loads // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 8 (87). P. 43–46.
12. Veselkin D.V., Koltunov E.V., Kaygorodova S.Yu. The influence of agrochemical properties of soils on the distribution of root and stem rot of common pine (*Pinus sylvestris* L.) in urban forests // Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2013. 15 (3). P. 249–255.
-

УДК 630*524.39+630*174.754

УДЕЛЬНАЯ ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ БИОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ В ГРАДИЕНТАХ ТОКСИЧНОСТИ ВБЛИЗИ МЕДЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ УРАЛА И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЕЕ ОЦЕНКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ

В. А. УСОЛЬЦЕВ – доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры прикладной информатики*,
главный научный сотрудник,

ФГБУН «Ботанический сад Уральского отделения РАН
620144, Россия, Екатеринбург, ул. 8 марта, 202а
тел.: 8 (343) 254-61-59, e-mail: Usoltsev@mail.ru

А. Ф. УРАЗОВА – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии
и оборудования лесопромышленного производства*,
e-mail: ura-alina@mail.ru

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37,
тел. 8 (343) 254-61-59

А. В. БОРНИКОВ – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель,
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»,
460014, Россия, Оренбург, ул. Челюскинцев, 18.
тел. 8 (353) 277-71-94,
e-mail: bornikov87@mail.ru

Ключевые слова: елово-пихтовые древостои, модельные деревья, пробные площади, медеплавильный завод, индекс токсичности, регрессионный анализ.

Удельная чистая первичная продукция (УдЧПП) является важной биопродукционной характеристикой лесных насаждений, характеризующей скорость превращения органического вещества или, в других терминах, интенсивность круговорота веществ. Исследована УдЧПП биомассы деревьев в градиентах токсичности вблизи медеплавильных производств на Среднем (56°50' с.ш., 59°56' в.д.) и Южном Урале (55°29' с.ш., 60°13' в.д.) соответственно в смешанных елово-пихтовых древостоях и в преимущественно чистых сосновых и березовых древостоях, в которых определена биомасса и ее годичный прирост (ЧПП) у 33, 32, 42 и 56 модельных деревьев соответственно ели, пихты, сосны и березы. Оба градиента загрязнения выражены одним индексом токсичности – относительным показателем содержания в подстилке трёх «техногенных» металлов Cu, Pb и Fe. Исследована зависимость УдЧПП от возраста дерева и индекса токсичности. Связь УдЧПП надземной части равновозрастных деревьев четырех пород с индексом токсичности оказалась обратно пропорциональной уровню токсичности, но статистически подтвержденной только у пихты. Закономерности изменения общей для всех пород УдЧПП различных фракций биомассы в связи с индексом токсичности также не выявлено. При общем тренде снижения УдЧПП деревьев всех пород по всем фракциям биомассы его значимость достоверна по одним фракциям, не подтверждена статистически по другим, а у сосны тренды УдЧПП хвои и древесной части имеют противоположные знаки. У равновозрастных деревьев при одном и том же индексе токсичности надземная УдЧПП ели, пихты и березы по отношению к таковой у сосны составляет соответственно 163, 133 и 113 %. Неопределенности, выявленные на методическом уровне проведенных исследований, основанном на весовой таксации, пока разрешить не представляется возможным. Дополнительное применение физиологических методов при анализе биопродукционных процессов четырех пород, подверженных действию загрязнений от медеплавильных производств, может оказаться более результативным.

SPECIFIC PRIMARY PRODUCTION OF TREE BIOMASS IN TOXICITY GRADIENTS NEAR URAL COPPER SMELTERS AND UNCERTAINTY OF ITS EVALUATION AND INTERPRETATION

V. A. USOLTSEV – doctor of Agricultural Sciences professor,
Department of Applied Informatics *,
Chief Researcher,
Federal State Budgetary Institution Botanical Garden of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
620144, Russia, Yekaterinburg, March 8, 202a
phone: 8 (343) 254-61-59, e-mail: Usoltsev@mail.ru

A. F. URAZOVA – candidate of agricultural sciences, associate professor
of the Department of Technology and Equipment for Forestry Production,
e-mail: ura-alina@mail.ru*

* FSBEI HE «Ural State Forestry University»,
620100, Russia, Yekaterinburg, Siberian tract, 37,
phone: 8 (343) 254-61-59

A. V. BORNIKOV – candidate of agricultural sciences, senior lecturer,
FSBEI HE «Orenburg State Agrarian University»,
460014, Russia, Orenburg, Chelyuskintsev, 18.
phone: 8 (353) 277-71-94, e-mail: bornikov87@mail.ru

Key words: spruce-fir stands, model trees, sample plots, copper smelter, toxicity index, regression analysis.

Specific primary production (SPP) is an important bioproduction characteristic of forest stands, characterizing the rate of conversion of organic matter or, in other terms, the intensity of a matter cycle. SPP of tree biomass

in the toxicity gradients near copper smelting plants in the Middle Urals (56°50' s. W., 59°56' d.) and the Southern Urals (55°29' s.W., 60°13' d.) is studied, respectively, in mixed spruce-fir stands and mostly pure pine and birch stands, on which the biomass and its annual growth (NPP) in 33, 32, 42 and 56 sample trees is estimated, in spruce, fir, pine and birch respectively. Both pollution gradients are expressed by the same relative toxicity index suggested with the content in the litter of three «technogenic» metals Cu, Pb и Fe. Regression analysis of the dependence of SPP from toxicity index is performed. The dependence of SPP upon the tree age and the toxicity index is studied. The relation of the aboveground part of equal-aged trees of four species with the toxicity index was inversely proportional to the level of toxicity, but statistically confirmed only in fir. The regularities of changes of different components of biomass in relation to the toxicity index, common for all species, were also not revealed. When having the common trend of reducing SPP of all tree species in all components of the biomass, its significance is proved for some components, not confirmed statistically for the other, but for the pine the trends of needles and wood parts SPP have opposite signs. In equal-aged trees in conditions of the same toxicity index, the aboveground SPP of spruce, fir and birch in relation to pine is 163, 133 and 113 %, respectively. The uncertainties, identified here at the methodological level of the studies based on weight taxation, are not yet possible to resolve. Additional application of physiological methods in the analysis of bioproduction processes of four species exposed to pollution from copper smelting may be more effective.

Введение

Для определения текущего прироста запаса древостоя в традиционной лесной таксации издавна используется понятие процента текущего прироста стволовой древесины, который представляет собой частное от деления текущего объемного прироста древостоя на его запас. Если известны запас древостоя и процент его текущего прироста, то можно приближенно без рубки деревьев определить текущий прирост запаса древостоя [1–5].

При исследовании продукционной структуры биомассы древостоев подобный прием реализован под названием удельной чистой первичной продукции (УдЧПП) как отношения чистой первичной продукции (ЧПП) к величине биомассы древостоя, выражаемого в относительных единицах или в процентах [6–8]. Знание УдЧПП, как и процента текущего прироста по запасу древостоя, позволяет находить исключительно трудоемкий по-

казатель ЧПП по величине биомассы древостоя, как значительно менее трудоемкого показателя. Однако показатель УдЧПП имеет не только прикладное значение.

УдЧПП является важной биопродукционной характеристикой лесных насаждений. Если известно отношение ЧПП к величине биомассы, то мы тем самым получаем одну из важнейших характеристик функционирования лесных экосистем, поскольку УдЧПП характеризует скорость обновления органического вещества биомассы [6, 7, 9]. Обратная величина – отношение биомассы к ЧПП – показывает, за какое время поток ЧПП создает запас биомассы [7, 10]. Однако возникает вопрос: действительно ли УдЧПП означает «скорость превращения органического вещества» или, в других терминах, интенсивность круговорота веществ (элементов питания), поскольку рассчитывается как отношение ЧПП к наличной биомассе без учета ее отпада и опа-

да? Может быть, это определение в большей мере соответствовало бы действительности, если вместо наличного запаса биомассы в формулу УдЧПП включать производительность биомассы, т.е. наличную биомассу плюс весь ее отпад и опад на тот или иной момент времени? Как минимум для начала необходимо было бы выявить баланс между скоростями продуцирования биомассы и разложения детрита, но это невозможно при существующем отсутствии необходимых экспериментальных данных.

Фактические данные биомассы и ЧПП древостоев определяются обычно на временных пробных площадях, на которых отпад и опад всех фракций биомассы за предшествующий период учесть невозможно. Видимо, отсутствие полной информации о производительности биомассы древостоев явилось причиной полученной существенной неопределенности, а именно, анализ УдЧПП как надземной биомассы, так

и подземной, шести лесообразующих пород Евразии не выявил закономерностей, общих для всех пород или хотя бы отдельно для вечнозеленых и листопадных. Более того, у некоторых пород изменение УдЧПП по одному и тому же климатическому градиенту идет в противоположных направлениях [9, 11].

В настоящей работе принята попытка выявить закономерности изменения УдЧПП различных компонентов биомассы вблизи Среднеуральского и Карабашского медеплавильных производств на уровне отдельных составляющих древостои деревьев, в отношении которых нет проблемы отсутствия информации по отпаду и опад, как это имеет место на уровне сообществ.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования явились елово-пихтовые насаждения, произрастающие в западном направлении от Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ), и чистые сосновые и березовые насаждения, произрастающие в северо-восточном и южном направлениях от Карабашского медеплавильного комбината (КМК). Описание объектов исследования, методика закладки пробных площадей и обработки модельных деревьев, таксационная характеристика древостоев, фактические данные о биомассе и ЧПП (годовом приросте биомассы) деревьев и древостоев, а также значения индекса токсичности в градиен-

тах загрязнений были представлены в более ранней публикации [12].

На двух объектах исследований в градиентах загрязнений соответственно от СУМЗ и КМК заложено 89 пробных площадей, в том числе в елово-пихтовых (СУМЗ) – 43, в сосновых (КМК) – 12 и в березовых (КМК) – 34. Общее количество определений фракционного состава биомассы и ЧПП (годового прироста биомассы) модельных деревьев – 164, в том числе 34 ели, 32 пихты, 42 сосны и 56 березы. Количество дисков, выпиленных из стволов для определения плотности и влажности древесины и коры, – 466, в том числе 85 ели, 87 пихты, 126 сосны и 168 березы; количество определений влажности компонентов кроны по пробным навескам хвои (листвы) и ветвей (скелета кроны) – 321, в том числе 83 ели, 80 пихты, 102 сосны и 56 березы.

Для исследования изменений УдЧПП компонентов (фракций) биомассы деревьев применен классический регрессионный анализ с применением бинарной переменной [13].

Результаты и обсуждение

Для оценки влияния загрязнений на структуру УдЧПП биомассы деревьев рассчитаны аллометрические уравнения вида

$$(\text{УдЧПП})_i = a_0 + a_1(D) + a_2(I), \quad (1)$$

$$(\text{УдЧПП})_i = a_0 + a_1(A) + a_2(I), \quad (2)$$

где $(\text{УдЧПП})_i$ – удельная ЧПП i -й фракции, %; A – возраст дерева, лет; D – диаметр ствола на

высоте груди, см; I – индекс токсичности (index_2 , рассчитанный в градиентах загрязнений обоих предприятий по содержанию в подстилке одной и той же совокупности металлов (Cu, Pb и Fe): см. [12].

В результате расчета уравнений (1) и (2) выяснилось, что возраст дерева вносит больший вклад в объяснение изменчивости $(\text{УдЧПП})_i$ по сравнению с диаметром ствола. По-видимому, это подтверждает известное положение, что биология (физиология) дерева в большей степени обусловлена возрастом, а не линейным размером дерева, хотя эти две независимые переменные в некоторой степени коррелируют. Поэтому для дальнейшего анализа данных принята структура уравнения (2).

Расчет уравнений (2) показал, что с увеличением возраста дерева $(\text{УдЧПП})_i$ снижается в абсолютном большинстве случаев, поскольку константа a_1 имеет знак «минус». По мере увеличения индекса токсичности величина $(\text{УдЧПП})_i$ разновозрастных деревьев снижается у всех пород и по всем фракциям биомассы. Единственное исключение составляет УдЧПП хвои в сосновых древостоях, связь которой с индексом токсичности положительная ($t_{\text{факт}} = 2,4 > t_{05} = 2,0$), тогда как для древесной части (стволов и ветвей) названный показатель снижается. В итоге вследствие взаимной компенсации двух противоположных трендов изменения УдЧПП надземной части в градиенте токсичности не происходит ($t_{\text{факт}} = 0,12 < t_{05} = 2,0$).

Впрочем, снижение УдЧПП надземной части по мере роста индекса токсичности статистически значимо лишь у деревьев пихты ($t_{факт} = 2,1 > t_{05} = 2,0$), а у деревьев березы и ели названное снижение недостоверно ($t_{факт} = 1,1...1,2 < t_{05} = 2,0$). У березы снижение УдЧПП ствола и ветвей по мере роста загрязнения статистически значимо ($t_{факт} = 2,6...3,0 > t_{05} = 2,0$) (УдЧПП листвы у березы всегда равно 1,0 по определению), тогда как у ели для стволов, ветвей и хвои оно недостоверно ($t_{факт} = 0,1...1,4 < t_{05} = 2,0$). Таким образом, при общем тренде снижения УдЧПП деревьев всех пород по всем фракциям биомассы его значимость достоверна по одним фракциям, не подтверждена статистически по другим, а у сосны тренды УдЧПП хвои и древесной части имеют противоположные знаки.

Поскольку градиенты загрязнений у двух медеплавильных производств выражены индексом токсичности, рассчитанным по одним и тем же металлам, представляет интерес оценить и сравнить реакцию УдЧПП четырех пород на один и тот же уровень токсичности без разделения по двум объектам. С этой целью в регрессионный анализ в качестве независимых переменных, кроме возраста дерева

и индекса токсичности, введен блок фиктивных переменных, характеризующих принадлежность исходных данных УдЧПП к разным породам. Установлено, что у разновозрастных деревьев при одном и том же индексе токсичности в двух градиентах загрязнений надземная УдЧПП ели, пихты и березы по отношению к таковой у сосны составляет соответственно 163, 133 и 113 %. По хвое ели и пихты названный показатель составил соответственно 88 и 78 % к хвое сосны, что согласуется с известной меньшей долей массы хвои текущего года в общей массе хвои дерева у темнохвойных по сравнению с таковой у светлохвойных пород.

