

# ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ



## ЛЕСА РОССИИ И ХОЗЯЙСТВО В НИХ

Журнал

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-31334,  
выдано Россвязьохранкультуры 05.03.2008 г.Издается с 2002 года  
Выходит четыре раза в год

0+

## Редакционный совет:

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

## Редколлегия:

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

## Редакция журнала:

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

Фото на обложке И. А. Панина

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

Подписано в печать 07.04.2023.  
Дата выхода в свет 14.04.2023.  
Формат 60×84/8. Печать офсетная.  
Уч.-изд. л. 9,26. Усл. печ. л. 11,62.  
Тираж 100 экз. (1-й завод 36 экз.).  
Заказ № 7618

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

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

Цена свободная

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

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2023

## К сведению авторов

## Внимание!

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

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

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

Недоукомплектованный пакет материалов не рассматривается.

Плата за публикацию рукописей не взимается.

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

2. Структура представляемого материала следующая.

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

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

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

(выравнивание по левому краю, без абзацного отступа).

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

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

**Благодарности.** Заполняется по желанию авторов.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Содержание

<b>Тагирова О. В., Уразгильдин Р. В., Гиниятуллин Р. Х., Янбаев Ю. А., Кулагин А. Ю.</b> Особенности формирования ландшафтно-природных комплексов в промышленных городах Предуралья .....	4
<b>Парамонов А. А., Усольцев В. А., Третьяков С. В., Коптев С. В., Карабан А. А., Цветков И. В., Давыдов А. В., Цепордей И. С.</b> Возрастная динамика биомассы ивняков Архангельской области .....	19
<b>Усольцев В. А., Цепордей И. С., Уразова А. Ф., Борников А. В.</b> Биомасса подлесочных видов Урала и ее аллометрические модели .....	30
<b>Сальникова И. С., Фадеева Е. А.</b> Оценка хода роста сосновых насаждений естественного и искусственного происхождения .....	41
<b>Кузнецов Л. Е.</b> Картографический метод в мониторинге лесных ресурсов юга Тюменской области .....	48
<b>Попов А. Е., Суслов А. В., Годовалов Г. А., Чуднов О. Г.</b> Анализ динамики основных показателей лесного фонда на арендованном лесном участке на территории Советского лесничества .....	56
<b>Чумакова М. Ю., Воробьева Т. С., Ярусова Н. И., Постникова С. С., Воробьев И. Б.</b> Особенности роста географических культур лиственницы европейской в Московской области .....	66
<b>Воробьева Т. С., Белов Л. А., Кетова Я. Ю., Галка К. В.</b> Применение региональной геоинформационной системы «Умный лес» при управлении лесным хозяйством Пермского края .....	74
<b>Мехренцев А. В., <u>Добрачев А. А.</u>, Уразова А. Ф., Кашников Г. В.</b> Биоэнергетическая база сельских территорий в контексте стратегии развития лесного комплекса (на примере Свердловской области) .....	81
<b>Кручинин И. Н., Колобова А. А., Клевеко В. И., Лабыкин А. А.</b> Оценка возможности использования нефтезагрязненных грунтов для строительства лесных автомобильных дорог .....	88
Герц Эдуард Федорович (к 70-летию со дня рождения) .....	96

## Content

<b>Tagirova O. V., Urazgildin R. V., Giniyatullin R. H., Yanbaev Yu. A., Kulagin A. Yu.</b> Features of the formation of landscape and natural complexes in the industrial cities of the Pre-Urals .....	5
<b>Paramonov A. A., Usoltsev V. A., Tretyakov S. V., Koptev S. V., Karaban A. A., Tsvetkov I. V., Davydov A. V., Tsepordey I. S.</b> Age dynamics of willow biomass in the Arkhangelsk region .....	20
<b>Usoltsev V. A., Tsepordei I. S., Urazova A. F., Bornikov A. V.</b> Biomass of understory species of the Urals and its allometric models .....	31
<b>Salnikova I. S., Fadeeva E. A.</b> Assessment of the course of growth of pine plantations of natural and artificial origin .....	42
<b>Kuznetsov L. E.</b> Cartographic method in monitoring forest resources of the south of the Tyumen region .....	49
<b>Popov A. E., Suslov A. V., Godovalov G. A., Chudnov O. G.</b> Analysis of the dynamics of the main indicators of the forest background on a leased forest plot on the territory of the Soviet forestry .....	57
<b>Chumakova M. Yu., Vorobyova T. S., Yarusova N. I., Postnikova S. S., Vorobyov I. B.</b> Features of the growth of geographical cultures of European larch in the Moscow region .....	67
<b>Vorobyeva T. S., Belov L. A., Ketova Ya. Yu., Galka K. V.</b> Application of the regional geoinformation system «Smart Forest» in the forestry management of the Perm Region .....	75
<b>Mehrentsev A. V., <u>Dobrachev A. A.</u>, Urazova A. F., Kashnikov G. V.</b> Bioenergetic base of rural territories in the context of the forest complex development strategy (by the example of the Sverdlovsk region) .....	82
<b>Kruchinin I. N., Kolobova A. A., Kleveko V. I., Labykin A. A.</b> Assessment of the possibility of using oil-contaminated soils for the construction of forest highways .....	89
Herz Eduard Fedorovich (on the 70th anniversary of his birth) .....	96

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 4–18  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 4–18

Научная статья

УДК 470.57

DOI 10.51318/FRET.2023.95.98.001

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТНО-ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДАХ ПРЕДУРАЛЬЯ

Олеся Васильевна Тагирова<sup>1</sup>, Руслан Вилисович Уразгильдин<sup>2</sup>,  
Рафак Хизбуллинович Гиниятуллин<sup>3</sup>, Юлай Аглямич Янбаев<sup>4</sup>,  
Алексей Юрьевич Кулагин<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Автор, ответственный за переписку: Алексей Юрьевич Кулагин,  
coolagin@list.ru

**Аннотация.** Показано, что освоение территорий расположения Уфимского и Стерлитамакского промышленных центров в 1850–2020 гг. сопровождалось масштабной вырубкой лесов. При этом часть из них была сохранена, а с 50-х годов XX в. успешно реализована программа по созданию санитарно-защитных насаждений. Развитие и увеличение площади городов и формирование ландшафтно-природных комплексов промышленных центров происходит за счет освоения лесных территорий и сельскохозяйственных земель. Современное состояние лесных насаждений Уфимского и Стерлитамакского промышленных центров оценивается как удовлетворительное. Однако культуры тополя *Populus balsamifera* L. (лесные культуры созданы в 40–50-х годах XX в.) вступают в критический возраст, и в настоящее время требуются проведение массовых вырубок и реконструкция данных насаждений. Проведение лесохозяйственных мероприятий должно основываться на инвентаризации состояния лесных насаждений и обосновании и проведении реконструкции насаждений на территории промышленного центра в целях выполнения экологических функций.

**Ключевые слова:** промышленный центр, лесные насаждения, оценка состояния, реконструкция лесных насаждений

**Финансирование:** работы выполнены на оборудовании центра коллективного пользования «Агидель» в рамках плановых исследований по бюджетной теме № 123020700152-5 FMRS-2023-0008 «Устойчивость лесообразующих древесных видов и эколого-биологические адаптации с учетом антропогенной трансформации ландшафтно-природных комплексов» и при поддержке гранта Министерства образования и науки Республики Башкортостан НОЦ-РМГ-2021 «Создание методологических основ оценки баланса парниковых газов и определении потенциала депонирования углерода в экосистемах».

Scientific article

## FEATURES OF THE FORMATION OF LANDSCAPE AND NATURAL COMPLEXES IN THE INDUSTRIAL CITIES OF THE PRE-URALS

Olesya V. Tagirova<sup>1</sup>, Ruslan V. Urazgildin<sup>2</sup>, Rafak Kh. Giniyatullin<sup>3</sup>,  
Yulai A. Yanbaev<sup>4</sup>, Alexey Yu. Kulagin<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Ufa Institute of Biology UFIC RAS, Ufa, Russia

Corresponding author: Alexey Yu. Kulagin,  
coolagin@list.ru

**Abstract.** It is shown that the development of the territories of the location of the Ufa and Sterlitamak industrial centers for the period 1850–2020 was accompanied by large-scale deforestation. At the same time, part of the forests was preserved, and since the 1950s, a program has been successfully implemented to create sanitary-protective plantations. The development and increase in the area of cities and the formation of landscape-natural complexes of industrial centers occurs due to the development of forest territories and agricultural lands. The current state of forest plantations in the Ufa and Sterlitamak industrial centers is assessed as satisfactory. However, the plantations of a poplar, *Populus balsamifera* L. (stands were created in the 40–50s of the XX century) are entering a critical age, and mass felling and reconstruction of these plantations is currently required. The implementation of forestry measures should be based on an inventory of the state of stands and their reconstruction on the territory of the industrial center in order to perform ecological functions.

**Keywords:** industrial center, forest plantations, condition assessment, reconstruction of forest stands

**Funding:** The work was carried out using the equipment of the Agidel Collective Use Center within the framework of planned research on the budget topic № 123020700152-5 FMRS-2023-0008 «Sustainability of forest-forming tree species and ecological and biological adaptations taking into account anthropogenic transformation of landscape and natural complexes» and with the support of a grant from the Ministry of Education and Science of the Republic of Bashkortostan REC-RMG-2021 «Creation of methodological foundations for assessing the balance of greenhouse gases and determining the potential for carbon deposition in ecosystems».

### Введение

Развитие отдельных регионов связано с освоением и использованием территорий для сельскохозяйственных, ресурсных, транспортных и промышленных целей. При ведении хозяйственной деятельности формируется производственный и социальный комплекс современного города. Это процесс длительный – занимает десятки и сотни лет, и вопросы организации жизни людей в таких городах требуют проведения мероприятий по оптимизации экологических условий и снижению экологических рисков (Baker, Chesin, 1975; Бухарина, Двоеглазова, 2010). Древесно-кустарниковая растительность, представленная естественными и искусственными насаждениями, в значительной мере

обеспечивает сохранение и формирование биологического разнообразия на урбанизированных ландшафтах (Тарабрин, 1984; Сунцова и др., 2011; Adaptation Strategies..., 2017).

В историческом плане становление городских агломераций обусловлено наличием относительно благоприятных природных условий, водных, почвенных, растительных и животных ресурсов, полезных ископаемых, источников энергии и др. (Lakshmi et al., 2008; Mikhailova et al., 2017; McDermot et al., 2020).

Устойчивость древесных растений к комплексному воздействию экстремальных природных и антропогенных факторов выступает структурообразующим звеном при формировании экосистем

промышленных центров (Кулагин, 1974; Антипов, 1979; Гетко, 1989; Кулагин и др., 2010; Water, heat, and..., 2011; Wang et al., 2014; Кулагин, Тагирова, 2015).

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

Цель исследования – дать характеристику особенностей формирования ландшафтных комплексов на основе общего ретроспективного анализа лесной растительности и современного состояния древесных насаждений промышленных городов Предуралья.

Для проведения работы использован комплекс апробированных методов исследования лесных насаждений, модифицированных с учетом выполнения работ в насаждениях промышленных центров (Программа..., 1966; Алексеев, 1990; Кулагин и др., 2000; Ярмишко, Лянгузова, 2002; Николаева, Савчук, 2009).

В работе использованы оригинальные карты, которые были составлены кандидатом биологических наук Германом Васильевичем Поповым и переданы в архив лаборатории лесоведения Уфимского института биологии УФИЦ РАН.

На отдельных пробных площадях производился пересчет деревьев. Проводилась визуальная оценка следующих диагностических признаков относительного жизненного состояния (ОЖС) деревьев: густота кроны (в % от нормальной густоты), наличие мертвых сучьев (в % от общего числа сучьев на стволе), степень повреждения листьев токсикантами, патогенами и насекомыми (средняя площадь некрозов, хлорозов и объеданий, в % от площади листа) (Алексеев, 1990). Работы выполнены в 2022 г.

#### **Результаты исследования**

Ландшафтное картографирование, экологическое картографирование, учет природно-климатических условий и особенностей нарушений ландшафтно-природных комплексов определяют возможность выделения критических территорий. Основной задачей является снижение отрицательных последствий прямого и вторичного загрязнения окружающей среды (Vacek et al., 2013;

Sensuła et al., 2015; Mukherjee, Agrawal, 2018; Oak tree-rings..., 2018).

На основе краткого ретроспективного анализа покрытия лесными насаждениями территорий современного Уфимского и Стерлитамакского промышленных центров за период 1850–2020 гг. следует отметить ряд особенностей (рис. 1–4).

#### **Уфимский промышленный центр**

Город Уфа основан в 1574 г. как Уфимская крепость, а статус города присвоен в 1586 г. Расположен на берегу реки Белой, при впадении в нее рек Уфа и Дема, в Башкирском Предуралье, в пределах Прибельской увалисто-волнистой равнины, вытянута с юго-запада на северо-восток на 50 км. Площадь города составляет 765 км<sup>2</sup>. В геоморфологическом отношении территория представляет всхолмленную равнину (Рождественский, Журенко, 1961). Уфа – современный город с предприятиями нефтехимической, химической, машиностроительной и других отраслей промышленности.

Лесные насаждения Уфимского промышленного центра (УПЦ) относятся к 1 группе лесов, что связано с их расположением на водораздельно-водосборной поверхности и крутых склонах долин рек Уфы и Белой, водоохраным и противозрозионным значением. Естественные леса – типичные широколиственные. Основными лесобразующими видами лесного массива являются липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), ильм (*Ulmus glabra* Huds.), вяз (*Ulmus laevis* Pall.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench) и осина (*Populus tremula* L.), успешно произрастают в культурах тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), тополь пирамидальный (*Populus nigra* f. *pyramidalis* (Rozier) Delaunay), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.), ель обыкновенная (*Picea abies* L. Karst).

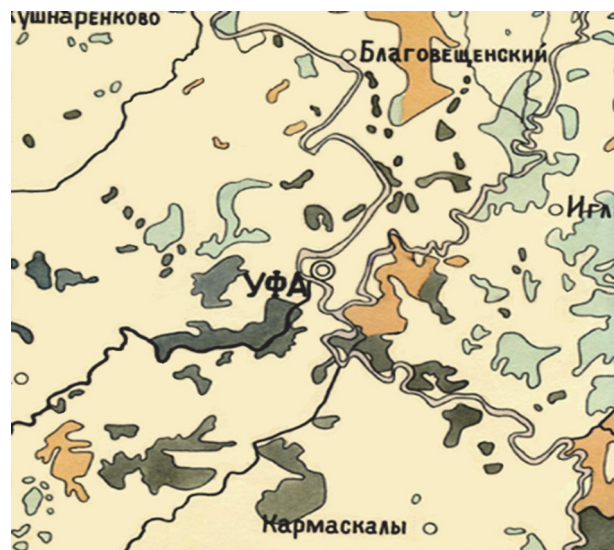
Освоение территории и строительство предприятий было сопряжено с вырубкой лесов. Часть из них сохранилась, с 50-х годов XX в. успешно

реализована программа по созданию санитарно-защитных насаждений. При проектировании размещения промышленных предприятий была учтена роза ветров, и этим существенно снижена частота поступлений атмосферных загрязнителей на селитебную зону. Качественный состав лесов с тех пор значительно изменился. Сказались последствия промышленного загрязнения окружающей среды, а также и «арктических» морозов зимних периодов 1979 и других годов, приведших

к массовому усыханию дуба, клена, липы, вяза. Изменение структуры лесов УПЦ обусловлено также увеличением доли лесных культур сосны и тополя бальзамического. При этом посадки тополя бальзамического в основном сделаны в 40–50-х годах XX в. Возраст насаждений составляет 60–70 лет, и они в настоящее время вступают в критический возраст. По этой причине требуются проведение массовых вырубок и реконструкция насаждений тополя бальзамического.



Состояние на 1850 г.  
State for 1850



Состояние на 1940 г.  
State for 1940



Состояние на 1970 г.  
State for 1970



Состояние на 2020 г.  
State for 2020

Рис. 1. Картограммы лесов Уфимского промышленного центра и сопредельных территорий  
Fig. 1. Schematic map of the forests in Ufa industrial center and adjacent territories



Рис. 2. Картограмма размещения пробных площадей в Уфимском промышленном центре  
 Fig. 2. A map showing the location of trial plots in the Ufa industrial center

На современном этапе развития Уфы отмечается существенное расширение границ городской черты. Это происходит за счет передачи части площадей сельскохозяйственного назначения и земель государственного лесного фонда из Уфимского района Республики Башкортостан в состав Уфы. Границы города приобрели специфическую конфигурацию, что в определенной степени затрудняет организацию природопользования (см. рис. 2).

Анализ сложившейся ситуации свидетельствует о том, что при посадках древесных насаждений на территории УПЦ не учитывались характеристики устойчивости древесных пород к антропогенным нагрузкам. Установлено (табл. 1), что наименее устойчивыми древесными породами в условиях нефтехимического загрязнения являются дуб черешчатый и сосна обыкновенная. Следует отметить, что насаждения лиственницы Сукачева также по критериям относительного жизненного состояния в целом характеризуются категорией ослабленные. Однако это связано в большей степени с жесткими ограничениями и запретом рубки деревьев лиственницы на территории Республики Башкортостан, и поэтому в насаждениях даже усыхающие деревья зачастую не назначались в рубку (Кулагин, Зайцев, 2008).

Наиболее устойчивыми древесными породами в условиях нефтехимического загрязнения являются береза повислая, тополь бальзамический, липа мелколистная, ель обыкновенная.

Неравномерность распространения лесных насаждений по территории УПЦ обуславливает необходимость дифференци-

рованного подхода к обоснованию и проведению природоохранных мероприятий.

Естественные лесные массивы и искусственные насаждения древесных растений представляют биологические ресурсы, биосферные и социальные функции которых составляют неразрывное целое. Следует отметить, что лесные насаждения эффективно функционируют на протяжении десятков лет и определяют степень комфортности жизни людей в современном городе.

Таблица 1  
Table 1

Относительное жизненное состояние (ОЖС, %) деревьев  
в насаждениях Уфимского промышленного центра (2022 г.)  
Relative vital state (RVS, %) of trees in the stands  
of the Ufa industrial center (2022)

Зона Zone	Номер пробной площади Number trial area	Местоположение Location	Вид Breed	ОЖС, % RVS, %
1	2	3	4	5
Промыш- ленная зона Industrial zone	1	Насаждения близ ОАО «Ново-Уфимский нефтеперерабатывающий завод» Plantings near Novo-Ufa Oil Refinery	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L. Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L. Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	51,5 54,5 54,5 44,5 48,5 48,5 45,2
	4	Насаждения близ ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение» Plantings near Ufa motor-building production Association	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	77,2 75,5 77,5 76,0 79,0
	9	Парковые посадки близ международного аэропорта «Уфа» Park landings near Ufa International Airport	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L. Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L. Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	87,2 82,0 80,3 89,5 85,0 76,0 82,0
	12	Насаждения близ ООО «Судоремонтно- судостроительный завод» Plantings near Ship repair and shipbuilding plant	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	89,5 86,5 82,0 83,5 85,0
	14	Сквер около ж/д станции Дема The square near the railway station Dema	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	83,2 85,0 80,2 82,0 88,0

Продолжение табл. 1  
Continuation of table 1

1	2	3	4	5
Селитебно-рекреационная зона Residential and recreational area	2	Парк Победы Victory Park	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L. Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L. Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	91,0 89,1 88,0 87,0 89,5 91,0 91,0
	3	Парк им. Калинина Park named after. «Kalinina»	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L. Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L. Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	80,2 82,0 77,3 74,5 76,0 76,0 74,5
	5	Парк им. М. Гафури M. Gafuri Park	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L. Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L. Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	83,5 94,0 79,0 77,2 68,2 82,0 85,0
	7	Лесопарк им. Лесоводов Башкирии Forest Park named after. Foresters of Bashkiria	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L. Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L. Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	92,5 91,0 83,5 82,0 85,0 88,0 88,0
	6	Сквер близ Уфимского приборостроительного производственного объединения A square near the Ufa instrument-making production Association	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	89,5 85,0 85,0 79,0 88,0
	8	Сквер близ ФГУП «Уфимское агрегатное предприятие «Гидравлика»» The square near the Federal State Unitary Enterprise Ufa aggregate enterprise «Hydraulics»	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill. Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L. Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	89,5 86,5 88,0 82,0 85,0

Окончание табл. 1  
The end of table 1

1	2	3	4	5
Селитебно-рекреационная зона Residential and recreational area	10	Насаждения близ ОАО «Фармстандарт-УфаВита» Plantings near Farmstandart-UfaVita	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	86,5
			Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	82,0
			Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	85,0
			Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	63,0
	11	Парк «Волна» Ленинского района г. Уфы Volna Park of the Leninsky district of Ufa	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	88,0
			Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	88,0
			Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	84,7
			Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L.	86,5
			Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	88,0
	13	Парк культуры отдыха Демского района г. Уфы Recreation Culture park of the Densky district of Ufa	Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl.	82,0
			Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	89,5
			Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	88,0
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth			88,0	
Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.			82,0	
Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L.			83,5	
		Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	82,0	
		Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl.	86,0	
		Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	86,5	

Для улучшения экологической обстановки в УПЦ необходимо расширение санитарно-защитной зоны за счет прилегающих территорий. Необходимо реконструировать городские и внутриквартальные насаждения с использованием устойчивых и продуктивных видов древесных растений.

**Стерлитамакский промышленный центр**

Город Стерлитамак основан в 1766 г. как Стерлитамакская солевая пристань, статус города присвоен в 1781 г. Постепенно численность населения города увеличивалась, а границы города расширялись. Благодаря своему географическому положению и развитию технологий в 50–60-е годы XX в. здесь получили развитие химическая и нефтехимическая промышленность (Башкортостан..., 1996).

Территории под развитие города были выведены из земель сельскохозяйственного назначения. Строительство предприятий было осуществлено

без значительной вырубki лесных насаждений (см. рис. 3). При распространении загрязняющих веществ большое значение имеет роза ветров. Преобладающими ветрами г. Стерлитамака являются южные – 34% и юго-западные – 14%. При проектировании размещения промышленных предприятий учтена роза ветров, и этим существенно снижена частота поступлений атмосферных загрязнителей на селитебную зону. Однако с юга и юго-востока г. Стерлитамака находятся промышленные города Салават и Ишимбай, выбросы которых оказывают неблагоприятное влияние на прилегающие территории. Направление господствующих ветров способствует переносу загрязняющих веществ на территорию г. Стерлитамака (Тагирова, 2014).

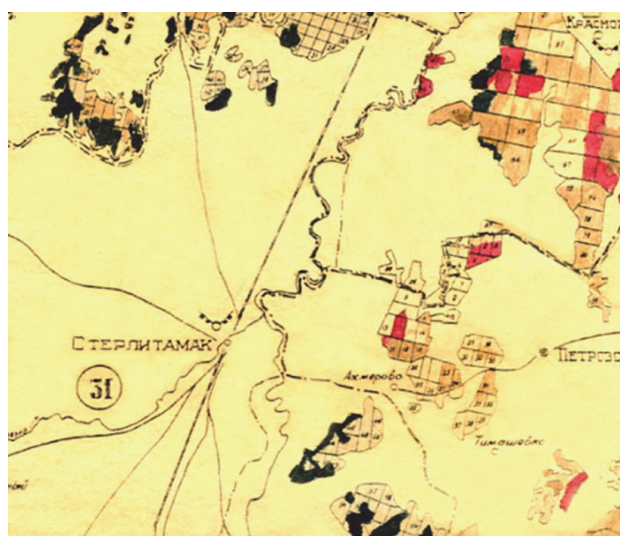
Ландшафтный облик г. Стерлитамака определяют наклонные равнины, пологие придолинные склоны с разнотравно-ковыльными степями, дубравами, пашнями.



Состояние на 1850 г.  
State for 1850



Состояние на 1940 г.  
State for 1940



Состояние на 1970 г.  
State for 1970



Состояние на 2020 г.  
State for 2020

Рис. 3. Картограммы лесов Стерлитамакского промышленного центра и сопредельных территорий  
Fig. 3. Maps of the forests of the Sterlitamak industrial center and adjacent territories

Природные комплексы речных долин и озерных котловин характеризуются поймами, низкими и средними эрозионно-аккумулятивными террасами речных долин с озерами старицами, заболоченными лугами, лесами и кустарниками. Территория характеризуется небольшими участками широко-

лиственных лесов из липы мелколистной, клена остролистного, вяза шершавого, дуба черешчатого. По долине реки Белой преобладают пойменные черемухово-сероольховые леса, осокоревые и ветловые леса, заросли прирусловых ивняков с ивой трехтычинковой (*Salix triandra* L.) и ивой

корзиночной (*S. viminalis* L.), липово-дубовые леса, лесные болота с ольхой черной и березой пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.).

В северо-западной части Стерлитамакского промышленного центра (СПЦ) в середине XX в. были выполнены масштабные работы по созданию санитарно-защитных лесных насаждений. Следует отметить, что в последние 30 лет происходила вырубка части санитарно-защитных лесных насаждений и производилась застройка территории зданиями и сооружениями небольших производственных, торгово-закупочных и сервисных предприятий.

В процессе формирования ландшафтно-природного комплекса СПЦ происходило освоение лесостепных участков и сельскохозяйственных земель. При этом проводилось планомерное создание городских лесных насаждений и насаждений в санитарно-защитной зоне города и предприятий.

На территории Стерлитамакского промышленного центра нами проведены исследования по оценке состояния древесных растений в условиях химического загрязнения (см. рис. 4).

Оценка состояния насаждений в промышленной и селитебно-рекреационной зонах СПЦ (табл. 2) свидетельствует о достаточно высоких показателях ОЖС деревьев: для липы мелколистной – 91,0%; для ели обыкновенной – 91,0%; для лиственницы Сукачева – 94,0%.

Показано, что в промышленной зоне наиболее устойчивой породой оказалась береза повислая – ОЖС деревьев в среднем ослабленное (76%). Однако массовой гибели деревьев не отмечено.

Большинство древесных насаждений относятся к категориям приспевающих, спелых и пе-

#### Условные обозначения:

- граница города
- пробные площади

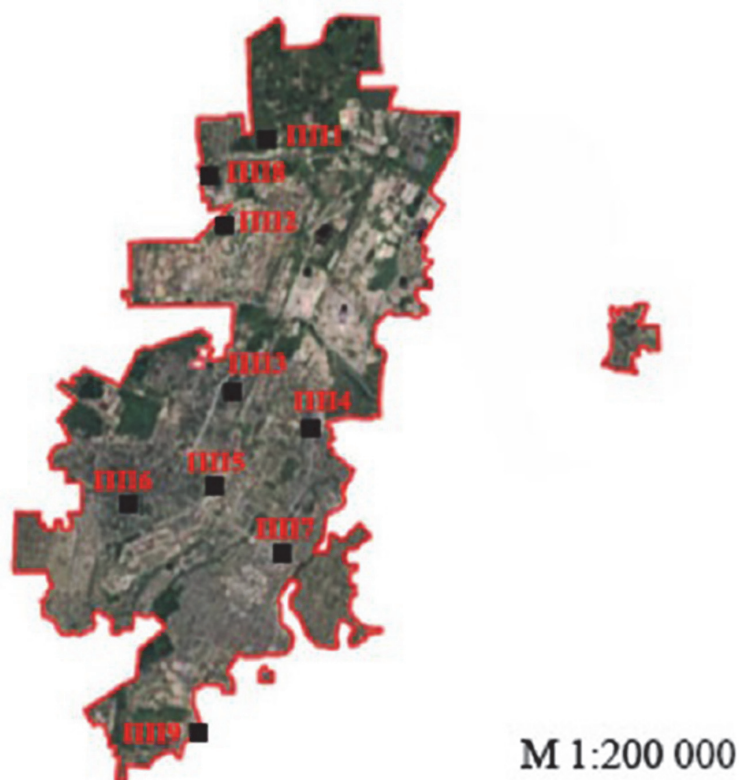


Рис. 4. Картограмма размещения пробных площадей в Стерлитамакском промышленном центре

Fig. 4. A map of the location of trial plots in the Sterlitamak industrial center

рестойных, что является основанием для проведения в ближайшие годы работ по реконструкции насаждений. При реконструкции существующих насаждений следует учитывать, что в условиях селитебно-рекреационной зоны липа мелколистная, лиственница Сукачева и ель обыкновенная являются видами, устойчивыми к комплексу неблагоприятных природных и техногенных факторов СПЦ. Береза повислая выступает основной древесной породой внутриквартальных посадок, посадок в скверах и парках. Насаждения этого вида в условиях Стерлитамакского промышленного центра успешно выполняют эстетические и средо-защитные функции.