Выводы

1. Реакция УдЧПП надземной части дерева четырех пород на загрязнения от КМК и СУМЗ, выраженные общим для них индексом токсичности, оказалась хотя и отрицательной по знаку, т.е. обратно пропорциональной уровню токсичности, но статистически не подтвержденной, за исключением УдЧПП пихты.
2. Не выявлено общей для всех пород закономерности изменения УдЧПП под действием загрязнений также по фракционному составу. При общем тренде снижения УдЧПП деревьев всех пород

по всем фракциям биомассы его значимость достоверна по одним фракциям, не подтверждена статистически по другим, а у сосны тренды УдЧПП хвои и древесной части имеют противоположные знаки.

3. У разновозрастных деревьев при одном и том же индексе токсичности в двух градиентах загрязнений надземная УдЧПП ели, пихты и березы по отношению к таковой у сосны составляет соответственно 163, 133 и 113 %.

4. Неопределенности, выявленные на методическом уровне проведенных исследований, основанном на весовой таксации, пока разрешить не представляется возможным. Дополнительное применение физиологических методов при анализе биопродукционных процессов четырех пород, подверженных действию загрязнений от медеплавильных производств, может оказаться более результативным.

Благодарности. Авторы признательны своим коллегам Е.Л. Воробейчику, И.Е. Бергману, М.Р. Трубиной, С.Ю. Кайгородовой, П.Г. Пищулину, А.В. Щепеткину, А.С. Касаткину и И. Биктимирову, принимавшим участие в получении исходных материалов, и И.С. Цепордею, участвовавшему в оформлении статьи.

Библиографический список

1. Турский Г.М. Очерки по теории прироста. М.: Жизнь и знание, 1925. 72 с.
2. Орлов М.М. Лесная таксация. 3-е изд. Л. 1929. 532 с.
3. Анучин Н.П. Лесная таксация. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 532 с.

4. Pressler W.R. Das Gesetz der Stammbildung und dessen forstwirtschaftliche Bedeutung insbesondere für den Waldbau höchsten Reinertrags. Leipzig: Arnoldische Buchhandlung, 1865. 153 s.
5. Wenk G. Eine neue Wachstumsgleichung und ihr praktischer Nutzen zur Herleitung von Volumenzuwachspozenten // Archiv für Forstwesen. 1969. Bd. 18. S. 1085–1094.
6. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.
7. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 381 с.
8. Удельная продуктивность фитомассы древостоев основных лесообразующих пород / Я.И. Гульбе, Т.А. Гульбе, А.Я. Гульбе, Л.С. Ермолова // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии: матер. междунар. конф. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. С. 197–200.
9. Усольцев В.А. География удельной первичной продукции фитомассы лесов и неопределенности ее оценки и интерпретации // Эко-потенциал. 2014. № 1 (5). С. 139–163.
10. Keeling H.C., Phillips O.L. The global relationship between forest productivity and biomass // Global Ecology and Biogeography. 2007. Vol. 16. P. 618–631.
11. Усольцев В.А. Трансконтинентальные климатические градиенты удельной чистой первичной продукции лесообразующих древесных пород Евразии // Эко-потенциал. 2016. № 3 (15). С. 7–17.
12. Усольцев В.А., Воробейчик Е.Л., Бергман И.Е. Биологическая продуктивность лесов Урала в условиях техногенного загрязнения: Исследование системы связей и закономерностей. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 365 с. URL: <http://www.elar.usfeu.ru/handle/123456789/458>
13. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.

Bibliography

1. Tursky G.M. Essays on the theory of growth. Moscow, 1925. 72 p.
2. Orlov M.M. Forest mensuration. 3rd ed. Leningrad, 1929. 532 p.
3. Anuchin N.P. Forest mensuration. Moscow; Leningrad: Goslesbumizdat, 1952. 532 p.
4. Pressler W.R. Das Gesetz der Stammbildung und dessen forstwirtschaftliche Bedeutung insbesondere für den Waldbau höchsten Reinertrags. Leipzig: Arnoldische Buchhandlung, 1865. 153 s.
5. Wenk G. Eine neue Wachstumsgleichung und ihr praktischer Nutzen zur Herleitung von Volumenzuwachspozenten // Archiv für Forstwesen. 1969. Bd. 18. S. 1085–1094.
6. Bazilevich N.I., Grebenschikov O.S., Tishkov A.A. Geographical regularities of the structure and functioning of ecosystems. Moscow: Science, 1986. 297 p.
7. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A. Biotic cycle on five continents: nitrogen and ash elements in natural terrestrial ecosystems. Novosibirsk: SB RAS publishing house, 2008. 381 p.
8. Specific productivity of phytomass of stands of the main forest-forming breeds / Ya.I. Gulbe, T.A. Gulbe, A.Ya. Gulbe, L.S. Ermolova // Forest ecosystems in the conditions of climate change: biological productivity, monitoring and adaptation technologies. Proceedings of the international conference. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2010. P. 197–200.
9. Usoltsev V.A. Geography of specific net primary production of forests and some uncertainties of its estimation and interpretation // Eko-Potencial. 2014. No 1 (5). P. 139–163.
10. Keeling H.C., Phillips O.L. The global relationship between forest productivity and biomass // Global Ecology and Biogeography. 2007. Vol. 16. P. 618–631.
11. Usoltsev V.A. Transcontinental climatic gradients of specific net primary production of forest-forming tree species in Eurasia // Eko-Potencial. 2016. No 3 (15). P. 7–17.

12. Usoltsev V.A., Vorobeichik E.L., Bergman I.E. Biological productivity of Ural forests under conditions of air pollutions: studying a system of regularities. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2012. 366 p. URL: <http://www.elar.usfeu.ru/handle/123456789/458> [in Russian].

13. Draper N., Smith G. Applied regression analysis. Moscow: Statistika, 1973. 392 p.

УДК 66.0

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РОССИЙСКИХ ПАТЕНТОВ ПО ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ ЗА 2004–2018 гг.

Ю. Л. ЮРЬЕВ – доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой химической технологии древесины,
биотехнологии и наноматериалов,

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620010, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
e-mail: charekat@mail.ru

Ключевые слова: патент, биомасса, отходы, пиролиз, древесный уголь.

Представлен обзор патентов, выданных в России за период с 1 января 2004 г. по 31 декабря 2018 г., по материалам Федерального института патентной собственности. Рассмотрены патенты подкласса C10B (деструктивная перегонка углеродсодержащих материалов), в частности подгрупп C10B 53/00 (деструктивная перегонка твердого сырья специальных видов или особой формы и размеров) и C10B 53/02 (деструктивная перегонка материалов, содержащих целлюлозу).

Признан перспективным способ переработки органического сырья в топливо (№ 2554355). Способ включает термохимическую переработку сырья в реакторе быстрого пиролиза с последующей конденсацией парогазов в конденсаторе-холодильнике, выделением из нее фракций жидких углеводородов и топливного газа с дальнейшей их очисткой. Способ отличается тем, что температуру парогазов до входа в конденсатор-холодильник поддерживают на уровне 450–700 °С, при этом парогазы сначала конденсируют холодной водой, отделяют топливный газ, который вторично охлаждают и направляют на быстрый пиролиз. После наполнения емкости конденсатора-холодильника водой и снижения температуры до 65 °С из нее сливают воду с легкими углеводородами, а оставшийся смолистый осадок растворяют биоэтанолом.

Показано, что число патентов по тематике термохимической переработки древесины каждые 5 лет увеличивается примерно в два раза. Основной технологией термохимической переработки древесины остаётся пиролиз, но для переработки отходов представляют интерес также газификация и торрефикация.

ANALITICAL REVIEW OF RUSSIAN PATENTS ON THERMOCHEMICAL PROCESSING OF WOOD FOR 2014–2018 YEARS

Yu. L. YURYEV – Doctor of technical sciences, Professor,
Head of the Department of chemical technology of wood,
biotechnology and nano-materials,

FSBEI HE «Ural State Forest Engineering University»,
620100, Russia, Yekaterinburg, Sibirsky tract, 37;
e-mail: charekat@mail.ru

Keywords: patent, biomass, waste, pyrolysis, charcoal.

The review of patents issued in Russia for the period from January 1, 2004 to December 31, 2018 on the materials of the Federal Institute of patent property is presented. Patents of subclass C10B (destructive distillation

of carbonaceous materials), in particular subgroups C10B 53/00 (destructive distillation of solid raw materials of special types or special shapes and sizes) and C10B 53/02 (destructive distillation of materials containing cellulose) are considered.

It is considered a promising way of processing organic raw materials into fuel (No 2554355). The method involves thermochemical processing of raw materials in the reactor of rapid pyrolysis followed by condensation of vapor- gas mixture in the capacitor-fridge, the release of fractions of liquid hydrocarbons and fuel gas from it with further cleaning. The method differs in that the temperature of vapor- gas mixture before entering the capacitor-fridge is maintained at the level of 450...700 degrees Celsius, with vapor- gas mixture first condensing with cold water, separating the fuel gas, which is re-cooled and directed to rapid pyrolysis. After filling the container of the capacitor-fridge with water and reducing the temperature to 65 degrees Celsius, water with light hydrocarbons is drained from it, and the remaining resin sediment is dissolved with bioethanol.

It is shown that the number of patents on the subject of thermochemical processing of wood every 5 years increases approximately twice. The main technology of thermochemical processing of wood remains pyrolysis for waste processing is also of interest gasification and torrefication.

Введение

Анализ научно-технической информации показывает, что за последние десятилетия в РФ произошли серьезные изменения в технике и технологии термохимической переработки древесины в плане перемещения производства древесного угля к источникам сырья [1, 2]. В частности, усилился интерес к конструкциям аппаратов, обеспечивающих эффективное обезвреживание газовых выбросов [3, 4, 5].

Цель, методика и объекты исследования

Термохимическая переработка древесины, её отходов и биомассы в целом является перспективным направлением, особенно для такой многолесной страны, как Россия. С этой целью нами рассмотрены патенты на изобретение и полезные модели подкласса C10B за период с 1 января 2004 г. по 31 декабря 2018 г., т.е. за 15 лет, выданные Федеральным институтом патентной собственности [6].

Результаты

и их обсуждение

В подгруппе C10B53/02 выдано 70 патентов на изобретения (в том числе 2004–2008 гг. – 11, 2009–2013 гг. – 22, 2014–2018 гг. – 37). Патентов, действующих по состоянию на август 2019 г., – 34 (в том числе 2008 – 1, 2012 – 2, 2013 – 4, 2014 – 4, 2015 – 5, 2016 – 9, 2017 – 4, 2018 – 5).

Самое старое действующее изобретение – способ непрерывной термической переработки измельченной древесины (2370520, Пиялкин В.Н. и др.). Дата начала отсчета срока действия патента: 15.05.2008.

География адресов патентовладельцев выглядит следующим образом: Москва – 14 патентов (в том числе патентовладельцы из России – 5, из Китая, Швеции и Нидерландов – по 2, из США, Канады и Австралии – по 1). Санкт-Петербург – 8 патентов (в том числе патентовладельцы из России – 3, из Финляндии – 4, из Германии – 1). Далее идут Казань – 4 патента, Йошкар-Ола – 3,

Краснодар – 2, Иркутск, Мичуринск и Новосибирск по одному.

В подгруппе C10B53/02 признан перспективным способ переработки органического сырья в топливо (2554355, Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение РГ ИННОВАЦИИ»), авторы: Соловьёв И.Г., Соколов В.Ф., Мочалов А.К., Кожаринова О.И., Бакланов Н.А., Петушков В.А., Ластелла Лоренцо.

Способ включает термохимическую переработку сырья в реакторе быстрого пиролиза с последующей конденсацией парогазовой смеси (ПГС) в конденсаторе-холодильнике, выделением из нее фракций жидких углеводородов и топливного газа с дальнейшей их очисткой, отличается тем, что температуру ПГС до входа в конденсатор-холодильник поддерживают на уровне 450–700 °С, при этом ПГС сначала конденсируют холодной водой с температурой 0–65 °С, удаляют из конденсатора-холодильника образовавшийся топливный газ,

который вторично охлаждают и направляют на быстрый пиролиз. После наполнения емкости конденсатора-холодильника водой и снижения температуры до 65 °С из нее сливают воду с легкими углеводородами, а оставшийся смолистый осадок растворяют биоэтанолам.

В подгруппе C10B53/02 за 15 лет выдано 28 патентов на полезную модель, из которых осталось 4 действующих по состоянию на август 2019 г. География адресов патентовладельцев: Москва – 2 патента (по одному патентовладельцу из России и Чехии), Омск и Брянск – по 1 патенту.

Энерготехнологический комплекс с газификатором биомассы (136533, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук). Авторы: Бессмертных А.В., Зайченко В.М.

Полезная модель решает техническую задачу генерирования теплоносителя для осуществления энергозатратного процесса газификации биомассы. Комплекс для переработки биомассы включает газификатор, предназначенный для производства генераторного газа, газопоршневой энергоблок для производства электрической энергии и тепла отработанных газов. Комплекс содержит регулятор подачи воздуха в энергоблок для поддержания коэффициента избытка воздуха, задаваемого программатором, больше единицы, а также смеситель отработанных газов

энергоблока и части газов, полученных в газификаторе, с устройством поджига, установленный в газификаторе.

Устройство для получения органического угля (121806, закрытое акционерное общество «Группа компаний „Титан“»). Авторы: Агеев А.А., Потапов Ю.А., Сутягинский М.А., Юша В.Л.

Предложено устройство для получения угля, содержащее две параллельных соприкасающихся линии, состоящих из топки, реторты, пиролизной камеры и газохода, с возможностью переключения для обеспечения непрерывной работы. Устройство предназначено для получения древесного угля в леспромхозах, лесхозах и на предприятиях деревообработки.

Углевыхигательная печь (180679, Лагутин Игорь Анатольевич).

Полезная модель относится к лесной промышленности и предназначена для производства древесного угля. Углевыхигательная печь состоит из горизонтального корпуса, топки, расположенной в корпусе цилиндрической пиролизной емкости, для загрузки сырья, газохода для поступления пиролизного газа из емкости в топку, инжекторной горелки, установленной на входе в топку, и дымовой трубы.