Таблица 2  
Table 2

Относительное жизненное состояние (ОЖС, %) деревьев  
в насаждениях Стерлитамакского промышленного центра (2022 г.)  
Relative vital state (RVS, %) of trees in the stands of the Sterlitamak industrial center (2022)

Зона Zone	Номер пробной площади Number trial area	Местоположение Location	Вид Breed	ОЖС, % RVS, %
Промыш- ленная зона Industrial zone	1	Севернее АО «Стерлитамакский нефтехимический завод» North of JSC «Sterlitamak Petrochemical Plant»	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	40,5
	2	Севернее АО «Башкирская содовая компания» North of Bashkir Soda Company	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L. Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	21,3 76,0
Селитебно- рекреа- ционная зона Residential and recreational area	3	Парк им. Гагарина Park named after. Gagarina	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	83,3
			Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	49,0
			Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	91,0
			Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl.	67,0
	4	Парк «Содовик» Sodovik Park	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	44,0
			Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	78,5
	5	Сквер по ул. Худайбердина Square on st. Khudaiberdina	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	69,5 91,0
	6	Парк им. Жукова Park named after. Zhukova	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	60,0
			Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	73,0
Лиственница Сукачева <i>Larix sukaczewii</i> Dyl.			94,0	
7	Парк им. С. Юлаева Park named after S. Yulaev	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	44,0	
		Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> L. Karst	75,0	
8	Парк вблизи Дома культуры Park near the House of Culture	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	73,0	
9	Южная часть СПЦ The southern part	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	36,5	
		Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	59,5 63,5	

**Заключение**

На основе анализа изменений лесной растительности за период 1850–2020 гг. показано, что освоение территорий расположения Уфимского и Стерлитамакского промышленных центров было сопряжено с вырубкой лесов. При этом часть лесов была сохранена, а с 50-х годов XX в. успешно реализована программа по созданию санитарно-защитных насаждений.

На современном этапе развития г. Уфы и Уфимского промышленного центра отмечается существенное расширение границ городской черты за счет передачи части площадей сельскохозяйственного назначения и площадей государственного лесного фонда. В процессе формирования ландшафтно-природного комплекса г. Стерлитамака и всего Стерлитамакского промышленного центра происходило освоение лесостепных участков

и сельскохозяйственных земель. Следует указать, что при этом проводилось планомерное создание городских лесных насаждений и насаждений в санитарно-защитной зоне города и предприятий.

Современное состояние лесных насаждений Уфимского и Стерлитамакского промышленных центров оценено нами как удовлетворительное. Однако насаждения тополя бальзамического (лесные культуры созданы в 40–50-х годах XX в.) вступают в критический возраст, и в настоящее время требуются проведение массовых вырубок и реконструкция данных насаждений.

При организации практических мероприятий по оптимизации экологических условий промыш-

ленных центров следует учитывать ландшафтно-экологические региональные особенности и специфику промышленного производства. В качестве необходимого условия, обеспечивающего оптимизацию состояния ландшафтно-природных комплексов городов, предлагается проведение оценки и мониторинга состояния лесных насаждений на сети постоянных пробных площадей в исследованных городах и на прилегающих территориях. Проведение лесохозяйственных мероприятий должно основываться на учете состояния лесных насаждений и обосновании их реконструкции с целью выполнения экологических функций на территории промышленного центра.

### Список источников

- Алексеев В. А.* Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Ленинград : Наука, 1990. С. 38–54.
- Антипов В. Г.* Устойчивость древесных растений к промышленным газам. Минск : Наука и техника, 1979. 216 с.
- Башкортостан : Краткая энциклопедия. Уфа : Башкирская энциклопедия, 1996. 672 с.
- Бухарина И. Л., Двоеглазова А. А.* Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях. Ижевск : Удмуртский университет, 2010. 184 с.
- Гетко Н. В.* Растения в техногенной среде. Минск : Наука и техника, 1989. 208 с.
- Кулагин А. А., Зайцев Г. А.* Лиственница Сукачева в экстремальных лесорастительных условиях Южного Урала. Москва : Наука, 2008. 171 с.
- Кулагин А. Ю., Гиниятуллин Р. Х., Уразгильдин Р. В.* Средостабилизирующая роль лесных насаждений в условиях Стерлитамакского промышленного центра. Уфа : Гилем, 2010. 108 с.
- Кулагин А. Ю., Кагарманов И. Р., Блонская Л. Н.* Тополя в Предуралье : Дендроэкологическая характеристика и использование. Уфа : Гилем, 2000. 124 с.
- Кулагин А. Ю., Тагирова О. В.* Лесные насаждения Уфимского промышленного центра : современное состояние в условиях антропогенных воздействий. Уфа : Гилем, Башк. энцикл. 2015. 196 с.
- Кулагин Ю. З.* Древесные растения и промышленная среда. Москва : Наука, 1974. 124 с.
- Николаева С. А., Савчук Д. А.* Комплексный подход и методика реконструкции роста и развития деревьев и лесных сообществ // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 2 (6). С. 111–125.
- Рождественский А. П., Журенко Ю. И.* Морфоструктурное районирование Западной Башкирии // Материалы шестого Всеуральского совещания по вопросам географии и охраны природы, физико-географическое районирование. Уфа : БФАН СССР, 1961. С. 131–137.
- Программа и методика биогеоценотических исследований / В. Н. Сукачев, Ю. Л. Раунер, А. А. Молчанов [и др.]. Москва : Наука, 1966. 333 с.
- Сунцова Л. Н., Иншаков Е. М., Козик Е. В.* Оценка состояния городской среды методом фитоиндикации (на примере г. Красноярск) // Лесной журнал. 2011. № 4. С. 29–32.
- Тагирова О. В.* Современное состояние и устойчивость древесных насаждений в промышленных центрах (на примере г. Уфы и г. Стерлитамака, Республика Башкортостан) // Инновационные подходы

к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем : материалы международной конференции. Самара ; Тольятти : Кассандра, Издательство Самарского государственного экономического университета, 2014. С. 205–208.

Тарабрин В. П. Природа устойчивости растений к промышленным эксагалатам // Адаптация древесных растений к экстремальным условиям среды. Петрозаводск : Карельский филиал АН СССР, 1984. С. 90–97.

Ярмишко В. Т., Лянгузова И. В. Методы изучения лесных сообществ. Санкт-Петербург : НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.

Adaptation Strategies and Defence Mechanisms of Plants During Environmental Stress / E. L. Devi, S. Kumar, T. B. Singh, S. K. Sharma, A. Beemrote, C. P. Devi, S. K. Chongtham, C. H. Singh, R. Yumlembam, A. A. Haribhushan, N. Prakash, S. H. Wani // Medicinal Plants and Environmental Challenges. Cham: Springer International Publishing, 2017. P. 359–413.

Baker D. E., Chesin L. Chemical monitoring of soil for environmental quality animal and health // Advances in Agronomy. 1975. Vol. 27. P. 306–366.

Lakshmi P. S., Sravanti K. L., Srinivas N. Air pollution tolerance index of various plant species growing in industrial areas // The Ecoscan. 2008. Vol. 2 (2). P. 203–206.

Mc Dermot C. R., D'Amico V., Trammell T. Sensitivity of stomate size in red maple (*Acer rubrum* L.) trees in deciduous forests to urban conditions // Preprints. 2020. 2020040235. DOI 10.20944/preprints202004.0235.v1

Mikhailova T. A., Afanasieva L. V., Kalugina O. V., Shergina O. V., Taranenko E. N. Changes in nutrition and pigment complex in pine (*Pinus sylvestris* L.) needles under technogenic pollution in Irkutsk region, Russia // Journal of Forest Research. 2017. Vol. 22, № 6. P. 386–392.

Mukherjee A., Agrawal M. Use of GLM approach to assess the responses of tropical trees to urban air pollution in relation to leaf functional traits and tree characteristics // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2018. Vol. 152, Iss. 15. P. 42–54.

Oak tree-rings record spatial-temporal pollution trends from different sources in Terni (Central Italy) / A. Perone, C. Coccozza, P. Cherubini, O. Bachmann, M. Guillong, B. Lasserre, M. Marchetti, R. Tognetti // Environmental Pollution. 2018. Vol. 233. P. 278–289.

Sensula B., Opala M., Wilczyński S., Pawelczyk S. Long- and short-term incremental response of *Pinus sylvestris* L. from industrial area nearby steelworks in Silesian Upland, Poland // Dendrochronologia. 2015. Vol. 36. P. 1–12.

Vacek S., Bilek L., Schwarz O., Hejzmanová P., Mikeska M. Effect of Air Pollution on the Health Status of Spruce Stands // Mountain Research and Development. 2013. Vol. 33, № 1. P. 40–50.

Wang H., Ouyang Z., Chen W., Wang X., Zheng H. Transpiration Characteristics of Chinese Pines (*Pinus tabulaeformis*) in an Urban Environment // Designing Low Carbon Societies in Landscapes. N. Nakagoshi, A. J. Mabuhay (Eds.). Tokyo : Springer, 2014. P. 57–71.

Water, heat, and airborne pollutants effects on transpiration of urban trees / H. Wang, Z. Ouyang, W. Chen, X. Wang, H. Zheng, Y. Ren // Environmental Pollution. 2011. Vol. 159, Iss. 8–9. P. 2127–2137.

## References

Adaptation Strategies and Defence Mechanisms of Plants During Environmental Stress / E. L. Devi, S. Kumar, T. B. Singh, S. K. Sharma, A. Beemrote, C. P. Devi, S. K. Chongtham, C. H. Singh, R. Yumlembam, A. A. Haribhushan, N. Prakash, S. H. Wani // Medicinal Plants and Environmental Challenges. Cham: Springer International Publishing, 2017. P. 359–413.

Alekseev V. A. Some issues of diagnostics and classification of forest ecosystems damaged by pollution // Forest ecosystems and atmospheric pollution. Leningrad : Nauka, 1990. P. 38–54.

- Antipov V. G.* Resistance of woody plants to industrial gases. Minsk : Science and Technology, 1979. 216 p.
- Baker D. E., Chesin L.* Chemical monitoring of soil for environmental quality animal and health // *Advances in Agronomy*. 1975. Vol. 27 P. 306–366.
- Bashkortostan : A short encyclopedia. Ufa : Scientific publishing house «Bashkir Encyclopedia», 1996. 672 p.
- Bukharina I. L., Dvoeglazova A. A.* Bioecological features of herbaceous and woody plants in urban plantings. Izhevsk : Publishing house «Udmurt University», 2010. 184 p.
- Getko N. V.* Plants in a technogenic environment. Minsk : Science and Technology, 1989. 208 p.
- Kulagin A. A., Zaitsev G. A.* Sukachev's larch in extreme forest-growing conditions of the Southern Urals. M. : Nauka, 2008. 171 p.
- Kulagin A. Yu., Giniyatullin R. H., Urazgildin R. V.* The mediostabilizing role of forest plantations in the conditions of the Sterlitamak industrial center. Ufa : Gilem, 2010. 108 p.
- Kulagin A. Yu., Kagarmenov I. R., Blonskaya L. N.* Poplars in the Urals : Dendroecological characteristics and use. Ufa : Gilem, 2000. 124 p.
- Kulagin A. Yu., Tagirova O. V.* Forest plantations of the Ufa Industrial Center : the current state in the conditions of anthropogenic impacts. Ufa : Gilem, Bask. encycl. 2015. 196 p.
- Kulagin Yu. Z.* Woody plants and industrial environment. Moscow : Nauka, 1974. 124 p.
- Lakshmi P. S., Sravanti K. L., Srinivas N.* Air pollution tolerance index of various plant species growing in industrial areas // *The Ecoscan*. 2008. Vol. 2 (2). P. 203–206.
- Mc Dermot C. R., D'Amico V., Trammell T.* Sensitivity of stomate size in red maple (*Acer rubrum* L.) trees in deciduous forests to urban conditions // *Preprints*. 2020. 2020040235. DOI 10.20944/preprints202004.0235.v1
- Mikhailova T. A., Afanasieva L. V., Kalugina O. V., Shergina O. V., Taranenko E. N.* Changes in nutrition and pigment complex in pine (*Pinus sylvestris* L.) needles under technogenic pollution in Irkutsk region, Russia // *Journal Of Forest Research*. 2017. Vol. 22, № 6. P. 386–392.
- Mukherjee A., Agrawal M.* Use of GLM approach to assess the responses of tropical trees to urban air pollution in relation to leaf functional traits and tree characteristics // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018. Vol. 152, Iss. 15. P. 42–54.
- Nikolaeva S. A., Savchuk D. A.* Complex approach and methodology of reconstruction of growth and development of trees and forest communities // *Bulletin of Tomsk State University. Biology*. 2009. № 2 (6). P. 111–125.
- Oak tree-rings record spatial-temporal pollution trends from different sources in Terni (Central Italy) / *A. Perone, C. Coccozza, P. Cherubini, O. Bachmann, M. Guillong, B. Lasserre, M. Marchetti, R. Tognetti* // *Environmental Pollution*. 2018. Vol. 233. P. 278–289.
- Rozhdestvensky A. P., Zhurenko Yu. I.* Morphostructural zoning of Western Bashkiria // *Materials of the sixth All-Ural Meeting on geography and nature protection, physico-geographical zoning*. Ufa : BFAN USSR, 1961. P. 131–137.
- Sensula B., Opala M., Wilczyński S., Pawełczyk S.* Long- and short-term incremental response of *Pinus sylvestris* L. from industrial area nearby steelworks in Silesian Upland, Poland // *Dendrochronologia*. 2015. Vol. 36. P. 1–12.
- Sukachev V. N., Rauner Yu. L., Molchanov A. A., et al.* Program and methodology of biogeocenological research. Moscow : Nauka, 1966. 333 p.
- Suntsova L. N., Inshakov E. M., Kozik E. V.* Assessment of the state of the urban environment by phyto-indication method (on the example of Krasnoyarsk) // *Lesnoy zhurnal*. 2011. № 4. P. 29–32.
- Tagirova O. V.* The current state and sustainability of tree plantations in industrial centers (on the example of Ufa and Sterlitamak, Republic of Bashkortostan) // *Innovative approaches to ensuring sustainable development of socio-ecological and economic systems. Materials of the international conference*. Cassandra, Samara State University of Economics Publishing House, Samara-Tolyatti 2014. P. 205–208.

- Tarabrin V. P.* The nature of plant resistance to industrial exhalates // Adaptation of woody plants to extreme environmental conditions. Petrozavodsk: Karelian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1984. P. 90–97.
- Vacek S., Bilek L., Schwarz O., Hejzmanová P., Mikeska M.* Effect of Air Pollution on the Health Status of Spruce Stands // Mountain Research and Development. 2013. Vol. 33, № 1. P. 40–50.
- Wang H., Ouyang Z., Chen W., Wang X., Zheng H.* Transpiration Characteristics of Chinese Pines (*Pinus tabulaeformis*) in an Urban Environment // Designing Low Carbon Societies in Landscapes. N. Nakagoshi, A. J. Mabuhay (Eds.). Tokyo : Springer, 2014. P. 57–71.
- Water, heat, and airborne pollutants effects on transpiration of urban trees / *H. Wang, Z. Ouyang, W. Chen, X. Wang, H. Zheng, Y. Ren* // Environmental Pollution. 2011. Vol. 159, Iss. 8–9. P. 2127–2137.
- Yarmishko V. T., Lyanguzova I. V.* Methods of studying forest communities. St. Petersburg : NIИhimii St. Petersburg State University, 2002. 240 p.

#### **Информация об авторах**

- О. В. Тагирова* – кандидат биологических наук, доцент,  
olecyi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1615-7005>
- Р. В. Уразгильдин* – доктор биологических наук, доцент,  
urv@anrb.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2071-9306>
- Р. Х. Гиниятуллин* – доктор сельскохозяйственных наук,  
grafak2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5729-3754>
- Ю. А. Ямбаев* – доктор биологических наук, профессор,  
yanbaev\_ua@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1039-5344>
- А. Ю. Кулагин* – доктор биологических наук, профессор,  
coolagin@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7574-4547>

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

- O. V. Tagirova* – Candidate of Biological Sciences, Docent,  
olecyi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1615-7005>
- R. V. Urazgildin* – Doctor of Biological Sciences, Docent,  
urv@anrb.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2071-9306>
- R. Kh. Giniyatullin* – Doctor of Agricultural Sciences,  
grafak2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5729-3754>
- Yu. A. Yanbaev* – Doctor of Biological Sciences, Professor,  
yanbaev\_ua@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1039-5344>
- A. Yu. Kulagin* – Doctor of Biological Sciences, Professor,  
coolagin@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7574-4547>

*Статья поступила в редакцию 20.01.2023; принята к публикации 16.02.2023.*

*The article was submitted 20.01.2023; accepted for publication 16.02.2023.*

---

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 19–29

Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 19–29

Научная статья

УДК 630\*52

DOI 10.51318/FRET.2022.27.41.002

## ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА БИОМАССЫ ИВНЯКОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Андрей Алексеевич Парамонов<sup>1</sup>, Владимир Андреевич Усольцев<sup>2</sup>,  
Сергей Васильевич Третьяков<sup>3</sup>, Сергей Викторович Коптев<sup>4</sup>,  
Алексей Александрович Карабан<sup>5</sup>, Илья Васильевич Цветков<sup>6</sup>,  
Александр Владимирович Давыдов<sup>7</sup>, Иван Степанович Цепордей<sup>8</sup>

<sup>1,3,4,5,6,7</sup> Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия

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

<sup>2,8</sup> Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

<sup>3,4,5,6,7</sup> Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Усольцев Владимир Андреевич,

Usoltsev50@mail.ru

**Аннотация.** В связи с необходимостью оценки углероддепонирующей способности российских лесов получение информации о биологической продуктивности всех лесообразующих древесных пород в их возрастной динамике становится все более актуальным. Большие территории России заняты ивовыми насаждениями, которые до последнего времени не подлежали учету в системе лесного фонда. Их биологическая продуктивность и углероддепонирующая способность оставались неизвестными. Единичные исследования биомассы ивняков были выполнены на микроротационных плантациях в возрасте от 1 до 9 лет в Центрально-Черноземном регионе. Целью наших исследований были получение фактических данных о структуре надземной биомассы ивы, произрастающей в условиях северной тайги Архангельской области, и разработка моделей возрастной динамики ее фракций на уровне древостоев. По экспериментальным данным надземной биомассы, полученным на 54 пробных площадях, и данным о биомассе корней (Смирнов, 1971) составлена таблица возрастной динамики таксационных показателей и фракционного состава биомассы (т/га) в диапазоне возрастов от 15 до 40 лет. Построенные модели таксационных показателей и фракций биомассы, связанные между собой по рекурсивному принципу, адекватны фактическим данным на уровне вероятности  $p < 0,001$ . Сопоставление средних значений таксационных показателей и биомассы на 1 га ивняков Архангельской области и Швеции показало, что разница по биомассе стволов, листвы и надземной двух регионов оказалась статистически незначимой вследствие компенсации противоположных влияний густоты и среднего диаметра ивняков двух регионов.

**Ключевые слова:** *Salix caprea* L., *S. borealis* Fries., биомасса древостоев, компоненты биомассы, рекурсивные модели, возрастная динамика биомассы

**Финансирование:** публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственных заданий ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства, регистрационный номер тем АААА-А18-118030290042-6, 1022040100465-9-4.1.2; конкурса научных проектов «Молодые ученые Поморья» по гранту № 01Ф-02-08/558, а также в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

Scientific article

## AGE DYNAMICS OF WILLOW BIOMASS IN THE ARKHANGELSK REGION

Andrey A. Paramonov<sup>1</sup>, Vladimir A. Usoltsev<sup>2</sup>, Sergey V. Tretyakov<sup>3</sup>, Sergey V. Koptev<sup>4</sup>, Alexey A. Karaban<sup>5</sup>, Piya V. Tsvetkov<sup>6</sup>, Alexander V. Davydov<sup>7</sup>, Ivan S. Tsepordey<sup>8</sup>

<sup>1,3,4,5,6,7</sup> Northern (Arctic) Federal University Named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

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

<sup>2,8</sup> Botanical Garden, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>3,4,5,6,7</sup> Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia

Corresponding author: Vladimir A. Usoltsev,

Usoltsev50@mail.ru

**Abstract.** Due to the need to assess the carbon-depositing capacity of Russian forests, obtaining information on the biological productivity of all forest-forming tree species in their age dynamics is becoming increasingly relevant. Large areas of Russia are occupied by willow forests, which until recently were not subject to accounting in the forest fund system. Their biological productivity and carbon depositing capacity remained unknown. Single studies of willow biomass were carried out on micro rotation plantations aged from 1 to 9 years in the Central Chernozem region. The purpose of our research was to obtain experimental data on the structure of the aboveground biomass of willow growing in the conditions of the northern taiga of the Arkhangelsk region, and to develop models of the age dynamics of its fractions at the level of stands. Based on the experimental data of aboveground biomass obtained on 54 sample plots and data on root biomass according to V. V. Smirnov (1971), a table of age dynamics of taxation indicators and fractional composition of biomass (t/ha) in the age range from 15 to 40 years was compiled. The constructed models of taxation indicators and biomass fractions, interrelated by the recursive principle, are adequate to the initial data at the probability level  $p < 0,001$ . A comparison of the average values of taxation indicators and biomass per 1 ha of willows of the Arkhangelsk region and Sweden showed that the difference in the aboveground biomass as well as of stems and foliage one of the two regions turned out to be statistically insignificant due to compensation of the opposite the effects of the tree density and average stem diameter of the willow stands of the two regions.

**Keywords:** *Salix caprea* L., *S. borealis* Fries., biomass of stands, components of biomass, recursive models, age dynamics of biomass

**Funding:** the publication was prepared based on the results of research carried out within the framework of the state tasks of the FBU «СевНИИЛХ» for conducting applied scientific research in the field of activity of the Federal Forestry Agency, registration number of topics ААААА18-118030290042-6, 1022040100465-9-4.1.2; competition of scientific projects «Young scientists of Pomerania» under grant № 01F-02-08/558, as well as within the framework of the State Assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

### Введение

Использование биоэнергии быстро растет в связи с необходимостью сокращения выбросов парниковых газов. В европейских странах древесное топливо играет ведущую роль в попытках достичь целей Европейского союза по расширению использования возобновляемых источников энергии (Hytönen, Saarsalmi, 2015). Выращивание так называемых энергетических плантаций быстрорастущих лиственных пород деревьев сегодня широко практикуется по всему миру. Основной акцент в этих исследованиях сделан на плантациях ивы с короткой ротацией, хотя перспективны в этом отношении и другие лиственные породы деревьев, такие как тополь и ольха. Они характеризуются интенсивным внутренним круговоротом элементов питания (Zimka, Stachurski, 1976; Lennon et al., 1985), и около 30% потребности лиственных пород деревьев в азоте покрывается за счет внутреннего круговорота питательных веществ (Cole, Rapp, 1980). Высокая скорость роста этих пород приводит к интенсивному изъятию атмосферного CO<sub>2</sub> и накоплению углерода в их биомассе (Silva, 2020).

Большие территории России заняты ивовыми насаждениями, которые до последнего времени не подлежали учету в системе лесного фонда. Еще в начале прошлого века немецким ученым-лесоводом Г. Фюрстом ивовые заросли вообще исключались из понятия «лес»: «Под понятие лес не подойдут слишком ничтожные площади, занятые деревьями, равно как и ивняки, поросшие прутьями 1–2-летнего возраста» (цит. по: Керн, 1924. С. 2). В России земли, вышедшие из сельскохозяйственного пользования после 1990-х годов, интенсивно зарастают естественным путем такими видами, как ива, ольха и др. (Жижин и др., 2021). Эти лесные площади часто не подлежат инвентаризации, их вклад в углеродный бюджет лесного покрова неизвестен.

### Цель, методика и объекты исследования

Целью наших исследований были получение фактических данных о структуре надземной биомассы ивы, произрастающей в условиях северной тайги Архангельской области, и разработка

моделей возрастной динамики ее фракций на уровне древостоев.

Сбор полевого материала проводился с 2018 по 2021 гг. в Приморском, Вельском, Шенкурском, Плесецком и Верхнетоемском районах Архангельской области в древостоях, представленных видами *Salix caprea* L., *S. borealis* Fries. и их гибридными формами. Пробные площади закладывали в соответствии с ОСТ 56-69–83 «Площади пробные лесоустроительные» (ОСТ 56-69–83). Всего заложены 54 пробные площади, на которых взято по одному среднему модельному дереву. Методика работы на пробных площадях была изложена ранее (Биомасса деревьев..., 2022). По фактическим данным о биомассе модельных деревьев рассчитаны аллометрические модели (Биомасса деревьев..., 2022), использованные для расчета биомассы древостоев на 1 га по данным перечета по ступеням толщины. Для остальных лиственных пород в составе древостоев пробных площадей для расчета биомассы на 1 га использованы ранее опубликованные всеобщие аллометрические модели. В нашем исследовании биомасса корней не определялась, и для расчета моделей их биомассы использованы данные В. В. Смирнова (1971) для европейской части России. Полная характеристика полученных данных о 54 пробных площадях, заложенных в древостоях ивы, дана в табл. 1.

При моделировании возрастной динамики биомассы ивняков за основу взята методика построения таблиц биологической продуктивности по классам бонитета сосняков лесостепной зоны, в основу которой положен рекурсивный принцип совмещения зависимостей для таксационных показателей таблицы (Усольцев, 1987, 1988). В настоящей работе имеющийся экспериментальный материал не дает возможности построения таблиц по классам бонитета, и методика, соответственно, была упрощена с сохранением рекурсивного принципа моделирования (Маленко, 1976).

Рассчитана цепочка связанных (рекурсивных) моделей, имеющих общий вид

$$\ln Y = a_0 + a_1 (\ln A) + a_2 (\ln D) + a_3 (\ln N) + a_4 (\ln Ps), \quad (1)$$

где  $Y$  – одна из зависимых переменных. Результаты расчета сведены в табл. 2.

Таблица 1  
Table 1

Фактические данные о биомассе ивовых древостоев, заложенных  
на 54 пробных площадях Архангельской области  
Empirical data on the biomass of willow stands established  
on 54 sample plots of the Arkhangelsk region

№ ПП № PP	Состав Composition	A, лет A, years	N, экз/га N, ex/ha	D, см D, cm	H, м H, m	M, м³/га M, m³/ha	Биомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га Biomass in dry condition, t per ha						
							Ps	Pbk	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	9Ив1Ол, ед Ос	16	2750	7,8	8,8	70,8	31,6	4,4	6,0	1,1	38,5	12,0	50,5
2	10Ив, ед Б	15	5700	5,1	8,0	55,4	24,2	4,1	4,2	0,8	29,0	9,1	38,1
3	8Ив2Б	33	2775	9,1	7,8	102,1	45,5	6,1	9,0	1,3	55,6	17,8	73,4
4	7Ив2Б1Чер, ед Ос, Ол, Ряб	30	4600	8,3	7,8	143,0	62,1	8,5	12,8	1,8	76,3	25,2	101,5
5	6Ив3Ол1Б, ед С, Е	30	5250	7,1	10,5	109,3	53,4	7,0	8,3	2,1	63,7	17,5	81,3
6	5Ив3Ол2Б, ед С, Ос	35	6475	7,2	10,1	141,8	65,4	9,1	10,2	2,7	78,4	21,7	100,1
7	10Ив, ед Ол, Чер	35	5150	8,7	8,4	170,9	73,0	10,3	15,6	2,0	90,1	30,7	120,8
8	10Ив, ед Ол	34	6500	7,9	9,6	170,3	73,1	10,7	15,0	2,1	89,7	30,1	119,8
9	10Ив	28	4450	7,6	10,4	108,0	46,5	6,9	9,3	1,3	56,8	18,9	75,8
10	9Ив1Ол, ед Чер, Ряб	23	4450	9,6	8,7	195,4	83,9	10,6	19,2	2,2	104,1	35,9	140,0
11	9Ив1Ол, ед Б	30	4250	7,3	8,8	99,3	44,3	6,1	8,3	1,4	53,8	16,9	70,7
12	8Ив2Ол, ед Б, Ос	30	4975	7,5	9,9	119,8	55,6	7,4	9,8	2,0	67,2	19,9	87,1
13	6Ив3Ол1Б, ед Ряб	24	6500	8,0	9,9	181,5	84,8	11,1	14,9	3,0	102,3	30,3	132,5
14	4Ив4Ол2Б	23	7025	6,9	10,3	136,3	62,8	9,0	9,6	2,8	75,3	20,5	95,8
15	6Ив3Ол1Б	24	6525	7,3	9,9	145,6	63,8	9,4	11,5	2,3	77,5	23,8	101,3
16	6Ив2Ол2Б, ед Ряб	23	7150	6,7	10,3	129,3	61,0	8,6	9,3	2,4	72,7	19,8	92,5
17	8Ив2Ос, ед Б	24	6225	7,4	11,6	147,7	72,7	9,0	13,4	2,5	88,2	24,8	113,0
18	8Ив2Ос, ед Б	26	2925	9,9	12,4	139,3	77,3	7,5	15,0	2,3	93,8	26,4	120,2
19	8Ив2Ос, ед Б	25	4425	9,0	13,9	170,2	100,1	9,3	18,8	2,9	120,6	33,9	154,4
20	8Ив1Ос1Б	25	5400	7,1	12,1	118,9	54,0	7,2	10,7	1,8	66,1	19,9	86,0
21	9Ив1Ос, ед Б	34	5600	7,3	11,8	127,7	56,7	7,9	11,4	1,8	69,6	22,0	91,5
22	9Ив1Ол, ед Б	15	6000	3,6	9,0	26,5	11,6	2,2	1,8	0,5	13,8	4,1	17,9
23	6Ив3Б1Ол, ед Ос	22	5675	6,1	9,0	87,6	38,9	5,6	6,6	1,5	46,8	13,5	60,3
24	4Ив3Б3Ол, ед Ос	27	5625	6,4	9,0	95,8	45,3	6,3	6,5	1,9	53,8	14,1	67,9
25	8Ив2Ол, ед Б	26	7725	6,1	9,9	115,0	56,5	7,8	8,3	2,2	66,9	18,2	85,1
26	6Ив4Ол, ед Б	25	4450	8,7	11,5	152,7	78,3	8,9	10,4	2,6	91,3	23,3	114,6
27	9Ив1Ол, ед Б	35	3975	9,8	13,3	182,4	78,2	9,8	18,1	2,1	97,3	33,7	131,0
28	10Ив, ед Ол	25	4525	8,3	13,2	149,3	62,9	8,1	15,8	1,6	78,9	28,4	107,3
29	10Ив	35	4775	11,4	9,3	308,5	129,4	15,9	32,8	3,2	163,0	59,1	222,1
30	10Ив	34	4525	10,6	9,2	250,0	104,9	13,0	26,5	2,6	132,1	47,8	179,9
31	10Ив, ед Ос	36	4150	10,9	10,7	246,4	104,0	12,7	26,2	2,6	130,9	46,7	177,6