В подгруппе C10B53/00 выдано 93 патента на изобретения, из которых к переработке биомассы относится 12. По состоянию на август 2019 г. имеется 5 действующих патентов. География адресов патентовладельцев: Москва – 3 патента (в том числе

2 патентовладельца из России, 1 – из США), Тверь и Казань – по одному патенту.

Способ переработки растительного сырья (2338769, Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук). Авторы: Пономарев А.В., Макаров И.Е., Тананаев И.Г., Мясоєдов Б.Ф. Дата начала отсчета срока действия патента: 22.05.2007.

Переработку растительного сырья с получением газообразных, жидких и твердых топливных смесей осуществляют посредством сухой перегонки с одновременным воздействием ионизирующего излучения и температуры. Отгонку летучих целевых продуктов ведут в токе газов при умеренном или пониженном давлении. Для повышения выхода конверсии и регулировки соотношения жидкой, газообразной и твердой фракций процесс переработки ведут циклически в замкнутом контуре, возвращая часть газов и паров в голову процесса. Дополнительными управляющими факторами в зависимости от состава исходного сырья могут служить применение углеводородных присадок, предварительное озонирование или подщелачивание исходной массы, ее частичная биохимическая деградация, применение катализаторов.

Способ переработки углеродсодержащих отходов растительного происхождения (2644895, Тверской государственный университет). Авторы: Сульман Э.М., Луговой Ю.В., Чалов К.В.,

Тихонов Б.Б., Косивцов Ю.Ю., Молчанов В.П.

Способ включает подачу сырья в вертикальный шнековый реактор пиролиза с помощью шнекового питателя, термическую переработку сырья при температуре 598–602 °С в течение 2 с без доступа кислорода в реактор, очистку летучих продуктов от угольной пыли с помощью циклона, термокалитическую очистку летучих продуктов от смол при температуре 480–520 °С, растворение легколетучих компонентов и осушение газовой смеси, конденсацию и сбор жидких продуктов пиролиза, сбор несконденсированных продуктов пиролиза и выгрузку твердой фракции. Изобретение увеличивает эффективность переработки сырья и повышает качество жидких и газовых продуктов.

Способ быстрого пиролиза биомассы и углеводородсодержащих продуктов и устройство для его осуществления (2524110, Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук).

Способ включает воздействие тепловых импульсов, которые передаются от нагреваемых электрическими импульсами нагревательных элементов, размещенных в пиролизной камере и разделяющих ее объем на локально нагреваемые ячейки. Боковые стенки пиролизной камеры имеют отверстия для выхода ПГС. Конденсаторы расположены на минимальном расстоянии от камеры.

Способ и устройство для переработки углеродсодержащего

исходного материала в газ путем газификации (2555884, Рейн Уотер (США)).

Устройство для газификации включает продолговатый внешний резервуар и продолговатый внутренний резервуар, который расположен внутри внешнего резервуара, загрузочный механизм, корпус газогенератора с внутренней поверхностью и внешней поверхностью, камеру сгорания, газоотвод и механизм для выгрузки шлака. Изобретение обеспечивает переработку исходных материалов с разнообразным фракционным составом и повышенным влагосодержанием.

В подгруппе C10B53/00 выдано патентов на полезные модели 13, из которых по состоянию на август 2019 г. осталось 4 действующих патента.

Газификатор твердого топлива (136800, Объединенный институт высоких температур Российской академии наук). Авторы: Бессмертных А.В., Зайченко В.М.

Предлагаемая полезная модель может быть использована в энергетике для конверсии твердого топлива, в частности торфа, отходов древесины, органической части твердых бытовых отходов, с получением топлива, состоящего в основном из водорода и монооксида углерода. Получаемое топливо может быть использовано для производства электроэнергии в газовых дизелях с электрогенератором, а также в органическом синтезе. Предлагаемая полезная модель решает техническую задачу устранения из конструкции реторты днища с отверстиями, а также интенсификации

охлаждения зольного остатка, что обеспечивает функционирование системы выгрузки без применения дорогостоящих материалов и специального охлаждения.

Мобильная пиролизная машина (161831, Клеймёнов Александр Филиппович).

Полезная модель предназначена для ликвидации последствий техногенных катастроф и природных катаклизмов, например очистки прибрежных полос от разлитых нефтепродуктов, утилизации обугленных деревьев после лесных пожаров и т.п. Мобильная пиролизная машина содержит сушильный и пиролизный шнековые реакторы, шнековый реактор охлаждения твердых продуктов пиролиза, реактор охлаждения и конденсации парогазовой смеси углеводородов и вытяжной вентилятор.

Энерготехнологический комплекс с торрефикатором биопеллет (136801, Объединенный институт высоких температур Российской академии наук). Авторы: Зайченко В.М., Косов В.Ф., Кузьмина Ю.С., Марков А.В., Морозов А.В.

В качестве сырья могут быть использованы пеллеты из торфа, древесных, сельскохозяйственных и других отходов. Предлагаемая модель отличается тем, что комплекс содержит в качестве исполнительного механизма регулятор расхода воздуха для поддержания задаваемого программатором коэффициента расхода воздуха в интервале 0,95–1, теплообменник, в котором нагреваемой средой является вода, а охлаждаемой – задаваемая

программатором часть отработанных газов энергоблока, а также смеситель оставшейся части отработанных газов энергоблока и охлажденных в теплообменнике. Комплекс имеет реактор торрефикации, в котором теплоносителем являются газы, по-

лученные в смесителе. Твердое топливо отличается повышенной теплотворной способностью и гидрофобностью.

Выводы

Показано, что число патентов по тематике термохимической

переработки древесины каждые 5 лет увеличивается примерно в два раза. Основной технологией термохимической переработки древесины остаётся пиролиз, но для переработки отходов представляют интерес также газификация и торрефикация.

Библиографический список

1. 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. технол. ун-т. Минск, 2018. С. 20–22.
2. Юрьев Ю.Л. Тенденции развития технологии пиролиза древесины // Леса России и хоз-во в них. 2016. Вып. 3 (58). С. 58–63.
3. Установка для производства древесного угля: пат. 1790209 Рос. Федерация: МПК C10B 1/04, C10B 53/02 / Богданович Н.И., Ипатов В.В. № 4876827/05; заявл. 21.09.90; опубл. 27.11.95.
4. Установка для производства древесного угля: пат. 2027735 Рос. Федерация: МПК C10B 1/04, C10B 15/02, C10B 57/02 / Богданович Н.И., Гольверк С.В. № 92002036/05; заявл. 27.10.92; опубл. 27.01.95.
5. Реторта: пат. 76644 Рос. Федерация: МПК C10B 1/02 / Самойленко С.А., Юрьев Ю.Л., Мехренцев А.В., Жевлаков А.Н. № 2008114950; заявл. 16.04.08; опубл. 27.09.08.
6. Федеральный институт промышленной собственности. URL: <http://www1.fips.ru>

Bibliography

1. Yuriev Yu.L., Panova T.M. The main directions of production and processing of charcoal // Chemistry and chemical technology of processing of vegetable raw materials: Mater. reports of the Intern. scientific and technical Conf. 100th anniversary of the birth of V. M. Reznikov / Belarus. state technol. un-t. Minsk, 2018. P. 20–22.
2. Yuriev Yu.L. Trends in the development of wood-pyrolysis technology // Forests of Russia and the economy in them. 2016. Issue. 3 (58). P. 58–63.
3. Bogdanovich N.I., Ipatov V.V. Charcoal production plant. Patent for invention RUS 1790209 09/21/1990.
4. Bogdanovich N.I., Golverk S.V. Charcoal production plant. Patent for invention RUS 2027735 10/27/1992.
5. Samoilenko S.A., Yuryev Yu.L., Mehrentsev A.V., Zhevlakov A.N. Retort. Utility Model Patent RUS 76644 04/16/2008.
6. Federal institute of industrial property. URL: <http://www1.fips.ru>

УДК 630.24:630.174.754

ДИНАМИКА СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА ДРЕВОСТОЯ ПРИ РУБКАХ УХОДА В СОСНЯКАХ

Е. И. ЭБЕЛЬ – кандидат сельскохозяйственных наук,
Высший колледж лесного хозяйства, экологии и туризма (ВКЛХЭ и Т)
021700, Республика Казахстан, Щучинск;

Е. С. ЗАЛЕСОВА – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
e-mail: Kaly88@mail.ru

Л. В. ЗАРУБИНА – доктор сельскохозяйственных наук, доцент
ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия»
160555, Вологодская обл., с. Молочное, ул. Шмидта, 2
e-mail: liliya270975@yandex.ru

Ключевые слова: *Казахский мелкосопочник, рубки ухода, интенсивность рубки, средний диаметр древостоя, устойчивость.*

На основании результатов исследований, выполненных на постоянных пробных площадях, проанализировано влияние рубок ухода различной интенсивности в чистых сосновых насаждениях Казахского мелкосопочника на динамику средних диаметров древостоев. Установлено, что на изменение среднего диаметра древостоя оказывают влияние метод рубок и интенсивность изреживания. Максимальное влияние проявляется при низовом методе рубок ухода умеренной интенсивности.

Поскольку увеличение среднего диаметра древостоя в сочетании с обрезкой нижних сучьев повышает просматриваемость под его пологом, в пройденных рубками ухода насаждениях создаются более комфортные условия для отдыха, особенно с детьми. Кроме того, толстая корка у деревьев большего диаметра в комлевой части стволов способствует повышению их устойчивости против термического воздействия потенциальных лесных пожаров.

Таким образом, рубки ухода в сосняках Казахского мелкосопочника способствуют формированию рекреационно привлекательных устойчивых насаждений.

DYNAMICS OF STANDS AVERAGE DIAMETER UNDER IMPROVEMENT FELLING IN PINE STANDS

E. I. EBEL – candidate of Agricultural Sciences,
Higher College of Forestry, Ecology and Tourism (VKLHE and T)
021700, Republic of Kazakhstan, Schuchinsk;

E. S. ZALESOVA – candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
FSBEI HE «Ural State Forestry University»,
620100, Russia, Yekaterinburg, Siberian tract, 37
e-mail: Kaly88@mail.ru

L. V. ZARYBINA – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
FSBEI HE «Vologda State Dairy Academy»
160555, Vologda region, v. Dairy, st. Schmidt, 2
e-mail: liliya270975@yandex.ru

Key words: *Kazakh small hils, improvement felling, intensity of felling, stand overage diameter, stability.*

Based on the results of studies carried out permanent trial plots, the effect of various intensity improvement felling in pure pine stands of the Kazakh small hills on dynamics of average diameter stands has been analysed. It has been established that the method of felling and thinning intensity are influenced by the change in the average diameter of the stand. The maximum effect is manifested under grassroots culting one.

Since the stands average diameter increasing in combination with lower branches pruning increases visibility under its canopy, more comfortable conditions are created for recreation especially with children. Besides the thick crust of larger diameter trees in the butt part of the trunk helps to increase their resistance to thermal effect of potential forest fires.

In such a way improvement felling in pine stands of the Kazakh small hills contributes to the formation of recreationally attractive sustainable stands.

Введение

Сосновые леса Казахского мелкосопочника расположены среди открытых степных пространств, что в сочетании с наличием озер способствует привлечению населения в летние месяцы для отдыха на лоне природы. Высокие рекреационные нагрузки, в свою очередь, вызывают необходимость повышения рекреационной устойчивости и привлекательности формируемых насаждений [1, 2]. Известно [3–5], что основным лесоводственным мероприятием, обеспечивающим выращивание указанных насаждений, являются рубки ухода.

Работы по изучению лесоводственной эффективности рубок ухода ведутся уже на протяжении многих десятилетий. В том числе имеется целый перечень работ по формированию рубками ухода эстетически привлекательных ландшафтов [6–8], а также повышению пожароустойчивости насаждений [9–11], что особенно важно для сосняков, характеризующихся повышенной потенциальной горючестью [12–14].

Однако многие вопросы последствий проведения рубок ухो-

да остаются нерешенными. Так, для аридных условий Северного Казахстана недостаточно изучено влияние рубок ухода на динамику средних показателей части древостоя, оставляемой на доращивание. Последнее определило направление наших исследований.

Целью работы являлись анализ влияния рубок ухода различной интенсивности в сосновых насаждениях Казахского мелкосопочника на показатели средних диаметров древостоев и разработка на этой основе предложений по уходу за лесом.

Материалы и методы

Объектом исследований являлись чистые сосновые 105-летние насаждения мертвopoкpoвнo-лишaйникoвoгo типa лeca (участок 2), в которых 58 лет назад были проведены проходные рубки комбинированным способом слабой и умеренной интенсивности.

На участке 3 в 35-летнем возрасте были проведены 58 лет назад прореживания по комбинированному и низовому методам интенсивностью от слабой до очень сильной. Как и на участке 2, насаждения участка 3 были

представлены чистыми по составу сосновыми древостоями мертвopoкpoвнo-лишaйникoвoгo типa лeca.

На момент проведения рубок ухода на участках 2 и 3 были заложены постоянные пробные площади (ППП), что позволило в дальнейшем проанализировать динамику основных таксационных показателей. При закладке ППП и последующих работах на них использовались широко известные апробированные методики [15].

На участке 2 было заложено 14 ППП, которые с учетом интенсивности изреживания были распределены на три секции. В первую секцию вошли ППП, пройденные рубками ухода слабой интенсивности, во вторую – умеренной. Третью секцию составили ППП, на которых рубки ухода не проводились.

27 ППП на участке 3 были распределены на 7 секций с учетом метода проведения рубок ухода и интенсивности изреживания. Распределение ППП на секции позволило обеспечить повторяемость вариантов и репрезентативность выводов.

При проведении исследований основное внимание было

уделено изменению среднего диаметра древостоя до и после рубки, а также спустя 58 лет после ее проведения.