Окончание табл. 1  
The end of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
32	10Ив, ед Ос	35	4325	11,4	9,7	293,2	125,9	14,3	32,7	3,1	158,9	56,2	215,0
33	10Ив, ед Ос	35	5100	11,4	9,7	337,8	141,4	17,1	36,9	3,4	178,7	65,4	244,1
34	10Ив, ед Ол	32	3775	10,4	10,6	193,8	81,8	10,5	19,6	2,1	102,3	36,3	138,6
35	10Ив	30	3950	9,5	9,9	168,6	71,1	9,2	17,2	1,8	88,9	31,6	120,6
36	9Ив1Ол	30	4875	8,8	10,2	181,5	77,4	9,8	18,5	2,1	96,7	33,9	130,6
37	10Ив, ед Ол	32	3250	10,1	10,2	164,9	69,2	8,6	17,6	1,7	87,1	31,6	118,7
38	10Ив	36	3325	10,9	10,7	197,3	82,7	10,2	21,1	2,0	104,2	37,8	142,0
39	10Ив, ед Чер	35	4125	10,4	11,8	217,3	91,4	11,6	22,6	2,3	114,8	41,2	156,0
40	10Ив	38	3550	11,3	11,4	238,6	99,3	11,6	27,2	2,3	126,2	47,1	173,3
41	10Ив, ед Ол	35	5100	8,8	12,5	193,7	81,6	10,3	20,4	2,1	102,5	36,8	139,3
42	10Ив	34	3925	10,0	11,7	191,8	80,5	10,0	20,4	2,0	101,3	36,7	138,0
43	5Ив5Ол, ед С, Е, Б, Ос	28	8325	5,6	9,7	104,6	46,8	7,2	8,1	2,7	57,4	16,2	73,6
44	4Ив4Ол1Б1Ос, ед Е	30	6025	7,3	11,1	140,1	66,0	8,7	11,9	3,2	81,0	21,7	102,6
45	6Ол4Ив, ед С, Е, Б	26	5375	5,4	9,5	62,3	27,8	4,3	4,7	1,6	34,0	9,7	43,8
46	6Ол4Ив, ед С, Б	29	6125	7,6	10,3	151,9	72,5	9,4	11,3	3,5	87,5	23,5	111,0
47	6Ол3Ив1Б, ед Е, Ос	29	5300	7,2	11,6	120,5	57,4	7,4	9,7	2,8	69,9	18,4	88,3
48	5Ол4Ив1Ос, ед Е, Б	28	4650	8,4	9,8	149,0	73,6	8,5	13,2	3,0	89,5	23,7	113,3
49	7Ол3Ив	22	8100	6,7	9,1	156,4	76,0	9,7	10,8	3,6	90,6	23,5	114,0
50	7Ол3Ив	23	6325	6,6	8,6	114,4	55,7	7,3	7,6	2,8	66,3	16,9	83,1
51	5Ив5Ол, ед Б, Ос	18	7125	5,9	8,0	99,0	47,2	6,8	7,0	2,5	56,8	14,7	71,5
52	5Ив5Ол, ед Б	25	4450	11,0	13,5	259,4	135,0	13,8	18,6	4,1	157,4	40,6	198,0
53	7Ол3Ив, ед Е, Б	31	4825	11,8	14,5	339,3	173,7	17,4	25,0	5,2	203,2	53,2	256,5
54	7Ив2Чер1Ол, ед Ос, Ряб	40	975	19,6	13,0	213,0	91,5	9,3	25,2	2,1	116,2	42,0	158,2

Примечание. *A* – возраст древостоя, лет; *D* – средний диаметр древостоя, см; *H* – средняя высота древостоя, м; *N* – число деревьев на 1 га; *Ps* – биомасса ствола в коре, т/га; *M* – запас стволовой древесины в коре, м<sup>3</sup>/га; *Ps, Pbk, Pb, Pf, Pr, Pa* и *Pt* – биомасса соответственно ствола в коре, коры ствола, ветвей, листвы, корней, надземная и общая, т/га.

Note. *A* – is the age of the stand, years; *D* – is the average diameter of the stand, cm; *H* – is the average height of the stand, m; *N* – is the number of trees per 1 ha; *Ps* – is the biomass of the trunk in the bark, t/ha; *M* – is the stock of stem wood in the bark, m<sup>3</sup>/ha; *Ps, Pbk, Pb, Pf, Pr, Pa* and *Pt* – are the biomass of the trunk in the bark, trunk bark, branches, foliage, roots, aboveground and total, t/ha, respectively.

Независимые переменные в моделях (1) объясняют от 48 до 99% изменчивости соответствующих зависимых переменных, за исключением модели, описывающей зависимость средней высоты древостоя от его возраста, где коэффициент детерминации составил всего 0,228 (см. табл. 2). Но даже в этом случае регрессионный коэффициент достоверен на уровне  $p < 0,001$  ( $t = 3,98 > t_{99} = 3,29$ ). О степени адекватности системы моделей (1) можно судить по соотношению эмпирических и расчет-

ных значений надземной и общей биомассы древостоев (рисунок).

Последовательным табулированием системы моделей (1), представленных в табл. 2, мы получили таблицу возрастной динамики таксационных показателей и фракций биомассы ивняков в возрастном диапазоне от 15 до 40 лет (табл. 3).

На территории России данные о надземной биомассе ивняков на 1 га представлены лишь двумя авторами (Горобец, 1992; Логинова, 2007),

определившими ее в микроротационных плантациях в возрасте от 1 до 9 лет без указания таксационных показателей древостоев. Поскольку наши модели действительны в возрастном диапазоне от 15 до 40 лет, какое-либо сопоставление упомянутых данных с нашими практически невозможно. За рубежом ивняки исследуются довольно интенсивно, но фактические данные о их биомассе на 1 га исследователями обычно не приво-

дятся. Единственная возможность сопоставить наши данные с данными других авторов имеется в работе по ивнякам (*Salix caprea* L.) Швеции (Johansson, 2011). Поскольку упомянутые материалы по Швеции представлены не фактическими данными, а в их статистической обработке, мы выполнили подобный статистический анализ наших данных, и результаты обоих источников показаны в табл. 4.

Таблица 2

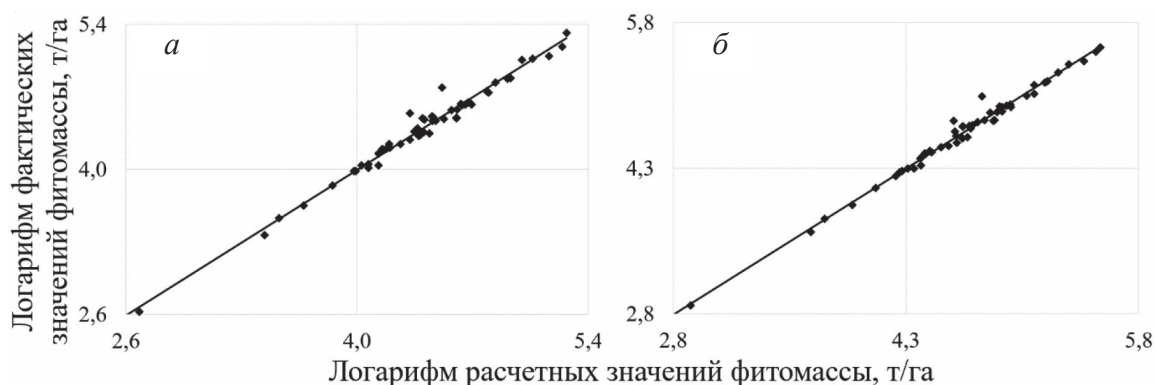
Table 2

Характеристика рекурсивной системы моделей (1)  
Characteristics of recursive models (1)

Зависимая переменная Dependent variable	Коэффициенты Coefficients					adjR <sup>2</sup> *	SE*
	$a_0$	$a_1$ (ln $A$ )	$a_2$ (ln $D$ )	$a_3$ (ln $N$ )	$a_4$ (ln $Ps$ )		
ln $D$	-0,6550	0,8346	–	–	–	0,479	0,19
ln $H$	1,8177	0,2502	–	–	–	0,228	0,12
ln $N$	9,7128	0,3344	-1,0991	–	–	0,535	0,23
ln $M$	-8,7493	–	2,3697	1,0307	–	0,995	0,03
ln $Ps$	-9,7756	–	2,3449	1,0648	–	0,969	0,08
ln $Pbk$	-1,0744	–	-0,1799	–	0,8600	0,959	0,07
ln $Pb$	-11,0469	–	2,7382	0,9241	–	0,944	0,13
ln $Pf$	-12,9473	–	1,7250	1,1921	–	0,692	0,22
ln $Pr$	-10,3292	–	2,5606	0,9617	–	0,972	0,08
ln $Pa$	-9,5594	–	2,3835	1,0534	–	0,977	0,07
ln $Pt$	-9,2099	–	2,4281	1,0329	–	0,984	0,06

\*  $adjR^2$  – коэффициент детерминации, скорректированный на число переменных;  $SE$  – стандартная ошибка уравнения.

\*  $adjR^2$  – coefficient of determination  $adj$ usted for the number of variables;  $SE$  – standard error of the equation.



Соотношение фактических и расчетных значений надземной (а) и общей (б) биомассы ивняков Архангельской области

Figure. The ratio of empirical and calculated values of aboveground (a) and total (b) willow biomass of the Arkhangelsk region

Таблица 3  
Table 3

Возрастная динамика биомассы ивняков Архангельской области\*  
Age dynamics of willow stand biomass in the Arkhangelsk region

A, лет A, years	D, см D, cm	H, м H, m	N, экз/га N, ex/ha	M, м <sup>3</sup> /га M, m <sup>3</sup> /ha	Биомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га Biomass in dry condition, t per ha						
					P <sub>s</sub>	P <sub>bk</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>f</sub>	P <sub>a</sub>	P <sub>r</sub>	P <sub>t</sub>
15	5,1	12,2	7050	68,7	32,1	5,0	4,9	1,6	38,6	10,5	49,1
20	6,4	13,1	5962	102,2	47,1	6,7	8,1	1,9	57,2	16,5	73,7
25	7,8	13,9	5234	138,9	63,5	8,4	12,0	2,3	77,8	23,5	101,3
30	9,0	14,5	4707	178,5	81,1	10,1	16,5	2,6	100,2	31,3	131,5
35	10,3	15,1	4302	220,8	99,6	11,8	21,6	2,9	124,1	39,9	164,1
40	11,5	15,6	3980	265,3	119,0	13,5	27,3	3,2	149,6	49,3	198,9

\* Значение надземной биомассы получено сложением расчетных значений биомассы ствола в коре, ветвей и листы, а значение общей биомассы P<sub>t</sub> получено сложением значений P<sub>a</sub> и P<sub>r</sub>:

\* The aboveground biomass value is obtained by adding the calculated values of the stem bark, branches and foliage biomass, and the total P<sub>t</sub> biomass value is obtained by adding the P<sub>a</sub> and P<sub>r</sub> values.

Таблица 4  
Table 4

Результаты статистической обработки исходных данных ивняков  
Архангельской области и Швеции  
The results of statistical analysis of the experimental data of the willow stands  
of the Arkhangelsk region and Sweden

Анализируемые показатели Analyzed indicators	Статистики анализируемых показателей Statistics of the analyzed indicators					Достоверность различия (t) между нашими и шведскими данными The validity of the difference (t) between our and Swedish data
	Среднее значение Average value	Минимальное значение Minimum value	Максимальное значение Maximum value	Стандартное отклонение Standard deviation	Число наблюдений Number of observations	
1	2	3	4	5	6	7
Архангельская область Arkhangelsk region						
Возраст Age	29	15	40	6	54	-3,0
Средний диаметр Average diameter	8,5	3,6	19,6	2,4	54	-20,5
Число стволов на 1 га Number of trunks per 1 ha	5063	975	8325	1421	54	16,9
Биомасса, т/га: Biomass, t/ha:						
стволов trunks	73	12	174	30	54	0,6
ветвей branches	15	2	37	8	54	-3,8

Окончание табл. 4  
The end of table 4

1	2	3	4	5	6	7
листвы foliage	2,3	0,5	5,2	1	54	1,5
надземная aboveground	89	14	203	37	54	-0,5
Швеция Sweden (Johansson, 2011)						
Возраст Age	37	5	66	14	27	–
Средний диаметр Average diameter	15,9	1,0	30,9	0,7	27	–
Число стволов на 1 га Number of trunks per 1 ha	1030	222	3000	727	27	–
Биомасса, т/га: Biomass, t/ha:						–
стволов trunks	68	4	141	35	27	–
ветвей branches	26	1	57	14	27	–
листвы foliage	2	1	5	1	27	–
надземная aboveground	95	4	203	50	27	–

Из данных табл. 4 следует, что при различии среднего возраста ивняков двух регионов на уровне  $p < 0,01$  и при различии среднего диаметра и густоты на уровне  $p < 0,001$  разница по биомассе стволов, листвы и надземной статистически незначима на уровне  $p < 0,05$ . По-видимому, влияние 5-кратно большей густоты ивняков Архангельской области относительно таковой в Швеции компенсируется противоположным влиянием почти 2-кратно меньшего среднего диаметра (см. табл. 4).