Средний диаметр определялся путем проведения измерений диаметров всех деревьев на каждой из ППП в двух направлениях: С-Ю и В-З при помощи штангенциркуля с точностью до 1 мм. После чего определялась сумма площадей сечения на каждой секции по ступеням толщины с использованием данных перечета деревьев. Расчеты проводились по формулам

$$g_{cp} = (g_1n_1 + g_2n_2 + g_3n_3 + \dots + g_nn_n) / (n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n), \quad (1)$$

$$D_{cp} = 2\sqrt{g_{cp}} / \pi, \quad (2)$$

Средний диаметр D_{cp} определялся как диаметр круга, площадь которого равна расчетной средней площади сечения одного дерева g_{cp} .

Интенсивность изреживания устанавливалась по показателю относительной полноты древостоя после проведения рубок ухода. При снижении относительной полноты до 0,81–0,9 ППП относилась к секции, пройденной рубками ухода слабой интенсивности, до 0,71–0,8 – умеренной, до 0,61–0,7 – к сильной и до 0,5–0,6 – к очень сильной.

Результаты и обсуждение

Данные проведенных исследований показали, что интенсивность изреживания и применяемый метод рубок ухода оказывают значительное влияние на показатели среднего диаметра древостоя (таблица).

Показатели среднего диаметра древостоя на ППП, пройденных рубками ухода различной интенсивности (числитель – минимальное и максимальное значения, знаменатель – среднее значение)

Indicators of the average diameter of the stand on the PPP, passed cutting thinning of various intensities (numerator – minimum and maximum values, denominator – average value)

Интенсивность проведения рубок ухода Thinning intensity	Метод проведения рубок ухода Thinning method	Показатели среднего диаметра древостоя, см The average diameter of the stand, cm		
		до рубки before cutting	после рубки after cutting	58 лет после рубки 58 years after cutting
Опытный участок 2 Experimental plot 2				
Слабая Weak	Комбинированный Combined	<u>4,0–5,5</u> 4,6	<u>5,4–7,2</u> 6,1	<u>12,9–14,7</u> 13,2
Умеренная Moderate	Комбинированный Combined	<u>3,8–5,4</u> 4,5	<u>4,8–8,2</u> 6,8	<u>11,3–14,7</u> 13,6
Контроль (без рубок ухода) Control (without thinning)		<u>3,8–6,0</u> 4,7	<u>3,8–6,0</u> 4,7	<u>9,4–12,4</u> 10,7
Опытный участок 3 Experimental plot 3				
Слабая Weak	Комбинированный Combined	<u>3,1–3,2</u> 3,2	<u>4,5–5,0</u> 4,8	<u>12,4–13,4</u> 12,9
Умеренная Moderate	Комбинированный Combined	<u>2,3–2,8</u> 2,6	<u>3,5–4,1</u> 3,8	<u>11,8–13,4</u> 12,9
Слабая Weak	Низовой Grassroots	<u>2,5–4,0</u> 3,1	<u>3,6–6,7</u> 4,6	<u>10,7–16,4</u> 12,8
Умеренная Moderate	Низовой Grassroots	<u>2,4–3,2</u> 2,7	<u>3,5–6,1</u> 4,5	<u>11,3–15,6</u> 12,9
Сильная Strong	Низовой Grassroots	<u>2,2–2,3</u> 2,3	<u>3,8–4,5</u> 4,2	<u>11,3–14,3</u> 12,8
Очень силь- ная Very strong	Низовой Grassroots	<u>1,7–2,9</u> 2,3	<u>2,8–5,2</u> 4,3	<u>9,4–13,8</u> 12,7
Контроль (без рубок ухода) Control (without thinning)		<u>2,3–3,1</u> 2,5	<u>2,3–3,1</u> 2,5	<u>9,4–10,1</u> 9,5

По прошествии 58 лет после проведения рубок ухода средний диаметр древостоя в насаждениях, не подвергшихся уходу, ниже показателей, полученных на всех опытных ППП.

На увеличение среднего диаметра опытных ППП в основном оказывают влияние следующие факторы.

1. *Метод отбора деревьев в рубку.* При низовом методе

рубок ухода из древостоя изымаются прежде всего отставшие в росте деревья из числа потенциального отпада, а крупные деревья в рубку не назначаются. При этом чем выше интенсивность рубки, тем значительнее увеличение среднего диаметра части древостоя, оставленной на доращивание. Например, на опытном участке 3 рубки ухода проводились в возрасте 35 лет.

Через 58 лет после рубок, выполненных по низовому методу, средний диаметр увеличился на ППП слабой интенсивности на 1,6 см, умеренной – на 1,9 см, сильной – на 1,9 см и очень сильной – на 2,0 см. В относительных величинах данные показатели составили 48,3; 71,9; 84,2 и 87,2 % соответственно.

Влияние интенсивности рубок ухода, выполненных по низовому методу на относительную величину увеличения среднего диаметра древостоя с достаточно высокой точностью ($R^2 = 0,9998$) описывается уравнением $y = -515x^2 + 592x - 82,713$ (рис. 1).

Средний диаметр древостоя сразу после проведения рубок ухода увеличивался не только при низовом, но и при комбинированном методе проведения рубок. На опытном участке 3 в результате проведения рубок ухода комбинированным методом средний диаметр древостоя слабой интенсивности увеличился на 1,6 см

(50,7%) и умеренной интенсивности – на 1,2 см (47,8%). Другими словами, относительное увеличение среднего диаметра при увеличении интенсивности изреживания от слабой до умеренной даже снизилось с 50,7 до 47,8%. Отличие в увеличении среднего диаметра при рубках ухода по низовому и комбинированному методам объясняется тем, что при комбинированном методе отбор деревьев в рубку производится из всех частей древесного полога, а не только из отставшей в росте, как при низовом методе. Назначение в рубку отдельных крупных деревьев сглаживает величину изменения среднего диаметра древостоя до и после рубки при комбинированном методе.

2. *Естественный отпад.* В процессе роста древостоя часть составляющих его деревьев переходит в отпад, что, естественно, влияет на средний диаметр древостоя. В контрольных насажде-

ниях, где конкуренция между деревьями выше, в отпад переходит значительная часть тонкомерных деревьев, что в значительной степени способствует увеличению среднего диаметра древостоя. Естественно, что на ППП, где были проведены рубки ухода, в процессе которых потенциальный отпад удален, естественный отпад уменьшается по сравнению с таковым на контроле.

3. *Радиальный прирост.* Прирост по диаметру у оставленных на доращивание деревьев является важнейшим фактором, влияющим на средний диаметр древостоя. В связи с большей площадью роста у оставленных на доращивание деревьев после проведения рубок ухода логично ожидать значительного увеличения радиального прироста.

Выполненные исследования показывают, что спустя 58 лет после проведения рубок ухода слабой и умеренной интенсивности в 47-летнем мертвопокровно-лишайниковом сосняке (опытный участок 2) средний диаметр древостоя увеличился на 7,1 и 6,8 см, при этом на контроле он повысился только на 6,0 см. Необходимо отметить, что средний диаметр на контрольных ППП увеличивался в основном за счет отмирания наиболее угнетенных деревьев сосны, имеющих наименьший диаметр, т. е. естественного изреживания древостоя, в то время как на рабочих ППП увеличение среднего диаметра происходило благодаря радиальному приросту оставленных на доращивание лучших деревьев.

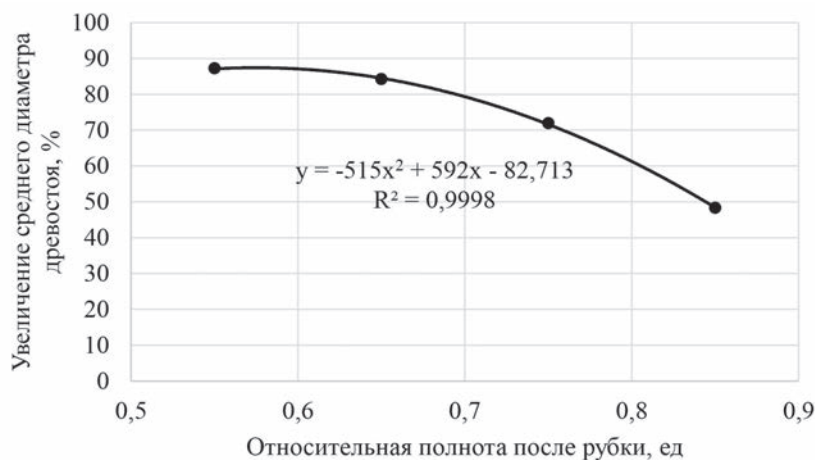


Рис. 1. Зависимость увеличения относительной величины среднего диаметра древостоя от интенсивности рубок ухода, выполненных по низовому методу

Fig. 1. Dependence of the increase in the relative value of the average diameter of the tree stand on the intensity of thinning, performed according to the lower method

По сравнению с таковым до проведения рубок ухода средний диаметр древостоев на участке 2 увеличился за 56 лет при слабой интенсивности на 187,0 %, умеренной – на 202,2 %, на контроле – на 127,7 %. Таким образом, проходные рубки в 47-летнем сосняке мертвopoкpовно-лишайниковом позволили значительно увеличить средние диаметры древостоев за счет создания благоприятных условий крупным деревьям. Последнее существенно повышает рекреационную привлекательность и устойчивость насаждений. Минимизация отпада на ППП, пройденных рубками ухода, в сочетании с увеличением доли крупных деревьев способствует повышению пожароустойчивости насаждений.

На всех ППП опытного участка 3 также произошло увеличение средних диаметров древостоев. В возрасте 93 лет средние значения диаметров древостоя по различным вариантам опыта (низовой и комбинированный методы) не дали большого отличия – 12,7–12,9 см, при этом на контроле данный показатель составил 9,5 см.

На опытном участке 3 при сравнении средних диаметров древостоев на ППП, где проводились рубки ухода слабой и умеренной интенсивности комбинированным методом, установлено, что средние диаметры через 58 лет увеличились на 8,1 и 9,1 см по сравнению с показателем после рубки и на 9,8 и 10,3 см – до рубки.

На ППП, пройденных рубками ухода по низовому методу, увеличение значений средних диаметров древостоя напрямую зависит от интенсивности изреживания. Например, на ППП, пройденных рубками ухода слабой, умеренной, сильной и очень сильной интенсивности, средние диаметры древостоев увеличились за 58 лет после рубки по сравнению с этими же показателями до рубки соответственно на 9,7 см (318,8 %); 10,3 см (371,1 %); 10,6 см (467,7 %) и 10,4 см (459,5 %).

Зависимость между увеличением средних диаметров древостоев и интенсивностью рубок ухода, выполненных 58 лет назад по низовому методу, приведена на рис. 2.

Материалы таблицы и рис. 1 и 2 свидетельствуют, что максимальными значениями среднего диаметра древостоя как на участке 2, так и на участке 3 характеризуются спустя 58 лет

после начала эксперимента ППП, пройденные рубками ухода умеренной интенсивности по низовому методу. Именно данный вариант проведения рубок ухода в чистых 35–47-летних сосновых насаждениях мертвopoкpовно-лишайникового типа леса Казахского мелкосопочника обеспечивает своевременное удаление деревьев потенциального отпада, повышает пожароустойчивость, рекреационную привлекательность и улучшает санитарное состояние древостоев. Увеличение среднего диаметра древостоя при этом обеспечивается преимущественно за счет радиального прироста наиболее крупных деревьев.

Выводы

1. Рубки ухода в чистых мертвopoкpовно-лишайниковых сосняках Казахского мелкосопочника обеспечивают существенное увеличение среднего диаметра древостоев как сразу

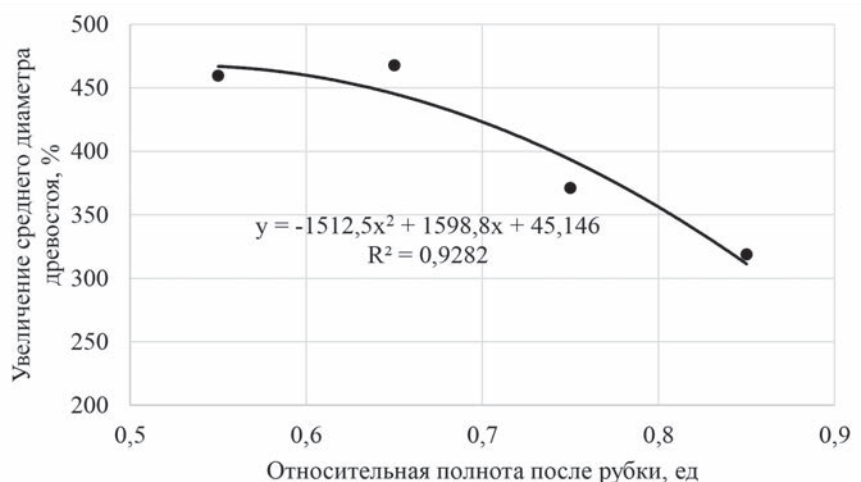


Рис. 2. Зависимость увеличения относительной величины среднего диаметра древостоя от интенсивности рубок ухода, выполненных 58 лет назад по низовому методу

Fig. 2. Dependence of the increase in the relative value of the average diameter of the standing tree on the intensity of thinning performed 58 years ago according to the grassroots method

после изреживания, так и в течение длительного периода после их проведения.

2. Оптимальными являются рубки ухода умеренной интенсивности, выполненные по низовому методу.

3. За счет рубок ухода, помимо увеличения среднего диаметра древостоя, минимизируется отпад деревьев, а следовательно,

и запас напочвенных горючих материалов.

4. К положительному влиянию рубок ухода в сосняках следует отнести повышение рекреационной привлекательности и устойчивости древостоев против неблагоприятных природных и антропогенных факторов.

5. За счет снижения напочвенных горючих материалов и

уборки потенциального отпада и сухостоя рубки ухода минимизируют опасность развития низовых лесных пожаров в верховые.

6. Сокращение количества деревьев на ППП после проведения рубок ухода улучшает микроклиматические условия под пологом древостоя, создавая комфортные условия для отдыхающих.

Библиографический список

1. Данчева А.В., Залесов С.В., Муканов Б.М. Влияние рекреационных нагрузок на состояние и устойчивость сосновых насаждений Казахского мелкосопочника. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 195 с.
2. Бунькова Н.П., Залесов С.В. Рекреационная устойчивость и емкость сосновых насаждений в лесопарках г. Екатеринбурга. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 124 с.
3. Залесов С.В., Луганский Н.А. Проходные рубки в сосняках Урала. Свердловск: Изд-во Урал. гос. ун-та, 1989. 128 с.
4. Залесов С.В., Луганский Н.А. Повышение продуктивности сосновых лесов Урала. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 331 с.
5. Влияние полноты и густоты на рост сосновых древостоев Казахского мелкосопочника и эффективность рубок ухода в них / А.В. Эбель, Е.И. Эбель, С.В. Залесов, Б.М. Муканов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 221 с.
6. Ландшафтные рубки / Н.А. Луганский, Л.И. Аткина, Е.С. Гневнов, С.В. Залесов, В.Н. Луганский // Лесн. хоз-во. 2007. № 6. С. 20–22.
7. Залесов С.В., Газизов Р.А., Хайретдинов А.Ф. Состояние и перспективы ландшафтных рубок в рекреационных лесах // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2016. № 2 (58). С. 45–47.
8. Залесов С.В., Хайретдинов А.Ф. Ландшафтные рубки в лесопарках. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 176 с.
9. Роль рубок ухода в повышении пожароустойчивости сосняков Казахского мелкосопочника / С.В. Залесов, А.В. Данчева, Б.М. Муканов, А.В. Эбель, Е.И. Эбель // Аграрн. вестник Урала. 2013. № 6 (112). С. 64–68.
10. Данчева А.В., Залесов С.В. Влияние рубок ухода на биологическую и пожарную устойчивость сосновых древостоев // Аграрн. вестник Урала. 2016. № 3 (145). С. 56–61.
11. Залесов С.В., Оплетев А.С. Рекомендации по совершенствованию охраны лесов от пожаров в ленточных борах Прииртышья. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 67 с.
12. Шубин Д.А., Залесов С.В. Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 127 с. URL: <http://www.elar.usfeu.ru/handle/123456789/6238>
13. Марченко В.П., Залесов С.В. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс орманы» // Вестник Алтайск. гос. аграрн. ун-та. 2013. № 10 (108). С. 55–59.

14. Архипов Е.В., Залесов С.В. Горимость сосновых лесов Казахского мелкосопочника // Вестник Алтайск. гос. аграрн. ун-та. 2016. № 9 (143). С. 64–69.

15. Данчева А.В., Залесов С.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 152 с.

Bibliography

1. Dancheva A.V., Zalesov S.V., Mukanov B.M. The influence of recreational loads on the state and stability of pine plantations of the Kazakh small hills. Yekaterinburg: Ural state forestry technician Univ., 2014. 195 p.

2. Bunkova N.P., Zalesov S.V. Recreational stability and capacity of pine plantations in forest parks of the city of Yekaterinburg. Yekaterinburg: Ural state forestry technician Univ., 2016. 124 p.

3. Zalesov S.V., Lugansky N.A. Continuous cuttings in the pine trees of the Urals. Sverdlovsk: Publishing House Ural state University, 1989. 128 p.

4. Zalesov S.V., Lugansky N.A. Increasing the productivity of pine forests of the Urals. Yekaterinburg: Ural state forestry technician Univ., 2002. 331 p.

5. The influence of fullness and density on the growth of pine stands of the Kazakh small hills and the effectiveness of thinning in them / A.V. Ebel, E.I. Ebel, S.V. Zalesov, B.M. Mukanov. Yekaterinburg: Ural state forestry technician Univ., 2014. 221 p.

6. Landscape felling / N.A. Lugansky, L.I. Atkina, E.S. Gnevnov, S.V. Zalesov, V.N. Lugansky // Forestry. 2007. No. 6. P. 20–22.

7. Zalesov S.V., Gazizov R.A., Khairtdinov A.F. The state and prospects of landscape felling in recreational forests // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2016. No. 2 (58). P. 45–47.

8. Zalesov S.V., Khairtdinov A.F. Landscape felling in forest parks. Yekaterinburg: Ural state forestry technician Univ., 2011. 176 p.

9. The role of thinning in improving the fire resistance of the pine forests of the Kazakh small hog / S.V. Zalesov, A.V. Dancheva, B.M. Mukanov, A.V. Ebel, E.I. Ebel // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. No. 6 (112). P. 64–68.

10. Dancheva A.V., Zalesov S.V. The effect of thinning on the biological and fire resistance of pine stands // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 3 (145). P. 56–61.

11. Zalesov S.V., Zalesova E.S., Opletayev A.S. Recommendations for improving the protection of forests from fires in the tape forests of the Irtysh. Yekaterinburg: Ural state forestry technician Univ., 2014. 67 p.

12. Shubin D.A., Zalesov S.V. The consequences of forest fires in the pine forests of the Priobsky water protection pine-birch forestry region of the Altai Territory. Yekaterinburg: Ural state forestry technician Univ., 2016. 127 p. URL: <http://www.elar.usfeu.ru/handle/123456789/6238>

13. Marchenko V.P., Zalesov S.V. Burnability of tape burs of Irtysh and ways to minimize it using the example of GU GLPR «Ertys Ormany» // Bulletin of the Altai state. Agricultural University. 2013. No. 10 (108). P. 55–59.

14. Arkhipov E.V., Zalesov S.V. Burnability of pine forests of the Kazakh small hills // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2016. No. 9 (143). P. 64–69.

15. Dancheva A.V., Zalesov S.V. Ecological monitoring of reforestation forest stands. Yekaterinburg: Ural state forestry technician Univ., 2015. 152 p.



УДК 674.81

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЛЕСОПАРКОВЫХ ЗОН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАСТИКОВ БЕЗ ДОБАВЛЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

А.С. ЕРШОВА – магистр по специальности «Химическая технология» (18.04.01)*

А.В. САВИНОВСКИХ – доцент кафедры ТЦБПиПП*

А.В. АРТЁМОВ – доцент кафедры ТЦБПиПП*

В.Г. БУРЫНДИН – профессор кафедры ТЦБПиПП*

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

тел.: 8 (343) 262-97-62,

e-mail: vgb@usfeu.ru

Ключевые слова: *древесный пластик, растительный пластик, древесные отходы, растительные отходы, опавшая листва, утилизация.*

Исследована возможность получения пластика без добавления связующего на основе древесных отходов (древесного опила) и растительных отходов (опавших листьев лесопарковых зон) методом плоского горячего прессования в закрытых пресс-формах. Предварительно было исследовано содержание лигнина, целлюлозы и золы в исходном пресс-материале. Высокое содержание лигнина в опавшей листве позволяет говорить о возможности ее применения в качестве добавки к наполнителю для получения пластика без связующего. Для исследования свойств ДП-БС, полученных на основе древесных отходов (древесный опил) и отходов лесопарковых зон (опавшая листва), была составлена матрица планирования двухфакторного эксперимента. В качестве независимых факторов были использованы процентное содержание листвы и гранулометрический состав исходной пресс-композиции. За выходные параметры были приняты прочностные показатели и показатели по водостойкости получаемого материала. Оценены физико-механические свойства полученных пластиков. Наилучшие физико-механические свойства по прочности при изгибе были выявлены у пластика на основе древесного опила и опавших листьев фракцией 0,7 мм и процентным содержанием 10 %. Наилучшие физико-механические свойства по водостойкости были выявлены у пластика на основе древесного опила и опавших листьев фракцией 1,4 мм и процентным содержанием 30 %. Найдены регрессионные зависимости свойств древесного и растительного пластика от содержания в нем опавшей листвы. По полученным уравнениям регрессии были построены поверхности отклика изученных свойств от величины варьируемых факторов. Определено оптимальное содержание опавших листьев и древесного опила, позволяющее получать материал с приемлемыми технологическими свойствами исходя из условий наименьшего (минимального) водопоглощения (содержание опавшей листвы в композиции – 30 %) и наибольшей (максимальной) прочности при изгибе (содержание опавшей листвы – 10 %). Для доказательства полученных теоретических условий прессования ДП-БС с рациональными физико-механическими свойствами был проведен эксперимент при этих условиях. Полученные теоретические результаты показывают хорошую сходимость рассчитанных и экспериментальных данных.

THE USE OF WASTE FOREST AREAS FOR PRODUCTION OF PLASTICS WITHOUT THE ADDITION OF BINDERS

A. S. YERSHOVA – master's degree in «Chemical technology»*

A. V. SAVINOVSKIY – candidate of engineering sciences, associate professor*

A.V. ARTYOMOV – candidate of engineering sciences, associate professor*

V. G. BRYNDIN – doctor of engineering sciences*

* FSBEI HE «Ural State Forestry University»,
620100, Russia, Yekaterinburg, Siberian tract, 37
phone: 8 (343) 262-97-62,
e-mail: vgb@usfeu.ru

Keywords: *wood plastic, plant plastic, wood waste, plant waste, fallen leaves, recycling*

The possibility of obtaining plastic without adding a binder on the basis of wood waste (sawdust) and plant waste (fallen leaves of the forest park zones) by flat hot pressing in closed molds, was investigated. Previously, the content of lignin, cellulose and ash in the initial press material was studied. The high content of lignin in fallen leaves suggests the possibility of their use as an additive to the filler for the production of plastic without a binder. To study the properties of WR-WP obtained on the basis of wood waste (sawdust) and forest park waste (fallen leaves), a two-factor experiment planning matrix was compiled. As independent factors, the percentages of foliage and granulometric composition of the original press composition were used. For the output parameters were adopted: strength indicators and indicators of water resistance of the resulting material. Physical and mechanical properties of the obtained plastics are estimated. The best physical and mechanical properties for bending strength were found in plastic based on sawdust and fallen leaves with a fraction of 0.7 mm and a percentage of 10 %. The best physical and mechanical properties for water resistance were found in plastic based on sawdust and fallen leaves with a fraction of 1.4 mm and a percentage of 30 %. Regression dependences of properties of wood and vegetable plastic on the content of fallen leaves in it are found. According to the obtained regression equations, the response surfaces of the studied properties on the magnitude of the varied factors were constructed. The optimal content of fallen leaves and sawdust was determined, allowing to obtain a material with acceptable technological properties, based on the conditions of the lowest (minimum) water absorption (the content of fallen leaves in the composition – 30 %) and the highest (maximum) bending strength (the content of fallen leaves – 10 %). To prove the obtained theoretical conditions of pressing the production of DP-BS with rational physical and mechanical properties, an experiment was conducted under these conditions. The obtained theoretical results show good convergence of the calculated and experimental data.

Введение

В настоящее время существует проблема утилизации древесных и растительных отходов. Практически в каждом производственном процессе наряду с получением основной продукции неизменно образуются остатки сырья и материалов, так называемые «отходы производства».

Федеральным законодательством регламентируются как один из принципов государственной политики в области охраны окружающей среды использование вторичных ресурсов и комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов [1].

Опавшие листья (отходы лесопарковых зон) относятся к группе коммунальных отходов (ТКО) – «Мусор и смет от уборки парков, скверов, зон массового отдыха, набережных, пляжей и других объектов благоустройства (код по ФККО 7 3 1 2 00 0 2 72 5)».

Действующим законодательством в области обращения

с ТКО в первую очередь регламентируется сокращение образования отходов за счет их утилизации.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, как важно найти пути рационального использования неликвидных отходов лесной и сельскохозяйственной промышленности, лесопарковых зон.

Отходы древесины, получаемые в процессе проведения рубок ухода, могут быть использованы на месте для изготовления малых архитектурных форм [2]. Кроме того, лесосечные отходы могут стать сырьём для изготовления древесной щепы, используемой для получения электроэнергии [3].

Работами [4–9] показана возможность получения изделий прессованием из мелких отходов деревообработки и сельского хозяйства без добавления синтетических смол или минеральных связующих, т. е. в качестве пресс-материала используется древесная или растительная прессовочная масса без связующего (ДП-БС и РП-БС).

Альтернативным сырьём для получения ДП-БС и РП-БС могли бы выступать отходы лесопарковых зон, представленные опавшими листьями.

Цель, задача, методика и объекты исследования

С учетом вышеизложенного в данной работе была поставлена разносторонняя цель – получить и исследовать свойства полимерного композита на основе древесных и растительных

отходов (на примере опавших листьев).

Для достижения данной цели потребовалось решить следующие задачи:

- 1) определение лигнина, целлюлозы и золы в растительных и древесных отходах;
- 2) определение физико-механических свойств полученного полимерного композита;

3) выбор оптимальной рецептуры, обеспечивающей наилучшие эксплуатационные свойства композита.

Получение ДП-БС и РП-БС обусловливается наличием лигнина в исходном материале [10–12]. Предварительно было исследовано содержание лигнина, целлюлозы и золы в исходном пресс-материале [13]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Химический состав опавших листьев
Chemical composition of fallen leaves

Исходное сырье Feedstock	Содержание, % Percentage, %		
	Лигнин Lignin	Целлюлоза Cellulose	Зола Ash
Опавшие листья Fallen leaves	35	11	19
Древесный опил Sawdust	27	38	0,3

Высокое содержание лигнина в опавшей листе позволяет говорить о возможности её применения в качестве добавки к наполнителю для получения пластика без связующего.

Для исследования свойств ДП-БС, полученных на основе древесных отходов (древесный опил) и отходов лесопарковых зон (опавшая листва), была составлена матрица планирования двухфакторного эксперимента [14].

Методом горячего прессования были изготовлены образцы-диски ДП-БС диаметром 90 мм и

толщиной 2 мм методом плоского горячего прессования в закрытых пресс-формах. Режимы изготовления образцов: давление прессования – 40 МПа, температура прессования – 170–180 °С, время прессования – 10 мин и охлаждения под давлением – 10 мин, время кондиционирования – 24 ч.

Область изменения входных факторов представлена в табл. 2.

Матрица эксперимента с кодированными и натуральными значениями факторов представлена в табл. 3.

Для получения экспериментально-статистических моделей свойств ДП-БС средствами программы Microsoft Excel был проведен регрессионный анализ полученных результатов эксперимента с вероятностной оценкой адекватности полученных моделей экспериментальным данным [15].

Экспериментально-статистические модели зависимости свойств представлялись в виде полинома второй степени с линейными и смешанными эффектами факторов:

$$y = b_0 + b_1 Z_1 + b_2 Z_2 + b_3 Z_1 Z_2 + b_4 Z_1^2 + b_5 Z_2^2,$$

где b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 – коэффициенты уравнения для входных факторов;

Z_1, Z_2 – кодированные значения входных факторов.