### Заключение

Таким образом, по экспериментальным данным надземной биомассы ивняков Архангельской области, полученным на 54 пробных площадях,

и данным о биомассе корней (Смирнов, 1971) составлена таблица возрастной динамики таксационных показателей и фракционного состава биомассы в диапазоне возрастов от 15 до 40 лет. Построенные модели таксационных показателей и фракций биомассы, связанные между собой по рекурсивному принципу, объясняют от 23 до 99% изменчивости соответствующих зависимых переменных при значимости всех регрессионных коэффициентов на уровне вероятности  $p < 0,001$ . Установлено отсутствие статистически значимых различий средних показателей биомассы на 1 га в условиях Архангельской области и Швеции. Предложенные модели и таблицы могут быть полезны при оценке углероддепонирующей способности ивняков Архангельской области.

### Список источников

- Биомасса деревьев ивы и ее аллометрические модели в условиях Архангельской области / А. А. Парамонов, В. А. Усольцев, С. В. Третьяков, С. В. Коптев, А. А. Карaban, И. В. Цветков, А. В. Давыдов, И. С. Цепордей // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 4. С. 10–19.
- Горобец А. И. Биологическая продуктивность и хозяйственное значение некоторых видов ив ЦЧР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Горобец Александр Иванович. Воронеж : ВЛТИ, 1992. 18 с.

- Жижин С. М., Магасумова А. Г., Оплетев А. С.* Заращение древесной растительностью сельскохозяйственных угодий в южной подзоне тайги Республики Удмуртия // Вестник Бурятской сельскохозяйственной академии. 2021. № 2 (63). С. 84–91.
- Керн Э. Э.* Основы лесоводства. Москва : Новая деревня, 1924. 307 с.
- Логинова Л. А.* Продуктивность ивовых ценозов в Центральном Черноземье и перспективы создания энергетических плантаций : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Логинова Людмила Александровна. Воронеж : ВГЛТА, 2007. 19 с.
- Маленко Э.* Статистические методы эконометрии. Москва : Статистика, 1976. Вып. 2. 325 с.
- Смирнов В. В.* Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР. Москва : Наука, 1971. 362 с.
- Усольцев В. А.* Динамика биологической продуктивности сосняков Казахского мелкосопочника // Лесная таксация и лесоустройство : межвузовский сборник научных трудов. Красноярск : СибТИ, 1987. С. 97–104.
- Усольцев В. А.* Принципы и методика составления таблиц биопродуктивности древостоев // Лесоведение. 1988. № 2. С. 24–33.
- Cole D. W., Rapp M.* Elemental cycling in forest ecosystems // Reichle D. E. (ed.). Dynamic properties of forest ecosystems. International Biological Programme 23. Cambridge University Press, Cambridge, 1980. P. 341–409.
- Hytönen J., Saarsalmi A.* Biomass production of coppiced grey alder and the effect of fertilization // Silva Fenn. 2015. Vol. 49 (1). Article id1260.
- Johansson T.* Biomass of sallow (*Salix caprea* L.). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Energy and Technology. Report 031. Uppsala, 2011. 32 p.
- Lennon J. M., Aber J. D., Melillo J. M.* Primary production and nitrogen allocation of field grown sugar maples in relation to nitrogen availability // Biogeochemistry. 1985. Vol. 1 (2). P. 135–154.
- Silva G. M.* Influência da Mudança do Uso da Terra no Estoque de Biomassa Acima do Solo em Florestas Secundárias durante os Anos de 2000 e 2014 No Estado do Pará, Brasil. Dissertação. Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2020. 65 p.
- Zimka J. R., Stachurski A.* Vegetation as a modifier of carbon and nitrogen transfer to soil in various types of forest ecosystems // Ekologia Polska. 1976. Vol. 24. P. 493–514.

## References

- Biomass of willow trees and its allometric models on the conditions of the Arkhangelsk region / *A. A. Paramonov, V. A. Usoltsev, S. V. Tretyakov, S. V. Koptev, A. A. Karaban, I. V. Tsvetkov, A. V. Davydov, I. S. Tsepordey* // Forests of Russia and the economy in them. 2022. № 4. P. 10–19.
- Cole D. W., Rapp M.* Elemental cycling in forest ecosystems // Reichle D. E. (ed.). Dynamic properties of forest ecosystems. International Biological Programme 23. Cambridge University Press, Cambridge, 1980. P. 341–409.
- Gorobets A. I.* Biological productivity and economic significance of some *Salix* species of Central Chernozem region : Abstract. diss. ... candidate of agricultural Sciences. Voronezh : VLTI, 1992. 18 p.
- Hytönen J., Saarsalmi A.* Biomass production of coppiced grey alder and the effect of fertilization // Silva Fenn. 2015. Vol. 49 (1). Article id1260.
- Johansson T.* Biomass of sallow (*Salix caprea* L.). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Energy and Technology. Report 031. Uppsala, 2011. 32 p.
- Kern E. E.* Fundamentals of forestry. Moscow : Novaya Derevnya, 1924. 307 p.
- Lennon J. M., Aber J. D., Melillo J. M.* Primary production and nitrogen allocation of field grown sugar maples in relation to nitrogen availability // Biogeochemistry. 1985. Vol. 1 (2). P. 135–154.

- Loginova L. A.* Productivity of willow cenoses in the Central Chernozem region and prospects for the establishment of energy plantations : Abstract. dis. ... Candidate of Agricultural Sciences. Voronezh : VGLTA, 2007. 19 p.
- Malinvaud E.* Statistical methods of econometrics. Issue 2. Moscow : Statistika, 1976. 325 p.
- Silva G. M.* Influência da Mudança do Uso da Terra no Estoque de Biomassa Acima do Solo em Florestas Secundárias durante os Anos de 2000 e 2014 No Estado do Pará, Brasil. Dissertação. Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2020. 65 p.
- Smirnov V. V.* Organic mass in some forest phytocenoses of the European part of the USSR. Moscow : Nauka, 1971. 362 p.
- Usoltsev V. A.* Dynamics of biological productivity of pine forests on Kazakh Small Hills // Forest taxation and forest management: Inter-university collection of scientific works. Krasnoyarsk : SibTI, 1987. P. 97–104.
- Usoltsev V. A.* Principles and methods of compiling stand bioproductivity tables // Soviet Forest Sciences (Lesovedenie). 1988. № 2. P. 23–32.
- Zhizhin S. M., Magasumova A. G., Opletaev A. S.* Overgrowth of woody vegetation of agricultural lands in the southern taiga subzone of the Republic of Udmurtia // Bulletin of the Buryat Agricultural Academy. 2021. No. 2 (63). P. 84–91.
- Zimka J. R., Stachurski A.* Vegetation as a modifier of carbon and nitrogen transfer to soil in various types of forest ecosystems // Ekologia Polska. 1976. Vol. 24. P. 493–514.

#### **Информация об авторах**

- А. А. Парамонов – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник,*  
a.paramonov@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0961-221X>
- В. А. Усольцев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,*  
Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>
- С. В. Третьяков – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,*  
s.v.tretyakov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>
- С. В. Коптев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,*  
s.koptev@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>
- А. А. Карабан – лаборант-исследователь, аспирант,*  
karaban@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2934-0303>
- И. В. Цветков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник,*  
i.tsvetkov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1559-32540>
- А. В. Давыдов – лаборант-исследователь, магистрант,*  
davydov.a@edu.narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4328-7040>
- И. С. Цепордей – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник,*  
ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>

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

- A. A. Paramonov – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher*  
a.paramonov@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0961-221X>
- V. A. Usoltsev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,*  
Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>
- S. V. Tretyakov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,*  
s.v.tretyakov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>
- S. V. Koptev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,*  
s.koptev@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>

*A. A. Karaban – laboratory researcher, post-graduate student,*

karaban@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2934-0303>

*I. V. Tsvetkov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, senior researcher,*

i.tsvetkov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1559-32540>

*A. V. Davydov – laboratory researcher, Master's student,*

davydov.a@edu.narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4328-7040>

*I. S. Tsepordey – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher,*

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

*Статья поступила в редакцию 10.01.2023; принята к публикации 24.01.2023.*

*The article was submitted 10.01.2023; accepted for publication 24.01.2023.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 30–40  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 30–40

Научная статья

УДК 630\*52

DOI 10.51318/FRET.2023.89.74.003

## БИОМАССА ПОДЛЕСОЧНЫХ ВИДОВ УРАЛА И ЕЕ АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Владимир Андреевич Усольцев<sup>1</sup>, Иван Степанович Цепордей<sup>2</sup>,  
Алина Флоритовна Уразова<sup>3</sup>, Александр Вячеславович Борников<sup>4</sup>

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

<sup>1,2</sup> Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

<sup>4</sup> Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

<sup>1</sup> Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

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

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

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

**Аннотация.** В связи с изменением климата существенно возросла актуальность оценки биомассы и углероддепонирующей способности лесов на континентальном и глобальном уровнях. Для этих целей формируются глобальные базы данных о биомассе и первичной продукции деревьев и древостоев как для основного, так и для нижнего яруса. Однако данные о биомассе растений подлесочных видов для лесов России представлены лишь в единичных работах. Целью наших исследований были получение фактических данных о структуре надземной биомассы подлесочных видов, произрастающих в условиях средней и южной тайги Урала, и разработка аллометрических моделей для фракций биомассы. В результате выполненных исследований впервые для лесов Урала получены фактические данные о биомассе и годовом приросте подлеска 9 видов в количестве 102 растений. Предложенные аллометрические модели для фракций надземной биомассы растений подлеска характеризуются высокими показателями адекватности исходным данным на уровне вероятности  $p < 0,001$ . Аллометрические модели биомассы и ее годового прироста дают возможность оперативной оценки биомассы и чистой первичной продукции подлесочных видов на единице площади лесов Урала, а также для оценки вклада нижних ярусов в их углероддепонирующую способность.

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

**Финансирование:** публикация подготовлена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

**Благодарности:** авторы благодарят канд. с.-х. наук И. Е. Бергмана за ценные замечания при подготовке рукописи к изданию, а также его, А. С. Касаткина, А. С. Жанабаеву и П. Уразова за активное участие в получении экспериментальных данных на пробных площадях.

Scientific article

## BIOMASS OF THE UNDERWOOD PLANTS IN THE URAL AND ITS ALLOMETRIC MODELS

Vladimir A. Usoltsev<sup>1</sup>, Ivan S. Tsepordey<sup>2</sup>, Alina F. Urazova<sup>3</sup>, Aleksandr V. Bornikov<sup>4</sup>

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

<sup>1,2</sup> Botanical Garden, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>4</sup> Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia, 460014

<sup>1</sup> Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

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

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

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

**Abstract.** Due to climate change, the relevance of assessing biomass and carbon depositing capacity of forests at the continental and global levels has significantly increased. For these purposes, global databases on biomass and primary production of trees and stands are being formed, both for the main canopy and for the underwood story. However, data on the biomass of underwood plants for Russian forests are presented only in seldom works. The purpose of our research was to obtain the empirical data on the structure of the aboveground biomass of underwood species growing in the conditions of the middle and southern taiga of the Urals, and to develop allometric models for biomass components. As a result of the performed studies, for the first time in the forests of the Urals, the empirical data on biomass and annual growth of underwood story in the amount of 102 plants of 9 species were obtained. The proposed allometric models for components of aboveground biomass of underwood plants are characterized by high indicators of adequacy of the initial data at the probability level  $p < 0.001$ . Allometric models of biomass and its annual increment make it possible to quickly assess the biomass and net primary production of underwood species per unit area of forests in the Urals, as well as to assess the contribution of the underwood story to their carbon depositing capacity.

**Keywords:** underwood story, underwood plant species, aboveground biomass, annual biomass growth, biomass components, allometric models

**Funding:** the publication was prepared as part of the State Assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

**Acknowledgements:** the authors thank the Candidate of Agricultural Sciences I.E. Bergman for valuable comments during the preparation of the manuscript for publication, as well as him, A. S. Kasatkin, A. S. Zhanabaeva and P. Urazov for their active participation in obtaining experimental data on trial areas.

### Введение

В связи с изменением климата существенно возросла актуальность оценки биомассы и углероддепонирующей способности лесов на континентальном и глобальном уровнях. Для подобных оценок формируются базы данных о биомассе и первичной продукции насаждений лесобразующих видов (Cannell, 1982; Усольцев, 2010; Usoltsev, 2020b), в которых основное внимание уделено древесному ярусу. Биомасса нижнего яруса определяется до-

вольно редко, причем дается совокупный показатель для подлеска, подроста и живого напочвенного покрова (Усольцев, 2010). Биомасса названных компонентов нижнего яруса приводится обычно в неполном составе, и при этом неизвестно, например, подлесок не интересовал исследователя или его не было под пологом древесного яруса. На уровне модельных деревьев аналогичная ситуация с имеющимися базами данных, которые включают информацию о биомассе лесобразующих древесных

видов основного полога (Falster et al., 2015; Усольцев, 2016a; Usoltsev, 2020a), а данные о биомассе растений подлеска и подроста приводятся лишь в единичных работах (Bergman, Nesterkov, 2021; приложение: <https://www.gbif.org/dataset/61384edd-2d0a-437b-8cf0-ff4d2dfcc0da>). В локальных условиях местообитаний даются сведения о биомассе подроста и подлеска в расчете на 1 га (Пристова, 2020), но подобные данные трудно экстраполировать на другие местообитания.

Поскольку некоторые виды подлеска обладают полезными пищевыми и лекарственными свойствами, приводятся данные по фитохимическому составу, фармакологическому действию и урожайности плодов (Лихитченко, 2004; Гладышева, 2006; Нечаев, 2021; Рост и развитие..., 2022), данные о кормовой биомассе подлеска, поедаемой животными (Потапов и др., 2006; Rajtik, Konôpka, 2015), а также о биологических и декоративных свойствах некоторых видов кустарников (Айшук, Сарсекова, 2022).