В результате регрессионного анализа были получены следующие адекватные уравнения регрессии и коэффициенты их корреляции с экспериментальными данными:

$$Y(P) = 754 + 14,9Z_1 + 281,4286Z_2 - 10Z_1Z_2 (R_2=1);$$

$$Y(T) = 53,85 - 0,923Z_1 - 6,02143Z_2 + 0,7521Z_1Z_2 (R_2 = 1);$$

$$Y(B) = 77 + 0,1Z_2 + 27,8571Z_2 + 0,2142Z_1Z_2 (R_2 = 1);$$

$$Y(II) = 15,945 - 0,0855Z_1 - 4,9928Z_2 + 0,015Z_1Z_2 (R_2 = 1).$$

По полученным уравнениям регрессии были построены поверхности отклика изученных свойств от величины варьируемых факторов, представленные на рис. 1–4.

Таблица 2

Table 2

Области изменения входных факторов

Areas of inputs change

Параметр Parameter	Z_i	Значение параметра Value of parameter	
		min (–1)	max (+1)
Массовая доля опавшей листвы, % Mass fraction of fallen leaves, %	Z_1	10	30
Фракционный состав пресс-материала, мм Fractional composition of the press material, mm	Z_2	0,7	1,4

Таблица 3

Table 3

Матрица планирования эксперимента

с натуральными значениями факторов

Experiment planning matrix with natural values of factors

№	Кодированные значения факторов Encoded values of factor		Натуральные значения факторов Natural values of factors	
	X_1	X_2	Z_1	Z_2
1	1	1	30	1,4
2	1	–1	30	0,7
3	–1	1	10	1,4
4	–1	–1	10	0,7

За выходные параметры Y приняты: плотность (P , г/см³), прочность при изгибе (II , МПа), твердость (HB , МПа), водопоглощение (B), ударная вязкость (A , кДж/м²).

Результаты исследования и их обсуждение

Средние арифметические значения физико-механических свойств образцов полученных композитов приведены в табл.4.

Таблица 4

Table 4

Физико-механические свойства ДП-БС
Physical and mechanical properties of WR-WP

№	$Y(P)$	$Y(II)$	$Y(HB)$	$Y(B)$	$Y(A)$
1	1070	7,2	43,5	127	1,00
2	1157	10,2	32,1	101	1,24
3	1187	8,3	102,0	181	0,96
4	1025	11,7	41,0	101	1,41

Высокая плотность (см. рис. 1) получаемого материала обусловлена в первую очередь фракционным составом пресс-материала. Более мелкие частицы облада-

ют значительной относительной уплотненностью в процессе прессования. Процентное содержание листы в пресс-материале также приводит к увеличению

плотности получаемого материала. Это, скорее всего, в первую очередь связано с пластической деформацией в процессе прессования.

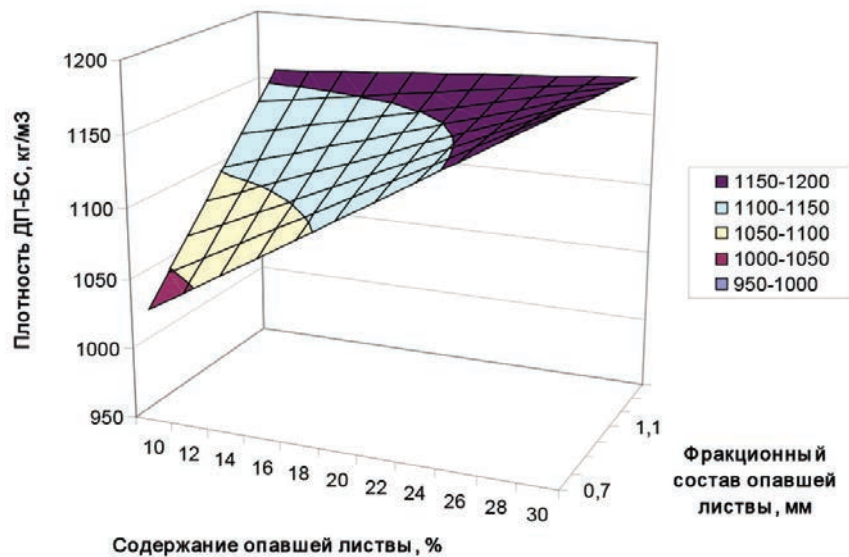


Рис. 1. Поверхность зависимости плотности ДП-БС от содержания опавшей листы и ее фракционного состава
Fig. 1. Density of WR-WP in terms of percentage concentration of leaves and their fractional composition

Прочность при изгибе (см. рис. 2) закономерно и сильно (на 42 %) снижается с увеличением содержания в композиции опав-

шей листы. Это можно объяснить тем, что опавшая листва характеризуется упругостью, которая обусловлена структурной

гибкостью листа. Гибкость листа обусловлена наличием в нем жилок, позволяющих ему обладать высокой пластичностью.

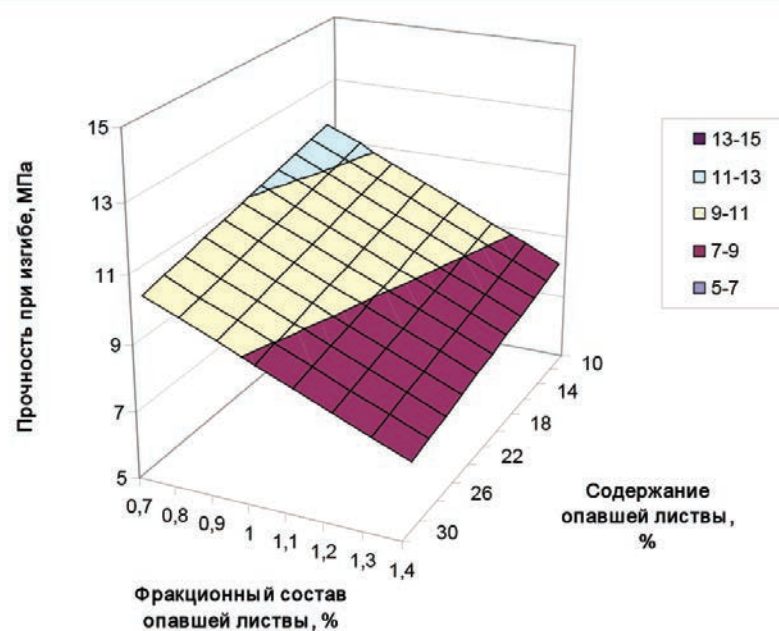


Рис. 2. Поверхность зависимости прочности при изгибе ДП-БС от содержания опавшей листы и ее фракционного состава

Fig. 2. Resistance to bending of WR-WP in terms of percentage concentration of leaves and their fractional composition

Максимальный показатель твердости (см. рис. 3) проявляется в точке при максимуме содержания в пресс-композиции опавшей листвы и максимальном фракционном составе. Возможно,

это объясняется тем, что наличие большего содержания листвы и больших ее фрагментов обуславливает создание поверхности образцов ДП-БС, аналогичных структуре поверхности листа.

В свою очередь, поверхность листа характеризуется наличием воскового налета, который в процессе прессования переходит в более жесткую структуру.

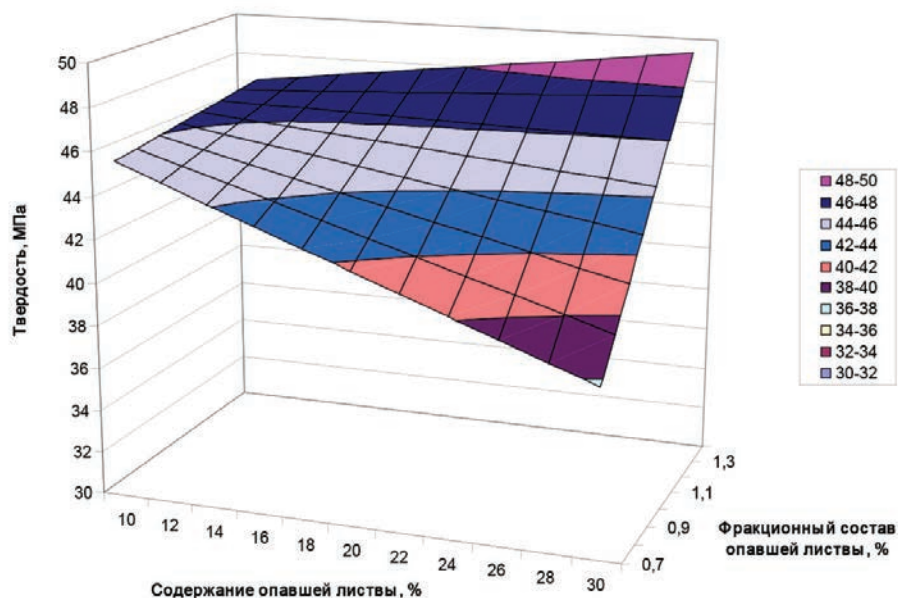


Рис. 3. Поверхность зависимости твердости ДП-БС от содержания опавшей листвы и ее фракционного состава
Fig. 3. Hardness of WR-WP in terms of percentage concentration of leaves and their fractional composition

Изменение водопоглощения (см. рис. 4) имеет четко выраженную закономерность, частично напоминающую изменение прочности при изгибе, только

полностью наоборот. С ростом содержания опавших листьев и увеличением фракционного состава пресс-материала водопоглощение стабильно растет.

Вероятнее всего, это связано с наличием полярных и гидрофильных соединений (целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин) в её составе.

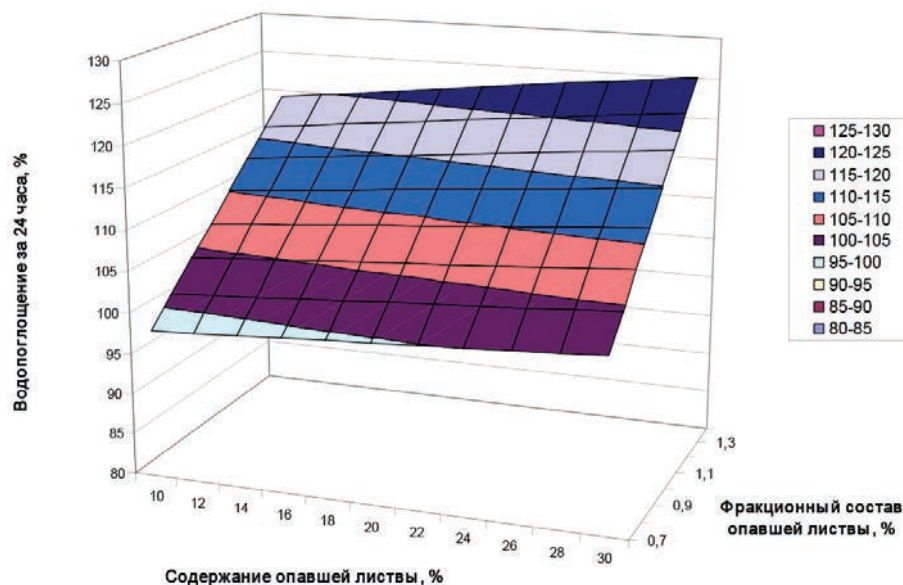


Рис. 4. Поверхность зависимости водопоглощения ДП-БС от содержания опавшей листвы и ее фракционного состава
Fig. 4. Water absorption of WR-WP in terms of percentage concentration of leaves and their fractional composition

Исходя из анализа данных поверхностей и решений систем уравнений, используя средства ПП «Microsoft Excel» [13], подобрали оптимальную рецептуру получения образцов ДП-БС на основе древесного опила и опавшей листвы в соответствии с условиями наименьшего (минимального) водопоглощения и наибольшей (максимальной) прочности при изгибе.

В качестве целевых функций были приняты:

$$Y(B) = 77 + 0,1Z_2 + 27,8571Z_2 + 0,2142Z_1Z_2 (R_2 = 1);$$

$$Y(I) = 15,945 - 0,0855Z_1 - 4,9928Z_2 + 0,015Z_1Z_2 (R_2 = 1).$$

Расчетная оптимальная рецептура пресс-материала для получения ДП-БС с добавлением опавших листьев представлена в табл. 5.

Для доказательства полученных теоретических условий прессования ДП-БС с рациональными физико-механическими свойствами был проведен эксперимент при этих условиях. Для этого были получены образцы-диски ДП-БС при оптимальной рецептуре (см. табл. 5). Результаты представлены в табл. 6.

Таблица 5

Table 5

Расчетная оптимальная рецептура
The calculated optimum compounding

№ п/п	Параметры	$y(B) \rightarrow \min$	$y(I) \rightarrow \max$
1	Массовая доля опавшей листвы, % Mass fraction of fallen leaves, %	30	10
2	Фракционный состав пресс-материала, мм Fractional composition of the press material, mm	1,4	0,7

Таблица 6

Table 6

Физико-механические свойства ДП-БС, полученного при оптимальной рецептуре
Physical and mechanical properties of WR-WP produced with optimal formulation

№ п/п	Показатель Indicator	Расчётные значения Calculated values		Экспериментальные значения Experimental value	
		при $y(B) \rightarrow \min$	при $y(I) \rightarrow \max$	при $y(B) \rightarrow \min$	при $y(I) \rightarrow \max$
1	Плотность, г/см ³ Density, g/cm ³	1030	1175	1115	1174
2	Прочность при изгибе, МПа Resistance to bending	7,7	11,7	10,7	15,3
3	Твердость, МПа Hardness, MPa	45,7	24,1	58,5	79,2
4	Водопоглощение, % Water absorption	99	128	68	73

По результатам выполненной работы показана возможность получения ДП-БС на основе древесного опила и опавшей листвы методом плоского горячего прессования в закрытых пресс-формах, не уступающего по физико-механическим свойствам материалам, полученным из древесного пресс-сырья.

Заключение

Исследованы физико-механические свойства ДП-БС на основе древесных и растительных отходов на примере опавших листьев.

Наилучшие физико-механические свойства по прочности при изгибе были выявлены у пластика на основе древесного опила

и опавших листьев фракцией 0,7 мм и процентным содержанием 10 %.

Наилучшие физико-механические свойства по водостойкости были выявлены у пластика на основе древесного опила и опавших листьев фракцией 1,4 мм и процентным содержанием 30 %.

Библиографический список

1. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» от 19.04.2017 № 176. URL: <http://www.docs.cntd/document>
2. Using the wood from improvement felling for assembling small wooden structures / S. Zalesov, B. Damary, Y. Vetoshkin, N. Pryadilina, A. Opletaev // Increasing the use of wood in the Global bio-economy: 2-th International Scientific conference Wood EMA, 2018 P. 369–373.
3. Vukovic N., Zalesov S., Vukovic D. Bioenergy based on woodchips as the development driver of non-urban forested areas – the case study of Ural region, Russia // Journal of Urban and regional analysis. Vol. IX, 1. 2017. P. 73–85.
4. Минин А.Н. Технология пьезотермопластиков. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 296 с.
5. Плитные материалы и изделия из древесины и других одревесневших остатков без добавления связующих / В.Н. Петри [и др.]. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 360 с.
6. О получении древесного пластика без связующего / Н.Я. Солечник [и др.] // Деревообр. пром-сть. 1963. Вып. 3. С. 9–11.
7. Гравитис Я.А. Теоретические и прикладные аспекты метода взрывного автогидролиза растительной биомассы: (Обзор) // Химия древесины. 1987. № 5. С. 3–21.
8. Савиновских А. В. Получение пластиков из древесных и растительных отходов в закрытых пресс-формах: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Савиновских Андрей Викторович. Екатеринбург, 2015. 20 с.
9. Артёмов А. В. Разработка технологии получения изделий экструзией из древесных отходов без добавления синтетических связующих: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Артёмов Артём Вячеславович. Екатеринбург, 2010. 16 с.
10. Савиновских А.В., Артемов А.В., Бурындин В.Г. Закономерности образования древесных пластиков без добавления связующих с использованием дифференциальной сканирующей калориметрии // Вестник Казан. технол. ун-та. 2012. Т. 15. № 3. С. 37–40.
11. Изучение получения древесных и растительных пластиков без связующих в присутствии катализаторов типа полиоксометаллатов / В.Г. Бурындин, Л.И. Бельчинская, А.В. Савиновских, А.В. Артёмов, П.С. Кривоногов // Лесотехн. жур. 2018. Т. 8. № 1 (29). С. 128–134.
12. Buryndin V.G., Artemov A.V., Savinovskih A.V. Mathematical Modeling of Bioactivation Process for Wood Raw Materials // CEUR Workshop Proceedings. Сер. «CSASE 2018 – Proceedings of the Annual Scientific International Conference on Computer Systems, Applications and Software Engineering» 2018. Nizhniy Tagil, 2018.
13. Оболенская А. В., Ельницкая З. П., Леонович А. А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: учеб. пособие для вузов. М.: Экология, 1991. 320 с.

14. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. М.: Высш. шк., 1985. 349 с.
15. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. СПб.: BHV – Санкт-Петербург, 1997. 384 с.

Bibliography

1. Decree of the President of the Russian Federation «on the Strategy of environmental safety of the Russian Federation for the period up to 2025» dated 19.04.2017 № 176. URL: <http://www.docs.cntd/document>
2. Using the wood from improvement felling for assembling small wooden structures / S. Zalesov, B. Damary, Y. Vetoshkin, N. Pryadilina, A. Opletaev // Increasing the use of wood in the Global bio-economy: 2-th International Scientific conference Wood EMA, 2018 P. 369–373.
3. Vukovic N., Zalesov S., Vukovic D. Bioenergy based on woodchips as the development driver of non-urban forested areas – the case study of Ural region, Russia // Journal of Urban and regional analysis. Vol. IX. 1. 2017. P. 73–85.
4. Minin A. N. Technology piezothermoelastic. Moscow: Forest industry, 1965. 296 p.
5. Board materials and products from wood and other wood residues without the addition of binders / V. N. Petri [and others]. Moscow: Forest industry, 1976. 360 p.
6. About getting wood without plastic binders / N.I.Solechnik [et al.] // Wood industry. 1963. Vol. 3. P. 9–11.
7. Gravitis J. A. Theoretical and applied aspects of the method explosive autohydrolysis plant biomass (Review) // Chemistry of wood. 1987. No. 5. P. 3–21.
8. Savinovskih A. V. Preparation of plastics from wood and vegetable waste in closed molds: author. dis. ... kand. tech. sciences / Savinovskih Andrey Viktorovich. Yekaterinburg, 2015. 20 p.
9. Development of technology for the production of products from wood waste without the addition of synthetic binders. dis. ... kand. tech. sciences / Artyomov Artyom Vyacheslavovich. Yekaterinburg, 2010. 16 p.
10. Savinovskih A.V., Artyomov A. V., Bryndin V. G. Regularities of wood laminates without the addition of a binder using differential scanning calorimetry // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2012. Vol. 15. № 3. P. 37–40.
11. The Study of the wood and plant plastics without binding in the presence of catalysts of the type polyoxometallates / V.G. Burundi, L. I. Belchinskaya, A. V. Savinovskih, A. V. Artyomov, P.S. Krivonogov // Journal of Forestry. 2018. Vol. 8. No. 1 (29). P. 128–134.
12. Buryndin V. G., Artemov A. V., Savinovskih A. V. Mathematical Modeling of Bioactivation Process for Wood Raw Materials // CEUR Workshop Proceedings. Ser. «CSASE 2018-Proceedings of the Annual Scientific International Conference on Computer Systems, Applications and Software Engineering» 2018. Nizhny Tagil, 2018.
13. Obolenskaya A.V., Elnitskaya Z. P., Leonovich A. A. Laboratory work on chemistry of wood and cellulose: textbook for universities. M.: Ecology, 1991. 320 p.
14. Akhnazarova, S. L., Kafarov V. V. Methods of experiment optimization in chemical technology. M.: Higher school, 1985. 349 p.
15. Kuritskiy B. Ya. The Search for optimal solutions by means of Excel 7.0. SPb.: VNV-St. Petersburg, 1997. 384 p.

УДК 630*453:595.799

**ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ МЕДОНОСОВ СЕВЕРОУРАЛЬСКОЙ СРЕДНЕГОРНОЙ
ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОВИНЦИИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

И.А. ПАНИН – ассистент*

Тел.: 89527434487, e-mail: IgorPanin1993@yandex.ru

Н.А. КРЯЖЕВСКИХ – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*

e-mail: kryazhevskihna@usfeu

А.А. ГРУДЦЫН – бакалавр*

e-mail: andrey.grudtsyn.97@mail.ru

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт 37,
кафедра лесоводства

Ключевые слова: медоносы, медопродуктивность, пчеловодство, дикоросы, живой напочвенный покров, подлесок.

На 101 пробной площади определён видовой состав, надземная фитомасса растений живого напочвенного покрова в абсолютно сухом состоянии и густота подлеска. На основе этих показателей проанализированы ресурсы медоносов в различных насаждениях района исследования. Материалы исследования могут использоваться пчеловодами для организации главного и поддерживающего медосбора.

Достаточными запасами для медосбора обладают 17 видов. Из них 13 произрастают в живом напочвенном покрове и 4 в подлеске.

Установлено, что большая часть растений не представляет интереса для заготовки пыльцы и нектара в связи с низкой медопродуктивностью либо с труднодоступностью для рабочих пчёл.

Насаждения, обладающие значительными ресурсами медоносных растений, были сгруппированы в 4 вида угодий по совокупности природно-географических условий и видам медоносов. Наибольшими запасами растений-медоносов живого напочвенного покрова характеризуются вырубки и несомкнувшиеся молодняки. Надземная фитомасса медоносных растений живого напочвенного покрова в них составляет 108,3–1249,2 кг/га. Высокими ресурсами медоносов обладают насаждения ельника нагорного лесолугового пояса. В них надземная фитомасса медоносных растений живого напочвенного покрова составляет 210,3–1206,0 кг/га в абсолютно сухом состоянии. В обоих разновидностях угодий цветение важных медоносов продолжается в течение всего сезона. В условиях горельников интерес для заготовки пыльцы и нектара представляет *Chamaenerion angustifolium* (L. Scop.). Данный вид цветёт в конце июля и в августе, а надземная фитомасса достигает 718,4 кг/га в абсолютно сухом состоянии.

В насаждениях, повреждённых ветром, медосбор возможен в июле.

FOREST RESOURCES OF NECTARIFEROUS IN NORTH URALS MID-MOUNTAIN FOREST GROWING PROVINCE

I. A. PANIN – assistant*

Phone: 89527434487, e-mail: IgorPanin1993@yandex.ru

N. A. KRYAZHEVSKIKH – candidate of agricultural Sciences, assistant professor*

e-mail: kryazhevskihna@usfeu

A. A. GRUDTSYN – student*

* FSBEI HE «Ural State Forest Engineering University»,

620100, Russia, Yekaterinburg, Siberian tract 37, department of forestry

Key words: *nectariferous, honey production, beekeeping, wild rowing plants, living ground cover, undergrowth.*

Species composition, aboveground phytomass of plants of living ground cover in absolutely dry condition and density of undergrowth were determined on 101 test areas. Resources of nectariferous in various forests of the study area are analyzed on the basis of these indicators. Research materials can be used by beekeepers for organization the main and supporting honey harvest.

17 species have sufficient reserves for honey collection. Of these, 13 grow in living ground cover and 4 in undergrowth.

It is established that most of the plants are not of interest for harvesting pollen and nectar, due to low honey production, or with inaccessibility for worker bees.

Forests with significant resources of honey plants were grouped into 4 types of land, according to the set of natural and geographical conditions and species of honey plants. The greatest resources of honey plants of a live ground cover are characterized by cuttings and young growth. The aboveground phytomass of honey plants of the living ground cover in them is 108.3–1249.2 kg/ha in a completely dry condition. High resources of nectariferous have spruce plantations of the upland forest-meadow belt. In them, the above-ground phytomass of honey plants of living ground cover is 210.3–1206.0 kg/ha in a completely dry state. In both varieties of land flowering of important honey plants continues throughout the season. In the conditions of burnt forest interest for pollen and nectar harvesting is *Chamaenerion angustifolium* (L. Scop.). This species blooms in late July and August, and the above-ground phytomass reaches 718.4 kg/ha in a completely dry state.

In plantations damaged by wind, honey collection is possible in July.

Введение

Научно обоснованное использование ресурсов медоносов позволяет значительно повысить эффективность работы пчеловодческих хозяйств [1]. Данному вопросу в прошлом всегда уделялось достаточно много внимания [2]. Вместе с тем представленные в старых публикациях сведения утрачивают свою актуальность. Кроме того, подавляющее большинство работ связано с территориями, где пчеловодство является достаточно значимой частью сельского хо-

зяйства [3–5]. В других регионах, в частности Свердловской области, данный вопрос изучен недостаточно. Актуальные сведения о ресурсах медоносов для данных территорий могут быть полезными и востребованными, так как на них существуют как некоммерческие, так и небольшие коммерческие пасеки.

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Полевые работы проводились в западной части Карпинского района Свердловской области,

на территории ГКУ СО «Карпинское лесничество», в период с 2014 по 2018 гг. Согласно лесорастительному районированию Свердловской области Колесникова и соавторов [6], данная территория относится к Североуральской среднегорной лесорастительной провинции Свердловской области.

Цель исследования – установление ресурсов медоносов в районе исследования дифференцированно по различным лесорастительным условиям. Для её достижения были поставлены

следующие задачи: натурное обследование территории лесного фонда и подбор участков для закладки пробных площадей (ПП), закладка ПП, количественный учёт различных компонентов насаждений, оценка на основании собранных данных условий медосбора.

Закладывались ПП в соответствии с ОСТ 56-68-83 «Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки». На ПП производилось определение густоты подлеска и надземной фитомассы растений живого напочвенного покрова (ЖНП) в абсолютно сухом состоянии [7]. Для определения густоты подлеска использовались учётные площадки размером 2х2 м, которые равномерно размещались по параллельным ходовым линиям. Для учёта ЖНП площадки размером 0,5х0,5 м размещались по диагональным ходовым линиям через равные расстояния. На учётных площадках все растения ЖНП срезались на уровне поверхности почвы, сортировались по видам

и взвешивались. Затем отбиралась навеска, которая высушивалась в лабораторных условиях до абсолютно сухого состояния при $t = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Всего была заложена 101 ПП таким образом, чтобы составить характеристику ресурсов медоносов различных лесорастительных условий района исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно полученным данным, большая часть насаждений Североуральской среднегорной лесорастительной провинции располагает низкими запасами медоносов. Насаждения ельников мшистого (Е. мш.), зеленомошно-ягодникового (Е. зм. яг.) и нагорного (Е. нг.) в ЖНП достаточно часто характеризуются обильным произрастанием ягодных кустарничков рода *Vaccinium*, которые являются раннецветущими медоносами. Их надземная фитомасса может достигать 1003,4 кг/га в абсолютно сухом состоянии. В то же вре-

мя данные насаждения не подходят для медосбора, поскольку значительным препятствием для эффективной работы пчёл в них является древостой [3]. Участки лесного фонда района исследования, в условиях которых установлены достаточно большие запасы растений-медоносов и возможен медосбор, были объединены нами в 4 вида угодий по сходству лесорастительных условий и произрастающим в них видам медоносов. К ним относятся: вырубки и несомкнувшиеся молодняки ельников мшистого и зеленомошно-ягодникового; горельники; насаждения, повреждённые ветром, с относительной полнотой древостоя 0,3 и ниже (редины); низкополнотные насаждения ельника нагорного, расположенные в лесолуговом поясе на абсолютных высотах 700–750 м над уровнем моря. В табл. 1 представлена характеристика ресурсов медоносных растений ЖНП в условиях различных угодий, в табл. 2 – подлеска.