Для прогнозирования биомассы растений наиболее распространенным и широко признанным методом является использование аллометрических уравнений (Fischer et al., 2019). Самое большое преимущество аллометрических уравнений заключается в том, что они позволяют легко оценить биомассу без трудоемкого и дорогостоящего деструктивного выборочного учета (sampling). Обширные сводки таких уравнений предназначены как для верхнего яруса леса (Ter-Mikaelian, Korzukhin, 1997; Jenkins et al., 2004; Zianis et al., 2005; Luo et al., 2020), так и для подлесочных видов (Brown, 1976; Grigal, Ohmann, 1977; Smith, Brand, 1983; Elliott, Clinton 1993; Vidrih et al., 2009). Для Уральского региона предложены аллометрические модели для основных лесообразующих видов (Усольцев и др., 2022), но для подлеска подобные модели отсутствуют.

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

Целью наших исследований были получение фактических данных о структуре надземной биомассы подлесочных видов, произрастающих в условиях средней и южной тайги Урала, и разработка аллометрических моделей для фракций

биомассы. Исследования проведены в градиентах загрязнений от Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ) и Карабашского медеплавильного комбината (КМК) в спелых елово-пихтовых, сосновых и березовых насаждениях. Характеристика объектов исследований, а также методика получения экспериментальных данных о биомассе подлесочных видов были детально изложены ранее (Усольцев и др., 2012), и здесь они не приводятся. Необходимо лишь отметить некоторую неопределенность, связанную с методикой определения годичного прироста биомассы, который быть завышен. Причина возможного завышения в том, что возраст растений определялся простым подсчетом годичных колец непосредственно на пробной площади. У некоторых подлесочных видов, например у можжевельника, годичные кольца могут быть очень узкие или выпадать. Соответственно, без микроскопа в лабораторных условиях и без последующей перекрестной датировки точный возраст установить невозможно, а занижение возраста означает завышение прироста.

В ходе работы на пробных площадях в названных объектах и при обработке данных о биомассе деревьев основного полога было установлено, что по мере приближения к источникам загрязнений биомасса и первичная продукция древесного яруса (т/га) снижаются в обоих градиентах. Изменение биомассы и первичной продукции нижнего яруса (т/га) неоднозначно: в градиенте загрязнений от СУМЗ названные показатели по мере приближения к источнику загрязнений увеличиваются, а в градиенте загрязнений от КМК, напротив, снижаются. Но биомасса деревьев ели, пихты, сосны и березы в градиентах загрязнений остается практически неизменной. Это дает нам основание предположить, что биомасса подлеска на уровне отдельных растений в двух градиентах загрязнений также остается неизменной. По крайней мере, установить достоверность различия биомассы растений как между двумя объектами, так и по мере удаления от источников загрязнений не представляется возможным в силу большой неучтенной изменчивости структуры верхнего яруса. Полная характеристика полученных данных о 102 модельных растениях 9 подлесочных видов дана в табл. 1.

Таблица 1  
Table 1

Характеристика исходных данных  
Characteristics of the experimental data

$D_0$	$A$	$H$	$P_f$	$P_a$	$Z_f$	$Z_a$	$D_0$	$A$	$H$	$P_f$	$P_a$	$Z_f$	$Z_a$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Рябина ( <i>Sorbus aucuparia</i> L.)							Черемуха ( <i>Prunus padus</i> L.)						
46,0	37	490	0,0714	2,3049	0,0714	0,1318	13,0	8	168	0,0192	0,0672	0,0192	0,0252
25,0	20	400	0,0032	0,3775	0,0032	0,0219	5,0	1	76	0,0026	0,0067	0,0013	0,0074
30,0	25	531	0,0141	0,8486	0,0141	0,0475	20,0	12	163	0,0223	0,1854	0,0223	0,0359
11,0	13	119	0,0067	0,0440	0,0067	0,0095	17,0	8	112	0,0112	0,1312	0,0112	0,0262
5,0	3	104	0,0001	0,0109	0,0001	0,0037	13,0	8	302	0,0043	0,0931	0,0043	0,0154
24,0	12	399	0,0158	0,3334	0,0158	0,0422	5,0	3	62	0,0032	0,0095	0,0032	0,0053
5,0	7	80	0,0017	0,0086	0,0017	0,0027	21,0	13	210	0,0400	0,2965	0,0400	0,0597
8,0	10	134	0,0050	0,0274	0,0050	0,0073	12,0	7	186	0,0068	0,0541	0,0068	0,0136
14,0	8	256	0,0073	0,0922	0,0073	0,0179	16,0	10	270	0,0400	0,1825	0,0400	0,0543
11,0	9	147	0,0069	0,0452	0,0069	0,0112	7,0	5	91	0,0028	0,0125	0,0028	0,0047
19,0	11	254	0,0106	0,1309	0,0106	0,0215	4,0	3	40	0,0032	0,0095	0,0032	0,0053
4,0	2	31	0,0002	0,0010	0,0002	0,0006	30,0	13	290	0,0400	0,5245	0,0400	0,0773
28,0	15	224	0,0360	0,5995	0,0360	0,0736	13,0	8	168	0,0192	0,0672	0,0192	0,0252
6,0	4	74	0,0014	0,0104	0,0014	0,0037	5,0	1	76	0,0026	0,0067	0,0013	0,0074
8,0	5	170	0,0040	0,0251	0,0040	0,0082	20,0	12	163	0,0223	0,1854	0,0223	0,0359
4,0	2	45	0,0006	0,0021	0,0006	0,0014	17,0	8	112	0,0112	0,1312	0,0112	0,0262
55,0	22	523	0,2590	3,2090	0,2590	0,3931	13,0	8	302	0,0043	0,0931	0,0043	0,0154
14,5	7	200	0,0195	0,1096	0,0195	0,0324	5,0	3	62	0,0032	0,0095	0,0032	0,0053
19,5	9	281	0,0312	0,2432	0,0312	0,0548	21,0	13	210	0,0400	0,2965	0,0400	0,0597
33,5	22	400	0,1950	1,3610	0,1950	0,2480	12,0	7	186	0,0068	0,0541	0,0068	0,0136
28,0	17	410	0,0975	0,7865	0,0975	0,1380	16,0	10	270	0,0400	0,1825	0,0400	0,0543
25,0	13	350	0,0780	0,5020	0,0780	0,1106	7,0	5	91	0,0028	0,0125	0,0028	0,0047
12,5	8	145	0,0234	0,0817	0,0234	0,0307	4,0	3	40	0,0032	0,0095	0,0032	0,0053
3,5	3	80	0,0020	0,0063	0,0020	0,0034	30,0	13	290	0,0400	0,5245	0,0400	0,0773
17,5	8	270	0,0390	0,1740	0,0390	0,0559	Малина ( <i>Rubus idaeus</i> L.)						
13,0	6	197	0,0390	0,0660	0,0390	0,0435	2,0	1	20	0,00030	0,00054	0,00030	0,00054
19,5	10	210	0,0390	0,1740	0,0390	0,0525	5,0	1	88	0,00270	0,00584	0,00270	0,00584
8,5	7	128	0,0039	0,0255	0,0039	0,0070	7,0	1	115	0,00109	0,00432	0,00109	0,00432
12,5	6	150	0,0078	0,0510	0,0078	0,0150	4,0	1	36	0,00013	0,00022	0,00013	0,00022
							4,0	1	92	0,00196	0,00385	0,00196	0,00385
Ракитник ( <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Fisch. ex Wol.)							Шиповник ( <i>Rosa majalis</i> Herrm.)						
6,0	4	55	0,0018	0,0139	0,0018	0,0048	7,0	3	106	0,0065	0,0281	0,0065	0,0162
7,0	4	89	0,0070	0,0248	0,0070	0,0115	5,0	1	44	0,0033	0,0143	0,0033	0,0082
6,0	3	62	0,0032	0,0097	0,0032	0,0054	5,0	3	84	0,0033	0,0143	0,0033	0,0082

Окончание табл. 1  
The end of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4,0	3	60	0,0023	0,0082	0,0023	0,0043	9,0	3	144	0,0083	0,0466	0,0083	0,0211
6,5	4	40	0,0026	0,0096	0,0026	0,0043	4,0	2	71	0,0032	0,0085	0,0032	0,0058
7,5	5	66	0,0055	0,0260	0,0055	0,0096	5,0	1	43	0,0015	0,0044	0,0015	0,0044
7,0	4	83	0,0025	0,0175	0,0025	0,0063	11,0	2	133	0,0195	0,0800	0,0195	0,0498
13,5	5	120	0,0072	0,0792	0,0072	0,0216	6,0	3	90	0,0026	0,0089	0,0026	0,0047
5,0	2	60	0,0022	0,0094	0,0022	0,0058	8,0	3	145	0,0036	0,0255	0,0036	0,0109
4,0	2	50	0,0011	0,0047	0,0011	0,0029	7,0	4	125	0,0056	0,0217	0,0056	0,0096
8,0	4	60	0,0014	0,0134	0,0014	0,0044	Бузина ( <i>Sambucus racemosa</i> L.)						
5,0	2	58	0,0014	0,0056	0,0014	0,0035	15,0	6	186	0,0070	0,0749	0,0070	0,0183
9,0	4	77	0,0040	0,0304	0,0040	0,0106	10,0	5	70	0,0050	0,0270	0,0050	0,0094
8,0	5	110	0,0036	0,0276	0,0036	0,0084	4,0	2	37	0,0015	0,0026	0,0015	0,0021
10,0	5	86	0,0047	0,0293	0,0047	0,0096	16,0	2	131	0,0320	0,0890	0,0320	0,0605
10,5	6	100	0,0058	0,0526	0,0058	0,0136	9,0	1	61	0,0051	0,0108	0,0051	0,0108
4,0	3	70	0,0025	0,0079	0,0025	0,0043	11,0	1	83	0,0069	0,0157	0,0069	0,0157
15,5	8	120	0,0072	0,0972	0,0072	0,0185	Можжевельник ( <i>Juniperus communis</i> L.)						
14,0	8	120	0,0072	0,0972	0,0072	0,0185	3,0	6	34	0,0011	0,0023	0,0004	0,0006
Кизильник ( <i>Cotoneaster lucidus</i> Schtdl.)							16,0	22	105	0,0409	0,1567	0,0136	0,0189
12,0	8	180	0,0066	0,0638	0,0066	0,0138	11,0	29	86	0,0151	0,0492	0,0050	0,0062
15,0	10	258	0,0066	0,1522	0,0066	0,0212	13,0	30	103	0,0174	0,0718	0,0058	0,0076
8,0	4	120	0,0033	0,0293	0,0033	0,0098	23,0	43	175	0,0598	0,2678	0,0199	0,0248
5,0	2	80	0,0013	0,0096	0,0013	0,0055	10,0	11	106	0,0042	0,0396	0,0014	0,0046
11,5	6	147	0,0050	0,0372	0,0050	0,0103	Жимолость ( <i>Lonicera xylosteum</i> L.)						
15,0	10	197	0,0066	0,1106	0,0066	0,0170	4,0	2	51	0,0007	0,0031	0,0007	0,0019
11,5	6	235	0,0043	0,0443	0,0043	0,0110	9,0	6	117	0,0045	0,0455	0,0045	0,0114
8,5	7	193	0,0058	0,0656	0,0058	0,0140	4,0	3	56	0,0013	0,0044	0,0013	0,0023
							7,0	10	72	0,0068	0,0233	0,0068	0,0084
							12,0	6	152	0,0133	0,0873	0,0133	0,0256

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

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

### Результаты и их обсуждение

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

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

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

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

где  $P_i$  – биомасса растения  $i$ -й фракции, в данном случае это биомасса надземная ( $P_a$ ) и листвы ( $P_f$ ). В некоторых случаях может быть более удобно измерять высоту растения, а не диаметр у основания, поэтому в качестве варианта рассчитываем модель (2). Ранее было установлено, что годичный

прирост (первичная продукция) описывается более адекватно по связи с соответствующей биомассой, а не с морфологическими показателями древостоя (Усольцев, 2016б), и этим обусловлена структура модели (3).

Результаты расчета моделей (1), (2) и (3) показаны в табл. 2 и 3. Коэффициенты регрессии уравнений рассчитаны с использованием про-

граммного обеспечения Statgraphics-19 (см. <http://www.statgraphics.com/>). Свободный член  $a_0$  во всех моделях скорректирован на логарифмическое преобразование (Baskerville, 1972). Коэффициенты детерминации моделей (1) – (3) оказались значимыми на уровне  $p < 0,001$ , за исключением модели (1) для массы листы малины (помечена \*). Годичный прирост биомассы малины в табл. 3

Таблица 2  
Table 2

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

$P_i$	Модель (1)				Модель (2)			
	$a_0$	$a_1$	$R^2$	$SE$	$a_0$	$a_1$	$R^2$	$SE$
<i>Рябина (Sorbus aucuparia)</i>								
$P_a$	-9,2708	2,6471	0,964	0,385	-16,2540	2,6718	0,923	0,560
$P_f$	-9,8050	2,1697	0,730	0,984	-14,8437	2,0812	0,628	1,156
<i>Черемуха (Prunus padus)</i>								
$P_a$	-8,2990	2,2647	0,960	0,300	-12,0435	1,9400	0,688	0,835
$P_f$	-8,1436	1,5060	0,742	0,568	-10,2384	1,2061	0,447	0,830
<i>Малина (Rubus idaeus)</i>								
$P_a$	-8,3464	1,8434	0,714	0,580	-12,8745	1,6818	0,644	0,872
$P_f$	-8,2480	1,2980*	0,254*	0,838	-12,3855	1,3739	0,510	0,900
<i>Ракитник (Chamaecytisus ruthenicus Fisch. ex Wol.)</i>								
$P_a$	-7,8144	2,0115	0,830	0,375	-14,6838	2,5182	0,746	0,470
$P_f$	-7,8870	1,1288	0,572	0,399	-12,0125	1,4765	0,589	0,390
<i>Шиповник (Rosa majalis)</i>								
$P_a$	-8,3828	2,4068	0,743	0,435	-10,4768	1,4718	0,556	0,572
$P_f$	-8,7401	1,8406	0,611	0,444	-10,1902	1,0912	0,418	0,543
<i>Бузина (Sambucus racemosa)</i>								
$P_a$	-9,5972	2,5310	0,901	0,413	-13,2882	2,1607	0,853	0,504
$P_f$	-8,9059	1,7290	0,715	0,524	-10,4498	1,2778	0,443	0,732
<i>Можжевельник (Juniperus communis)</i>								
$P_a$	-8,6896	2,3870	0,994	0,130	-16,2042	2,9495	0,901	0,522
$P_f$	-9,1427	2,0400	0,880	0,517	-14,7416	2,3655	0,670	0,855
<i>Кизильник (Cotoneaster lucidus)</i>								
$P_a$	-7,7768	2,0804	0,775	0,405	-13,9955	2,0061	0,777	0,404
$P_f$	-8,5025	1,3426	0,764	0,270	-11,7556	1,2489	0,700	0,304
<i>Жимолость (Lonicera xylosteum)</i>								
$P_a$	-9,6326	2,9532	0,983	0,189	-16,9862	2,9517	0,895	0,472
$P_f$	-9,9502	2,3108	0,836	0,488	-15,1564	2,1986	0,656	0,709