Таблица 1

Table 1

Характеристика ресурсов медоносных растений ЖНП
Characteristics of honey plants resources of living ground cover

Название вида Species name	Надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии, кг/га Aboveground phytomass in absolutely dry condition, kg/ha	Медопродуктивность при 100% проективном покрытии кг/га [8] Honey production at 100 % projective coating kg/ha [8]	Период цветения [9, 10] Period flowering [9, 10]
1	2	3	4
Вырубки и несомкнувшиеся молодняки Area after cuttings and young growth			
Брусника обыкновенная <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	4,7–293,0	20–35	01.05–25.05
Валериана лекарственная <i>Valeriana officinalis</i> L.	0–12,9	200–300	01.06–20.08

Продолжение табл. 1
Continuation of table 1

1	2	3	4
Герань лесная <i>Geranium sylvaticum</i> L.	1,7–25,0	30–70	10.06–25.08
Дудник лесной <i>Angelica sylvestris</i> L.	0–32,2	80–120	10.06–25.08
Земляника лесная <i>Fragaria vesca</i> L.	0–105,8	13–40	05.06–15.07
Иван-чай узколистый <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	0–979,5	50–600	15.06–10.09
Таволга вязолистная <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim	0–75,5	5–15	15.06–15.07
Черника обыкновенная <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	0–277,6	10–25	20.05–20.06
Итого:	108,3–1249,2		
Горельники Burnt forest			
Брусника обыкновенная <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	0–110,3	20–35	01.05–25.05
Иван-чай узколистый <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	25,8–718,4	50–600	15.06–15.07
Итого:			
Насаждения, повреждённые ветром, с относительной полнотой 0,3 и ниже Forest damaged by wind with relative completeness 0.3 and below			
Брусника обыкновенная <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	0–50,0	20–35	01.05–25.05
Валериана лекарственная <i>Valeriana officinalis</i> L.	16,0–81,4	200–300	01.06–20.08
Герань лесная <i>Geranium sylvaticum</i> L.	15,5–53,0	30–70	10.06–25.08
Таволга вязолистная <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim	25,6–73,2	5–15	15.06–15.07
Черника обыкновенная <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	4,5–252,6	10–25	20.05–20.06
Итого:	46,7–302,6		
Насаждения Е. нг., произрастающие в лесолуговом поясе Plantations of upland spruce in the forest-meadow belt			
Валериана лекарственная <i>Valeriana officinalis</i> L.	0,9–67,5	200–300	01.06–20.08
Герань лесная <i>Geranium sylvaticum</i> L.	0,4–136,4	30–70	10.06–25.08
Горец змеиный <i>Polygonum bistorta</i> L.	0,2–182,4	20–40	20.05–30.06
Гравилат речной <i>Geum rivale</i> L.	1,2–116,7	70–80	20.05–30.06
Дудник лесной <i>Angelica sylvestris</i> L.	0,8–123,6	80–120	10.06–25.08
Жабрица Крылова <i>Seseli krylovii</i> (V.N. Tikhom.) Pimenov & Sdobnina	0–127,2	40–50	01.07–15.08
Зверобой продырявленный <i>Hypericum perforatum</i> L.	0–164,8	20–47	15.06–30.07

Окончание табл. 1

End of table 1

1	2	3	4
Иван-чай узколистый <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	7,0–53,5	50–600	15.06–15.07
Таволга вязолистная <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim	4,7–857,9	5–15	15.06–15.07
Итого:	210,3–1206,0		

Таблица 2

Table 2

Характеристика ресурсов медоносных растений подлеска

Characteristics of the resources of honey plants undergrowth

Название вида Species name	Густота, шт./га Density, p./ha	Медопродуктивность при 100 % проективном покрытии, кг/га [8] Honey production at 100 % projective coating, kg/ha	Период цветения [9, 10] Period flowering [9, 10]
1	2	3	4
Вырубки и несомкнувшиеся молодняки Area after cuttings and young growth			
Жимолость <i>Lonicera caerulea</i> L.	0–275	22–127	15.05–20.06
Красная смородина <i>Ribes rubrum</i> L.	0–425	12	20.05–20.06
Шиповник иглистый <i>Rosa acicularis</i> Lindl.	0–3000	12–15	20.05–20.06
Малина обыкновенная <i>Rubus idaeus</i> L.	0–10800	140–215	15.05–30.06
Горельники Burnt forest			
Жимолость <i>Lonicera caerulea</i> L.	0–275	22–127	15.05–20.06
Красная смородина <i>Ribes rubrum</i> L.	0–425	12	20.05–20.06
Шиповник <i>Rosa acicularis</i> Lindl.	0–3000	12–15	20.05–20.06
Насаждения, повреждённые ветром, с относительной полнотой 0,3 и ниже Forest damaged by wind with relative completeness 0.3 and below			
Шиповник иглистый <i>Rosa acicularis</i> Lindl.	333–9133	12–15	20.05–20.06
Малина обыкновенная <i>Rubus idaeus</i> L.	466–5167	140–215	15.05–30.06
Насаждения Е. нг., произрастающие в лесолуговом поясе Plantations of upland spruce in the forest-meadow belt			
Жимолость <i>Lonicera caerulea</i> L.	0–375	22–127	15.05–20.06
Шиповник иглистый <i>Rosa acicularis</i> Lindl.	125–1020	12–15	20.05–20.06
Малина обыкновенная <i>Rubus idaeus</i> L.	0–5750	140–215	15.05–30.06

В условиях вырубок и несомкнувшихся молодняков насаждений ельников мшистого и зеленомошно-ягодникового (рис. 1) ресурсы медоносов представлены 12 видами растений. Из

них 8 произрастают в составе ЖНП, 4 – в подлеске. Общая надземная фитомасса растений-медоносов ЖНП составляет 108,3–1249,2 кг/га в абсолютно сухом состоянии. Наиболее

значимым видом является иванчай узколистый *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. В местах обильного произрастания его надземная фитомасса может достигать 979,5 кг/га в абсолютно сухом состоянии. Кроме того, в ЖНП часто присутствуют кустарнички, такие как черника обыкновенная *Vaccinium myrtillus* L. (до 277,6 кг/га), брусника обыкновенная *Vaccinium vitis-idaea* L. (до 493,0 кг/га), а также земляника лесная *Fragaria vesca* L. (до 105,8 кг/га). Из подлесочных медоносных растений большими запасами характеризуется малина обыкновенная *Rubus idaeus* L. Густота данного вида достигает 10800 шт./га. Активная фаза цветения кустарничков рода *Vaccinium* и земляники приходится на конец весны – начало лета, малины – на конец июня – июль, в то время как иванчай узколистый цветёт в конце лета – начале осени. Таким образом, вырубки и несомкнувшиеся молодняки пригодны для сбора пчёлами нектара и пыльцы в течение всего сезона медосбора. Максимальный медосбор можно достичь в период с середины по конец лета, поскольку малина и иванчай обладают наибольшей медопродуктивностью среди произрастающих медоносов.

Вторая группа – горельники. Их внешний вид показан на рис. 2. В ЖНП некоторых горельников наблюдается разрастание брусники обыкновенной *Vaccinium vitis-idaea* L., однако её фитомасса незначительна. Также на некоторых ПП



Рис. 1. Вырубка 3-летней давности
Fig. 1. Forest three years after deforestation



Рис. 2. Горельник
Fig. 2. Burnt forest

присутствуют медоносные растения подлеска, такие как жимолость *Lonicera caerulea* L., шиповник *Rosa acicularis* (Lindl.) и красная смородина *Ribes rubrum* L. Густота данных видов небольшая. Иван-чай узколистный является наиболее распространённым пиропитным видом растений ЖНП в условиях Североуральской среднегорной лесорастительной провинции, в связи с чем данный вид является доминирующим в ЖНП горельников. Его надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии варьирует от 25,8 до 718,4 кг/га в зависимости от давности и интенсивности пожара.

В насаждениях, повреждённых ветром, с относительной полнотой древостоя 0,3 и ниже (рис. 3) наблюдается активное разрастание травянистой растительности, а также полукустарников подлеска. Медоносы ЖНП имеют сравнительно небольшую фитомассу, составляющую 46,7–302,6 кг/га в абсолютно сухом состоянии. Представлены они 5 видами: брусничкой обыкновенной *Vaccinium vitis-idaea* L., черничкой обыкновенной *Vaccinium myrtillus* L., геранью лесной *Geranium sylvaticum* L., таволгой вязолистной *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim и валерианой лекарственной *Valeriana officinalis* L. Значительная часть подлеска представлена шиповником иглистым *Rosa acicularis* (Lindl.), густота которого варьирует от 333 до 9133 шт./га, а также малиной обыкновенной *Rubus idaeus* L. с густотой 466–5167 шт./га. Оба

вида цветут с конца мая до середины июля.

Насаждения ельника нагорного лесолугового пояса (рис. 4) характеризуются большим видовым разнообразием, в том числе растений-медоносов. Из них

достаточно большими запасами обладают 9 видов ЖНП: валериана лекарственная *Valeriana officinalis* L., герань лесная *Geranium sylvaticum* L., горец змеинный *Polygonum bistorta* L., гравилат речной *Geum rivale* L.,



Рис. 3. Ветровал
Fig. 3. Forest after a windfall



Рис. 4. Е. нг. на абсолютной высоте 720 м над уровнем моря
Fig. 4. Upland spruce forest at an absolute altitude of 720 m above sea level

лудник лесной *Angelica sylvestris* L., жабрица Крылова *Seseli krylovii* (V.N. Tikhom.) Pimenov & Sdobnina, зверобой продырявленный *Hypericum repurforatum* L. и иван-чай узколистный; 3 подлесочных вида: жимолость *Lonicera caerulea* L., шиповник иглистый *Rosa acicularis* Lindl. и малина обыкновенная *Rubus idaeus* L. Цветут они в разное время с середины июня по вторую половину августа. По этой причине данные насаждения доступны в течение всего периода медосбора. Надземная фитомасса медоносов ЖНП составляет 210,3–1206,0 кг/га в абсолютно сухом состоянии. Видов, которые резко выделяются по фитомассе или являются доминантой ЖНП, нет. Распространение малины обыкновенной имеет споради-

ческий характер. Часто на ПП данный вид отсутствует, а иногда образует густые заросли до 5750 шт./га.

Выводы

1. В условиях Североуральской среднегорной лесорастительной провинции Свердловской области значительными запасами обладают 17 видов медоносов, из которых 13 относятся к ЖНП, 4 – к подлеску.

2. Среди насаждений района исследования можно выделить 4 разновидности площадей, пригодных для медосбора, отличающиеся видовым составом и медопродуктивностью: вырубки и несомкнувшиеся молодняки, горельники, насаждения, повреждённые ветром, с низкой относительной полнотой древостоя,

низкополнотные насаждения ельника нагорного в лесолуговом поясе.

3. Наибольшими запасами медоносов обладают вырубки и несомкнувшиеся молодняки, а также насаждения ельника нагорного в лесолуговом поясе.

4. Вырубки и несомкнувшиеся молодняки пригодны для медосбора в течение всего сезона, но наибольшей медопродуктивностью обладают во второй половине лета. Также в течение всего сезона медосбора наблюдается цветение различных видов медоносов в насаждениях ельника нагорного лесолугового пояса. Насаждения, повреждённые ветром, пригодны для медосбора в июле, а горельники – в течение августа.

Библиографический список

1. Зубахин А.М., Воробьёв С.П., Воробьёва В.В. Оценка медового запаса как фактора эффективности размещения пчеловодства в регионе // Вестник Алтайск. гос. аграрн. ун-та. 2012. № 2 (88). С. 109–113.
2. Кулаков В.Н. Медоносные ресурсы и перспективы развития пчеловодства Российской Федерации: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Кулаков В.Н. М.: Моск. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева, 2012. 44 с.
3. Нарчук Э.П., Морева Л.Я. Нектар как возобновляемый биологический ресурс // Биосфера. 2016. Т. 8. № 3. С. 301–314.
4. Мадебейкин И.Н., Мадебейкин Н.И., Скворцов А.И. Пчеловодство Чувашии: моногр. Чебоксары, 2010. 264 с.
5. Фрунзе О.Н. Медопродуктивность лесов Пермского края // Мир пчёл: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск, 2010. С. 132–136
6. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск, 1973. 176 с.
7. Основы фитомониторинга: учеб. пособие / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.А. Зотеева, А.Г. Магасунова. Изд. 2-е, доп. и перераб. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 89 с.
8. Комлацкий В.И., Логинов С.В., Свистунов С.В. Справочник пчеловода. Изд. 2-е, испр. Ростов н/Д: Феникс, 2012. 447 с.
9. Губанов И.А. Иллюстрированный определитель растений Средней России. М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технолог. исслед., 2003. 665 с.
10. Юраш Н.И. Растения медоносы. Ростов н/Д: Феникс, 2012. 185 с.

Bibliography

1. Zubakhin A., Vorobiev S., Vorobyeva V. Assessment of honey stock as a factor of efficiency of placement of beekeeping in the region // Bulletin of the Altai state agrarian University. 2012. No. 2(88). P. 109–113.
 2. Kulakov V. Honey-bearing resources and prospects of development of beekeeping of the Russian Federation: autoref. dis. ... dr. biol. n. / Kulakov V. Moscow: Moscow agricultural Academy. K. A. Timiryazeva. 2012. 44 p.
 3. Narchuk E., Moreva L. Nectar as a renewable biological resource // Biosphere. 2016. Vol. 8. No. 3. P. 301–314.
 4. Madebeikin I., Madebeikin N., Skvortsov A. Beekeeping of Chuvashia: monograph. Cheboksary, 2010. 264 p.
 5. Frunze O. Honey productivity of forests of Perm Krai // The world of bees: materials of the all-Russian scientific and practical conference. Izhevsk, 2010. P. 132–136.
 6. Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., Smolonogov E.P. Forest growing conditions and types of forests of Sverdlovsk region. Sverdlovsk: UNC AN SSSR, 1973. 176 p.
 7. The basics of phytomonitoring: Proc. the textbook / N.P. Bunkova, S.V. Zalesov, E.A. Zoteeva, A.G. Magsumova. Ed. 2 revised and supplemented. Yekaterinburg: Ural state forest engineering University. 2011. 89 p.
 8. Komlatsky V., Loginov S., Svistunov S. Handbook of the beekeeper / ed. 2. Rostov-on-Don: Phoenix, 2012. 447 p.
 9. Gubanov I. Illustrated determinant of plants of Central Russia. Moscow: «T-vo nauch. ed. CMC», In-t technologist. issl. 2003. 665 p.
 10. Jurash N. Plants honey plants. Rostov-on-Don: Phoenix, 2012. 185 p.
-