Таблица 3  
Table 3

Характеристика моделей (3)  
Characteristics of models (3)

$Z_a$	Модель (3)							
	$a_0$	$a_1$	$R^2$	$SE$	$a_0$	$a_1$	$R^2$	$SE$
Рябина ( <i>Sorbus aucuparia</i> L.)				Черемуха ( <i>Prunus padus</i> L.)				
$Z_a$	-1,9905	0,7448	0,927	0,423	-2,1383	0,6466	0,912	0,299
Ракитник ( <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> )				Шиповник ( <i>Rosa majalis</i> )				
$Z_a$	-2,4050	0,6323	0,941	0,148	-1,2062	0,8333	0,915	0,217
Бузина ( <i>Sambucus racemosa</i> )				Можжевельник ( <i>Juniperus communis</i> )				
$Z_a$	-1,3538	0,7449	0,756	0,540	-2,6665	0,7933	0,990	0,134
Кизильник ( <i>Cotoneaster lucidus</i> )				Жимолость ( <i>Lonicera xylosteum</i> )				
$Z_a$	-2,9841	0,4770	0,993	0,033	-1,9582	0,7527	0,985	0,135

не показан, поскольку он равен показателю биомассы. В подтверждение результатов других авторов (Муикконен, 2007) коэффициент детерминации для массы листвы в среднем оказался ниже по сравнению с коэффициентом для надземной биомассы, а коэффициенты детерминации моделей (2) оказались существенно ниже, чем по модели (1).

**Заключение**

Таким образом, впервые для лесов Урала получены фактические данные о биомассе и годовом приросте подлеска 9 видов в количестве 102 растений. Предложенные аллометрические модели для фракций надземной биомассы растений подлеска характеризуются высокими показателями адекват-

ности исходным данным на уровне вероятности  $p < 0,001$ . Из двух предложенных структур модели для оценки надземной биомассы более адекватной оказалась зависимость от диаметра у основания растения, ее коэффициенты детерминации существенно выше, чем в зависимости от высоты растения. Модели для оценки годового прироста растений следует считать предварительными. Необходимы дальнейшие исследования по уточнению названного показателя у подлесочных видов.

Аллометрические модели биомассы и ее годового прироста дают возможность оперативной оценки биомассы и чистой первичной продукции подлесочных видов на единице площади лесов Урала, а также для оценки вклада нижних ярусов в их углероддепонирующую способность.

**Список источников**

Айшуку Е. Ж., Сарсекова Д. Н. Биологические и декоративные свойства кизильника черноплодного (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex. Blytt.) в озеленении на примере г. Астана // Лесное хозяйство : актуальные проблемы и пути их решения : сборник научных статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нижний Новгород : Нижегородская ГСХА, 2022. С. 183–185.

Гладышева М. Б. Хозяйственно-биологические особенности сортов и форм рябины и их пригодность для производства : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Гладышева Марина Борисовна. Мичуринск, 2006. 23 с.

Рост и развитие шиповника в плантационных насаждениях Алматинской области / Кентбаев Е. Ж., Кентбаева Б. А., Таиметова Р. С. [и др.] // Лесное хозяйство : актуальные проблемы и пути их

- решения : сборник научных статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нижний Новгород : Нижегородская ГСХА, 2022. С. 261–265.
- Лихитченко М. А.* Боярышники Приморского края, их роль в лесных биогеоценозах и хозяйственное значение : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.03 / Лихитченко Максим Александрович. Уссурийск, 2004. 27 с.
- Нечаев А. А.* Ресурсы и освоение боярышника на Дальнем Востоке России // Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока : материалы Всероссийской научной конференции / отв. ред. А. Ю. Алексеенко. Хабаровск : Изд-во ФБУ «ДальНИИЛХ», 2021. С. 48–60.
- Потанов С. К., Бугаев К. Е., Долматова Л. В.* Первичные наблюдения за лесовозобновлением в различных типах леса на территории ЗАТО г. Сарова и оценка запасов древесно-веточных кормов лося // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича. Вып. VII. 2006. С. 36–82.
- Пристова Т. А.* Фитомасса древесных растений в лиственных фитоценозах послерубочного происхождения // Лесной вестник. 2020. Т. 24. № 1. С. 5–13.
- Сольцев В. А.* Фитомасса модельных деревьев лесообразующих пород Евразии : база данных, климатически обусловленная география, таксационные нормативы. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016а. 336 с. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5696> (дата обращения: 12.01.2023).
- Сольцев В. А.* Биологическая продуктивность лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов). Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016б. 384 с. ISBN 978-5-94984-600-1. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5634> (дата обращения: 12.01.2023).
- Сольцев В. А.* Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург : УрО РАН, 2010. 570 с. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2606> (дата обращения: 12.01.2023).
- Сольцев 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://elar.usfeu.ru/handle/123456789/458> (дата обращения: 12.01.2023).
- Сольцев В. А., Цепордей И. С., Норцин Д. В.* Аллометрические модели биомассы деревьев лесообразующих пород Урала // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 1. С. 4–14.
- Baskerville G. L.* Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // Canadian Journal of Forest Research. 1972. Vol. 2 (1). P. 49–53.
- Bergman I., Nesterkov A.* Biomass and mortmass of woody vegetation in metal-contaminated areas (Southern Urals, Russia) // Biodiversity Data Journal. 2021. Vol. 9. Article e75510.
- Brown J. K.* Estimating shrub biomass from basal stem diameters // Canadian Journal of Forest Research. 1976. Vol. 6 (2). P. 153–158.
- Cannell M. G. R.* World forest biomass and primary production data. London : Academic Press, 1982. 391 p.
- Elliott K. J., Clinton B. D.* Equations for estimating biomass of herbaceous and woody vegetation in early-successional Southern Appalachian pine-hardwood forests. U.S. For. Serv. Res. Note SE-365. Southeast. For. Exp. Stn., Asheville, NC, 1993. 8 p.
- Falster D. S., Duursma R. A., Ishihara M. I.* et al. BAAD : a Biomass And Allometry Database for woody plants // Ecology. 2015. Vol. 96. P. 1445.
- Fischer F. J., Marechaux I., Chave J.* Improving plant allometry by fusing forest models and remote sensing // New Phytologist. 2019. Vol. 223. P. 1159–1165.
- Grigal D. F., Ohmann L. F.* Biomass estimation for some shrubs from northeastern Minnesota. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station; Res. Note. NC-226, 1977. 3 p.
- Jenkins J. C., Chojnacky D. C., Heath L. S., Birdsey R. A.* Comprehensive database of diameter-based regressions for North American tree species // USDA Forest Service Northeastern Research Station. General Technical Report NE-319, 2004. 45 p.

- Luo Y., Wang X., Ouyang Z. et al. A review of biomass equations for China's tree species // *Earth System Science Data*. 2020. Vol. 12 (1). P. 21–40.
- Muukkonen P. Generalized allometric volume and biomass equations for some tree species in Europe // *European Journal of Forest Research*. 2007. Vol. 126. P. 157–166.
- Pajtik J., Konôpka B. Quantifying edible biomass on young *Salix caprea* and *Sorbus aucuparia* trees for *Cervus elaphus* : estimates by regression models // *Austrian Journal of Forest Science*. 2015. Vol. 132 (2). P. 61–80.
- Smith W.B., Brand G.J. Allometric biomass equations for 98 species of herbs, shrubs, and small trees. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. Res. Note NC-299, 1983. 8 p.
- Ter-Mikaelian M. T., Korzukhin M. D. Biomass equations for sixty-five North American tree species // *Forest Ecology and Management*. 1997. Vol. 97. P. 1–24.
- Usoltsev V.A. Single-tree biomass data for remote sensing and ground measuring of Eurasian forests : digital version. The second edition, enlarged. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University; Botanical Garden of Ural Branch of RAS, 2020a. URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9647>
- Usoltsev V.A. Forest biomass and primary production database for Eurasia : digital version. The third edition, enlarged : monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2020b. URL: [https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/9648/1/Base\\_v2.xlsx](https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/9648/1/Base_v2.xlsx)
- Vidrih M., Vidrih T., Kotar M. In Slovenia : Management of intensive land use systems // A. Rigueiro-Rodríguez et al. (eds.). *Agroforestry in Europe : 397. Current Status and Future Prospects*. Springer Science, 2009. P. 397–414.
- Zianis D., Muukkonen P., Mäkipää R., Mencuccini M. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe // *Silva Fennica Monographs*. 2005. Vol. 4. 63 p.

## References

- Aishuk E.J., Sarsekova D.N. Biological and decorative properties of the *Cotoneaster melanocarpus* in landscaping on the example of Astana // *Forest Management : current problems and ways to solve them : Collection. sci. articles based on the materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference*. Nizhny Novgorod : Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 2022. P. 183–185.
- Baskerville G.L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // *Canadian Journal of Forest Research*. 1972. Vol. 2 (1). P. 49–53.
- Bergman I., Nesterkov A. Biomass and mortmass of woody vegetation in metal-contaminated areas (Southern Urals, Russia) // *Biodiversity Data Journal*. 2021. Vol. 9. Article e75510.
- Brown J.K. Estimating shrub biomass from basal stem diameters // *Canadian Journal of Forest Research*. 1976. Vol. 6 (2). P. 153–158.
- Cannell M. G. R. World forest biomass and primary production data. London : Academic Press, 1982. 391 p.
- Elliott K.J., Clinton B.D. Equations for estimating biomass of herbaceous and woody vegetation in early-successional Southern Appalachian pine-hardwood forests. U.S. For. Serv. Res. Note SE-365. Southeast. For. Exp. Stn., Asheville, NC, 1993. 8 p.
- Falster D.S., Duursma R.A., Ishihara M.I. et al. BAAD : a Biomass And Allometry Database for woody plants // *Ecology*. 2015. Vol. 96. P. 1445.
- Fischer F.J., Marechaux I., Chave J. Improving plant allometry by fusing forest models and remote sensing // *New Phytologist*. 2019. Vol. 223. P. 1159–1165.
- Gladysheva M.B. Economic and biological features of rowan varieties and forms and their suitability for production : PhD Thesis : 06.01.05. Michurinsk, 2006. 23 p.

- Grigal D. F., Ohmann L. F. Biomass estimation for some shrubs from northeastern Minnesota. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station; Res. Note. NC-226, 1977. 3 p.
- Jenkins J. C., Chojnacky D. C., Heath L. S., Birdsey R. A. Comprehensive database of diameter-based regressions for North American tree species // USDA Forest Service Northeastern Research Station. General Technical Report NE-319, 2004. 45 p.
- Kentbayev E. Zh., Kentbayeva B. A., Tashmetova R. S. et al. Growth and development of rose in plantations of Almaty region // Forest Management : current problems and ways to solve them. Collection. sci. articles based on the materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference. Nizhny Novgorod : Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 2022. P. 261–265.
- Likhitchenko M. A. Hawthorns of Primorsky Krai, their role in forest biogeocenoses and economic significance. PhD Thesis. 06.03.03. Ussuriysk, 2004. 27 p.
- Luo Y., Wang X., Ouyang Z. et al. A review of biomass equations for China's tree species // Earth System Science Data. 2020. Vol. 12 (1). P. 21–40.
- Muukkonen P. Generalized allometric volume and biomass equations for some tree species in Europe // European Journal of Forest Research. 2007. Vol. 126. P. 157–166.
- Nechaev A. A. Resources and reclamation of the hawthorn (*Crataegus* L.) in the Russian Far East // Intensification of use and reproduction of forests of Siberia and the Far East : Materials of the scientific conference / Khabarovsk, October 7–8, 2021 / Executive editor A. U. Alekseenko Khabarovsk : DalNIILH Press, 2021. P. 48–60.
- Pajtik J., Konôpka B. Quantifying edible biomass on young *Salix caprea* and *Sorbus aucuparia* trees for *Cervus elaphus* : estimates by regression models // Austrian Journal of Forest Science. 2015. Vol. 132 (2). P. 61–80.
- Potapov S. K., Bugaev K. E., Dolmatova L. V. Primary observations of reforestation in various types of forests on the territory of the city of Sarov and assessment of stocks of wood-branch feed of elk // Proceedings of the Mordovian State Nature Reserve named after P. G. Smidovich. Issue VII, 2006. P. 36–82.
- Pristova T. A. Phytomass of woody plants in deciduous phytocenoses of post-harvest origin // Lesnoj Vestnik (Forestry Bulletin). 2020. Vol. 24. № 1. P. 5–13. Smith W. B., Brand G. J. Allometric biomass equations for 98 species of herbs, shrubs, and small trees. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. Res. Note NC-299, 1983. 8 p.
- Ter-Mikaelian M. T., Korzukhin M. D. Biomass equations for sixty-five North American tree species // Forest Ecology and Management. 1997. Vol. 97. P. 1–24.
- Usoltsev V. A. Single-tree biomass of forest-forming species in Eurasia : database, climate-related geography, weight tables. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University. 2016a. 336 p. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5696> (accessed: 12.01.2023).
- Usoltsev V. A. Biological productivity of forest-forming species in Eurasia's climatic gradients (as related to supporting decision-making processes in forest management). Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2016b. 384 c. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5634> (accessed: 12.01.2023).
- Usoltsev V. A. Eurasian forest biomass and primary production data. Yekaterinburg : Ural Branch of Russian Academy of Sciences. 2010. 574 p. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2606> (accessed: 12.01.2023).
- Usoltsev V. A. Forest biomass and primary production database for Eurasia : digital version. The third edition, enlarged : monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2020b. URL: [https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/9648/1/Base\\_v2.xlsx](https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/9648/1/Base_v2.xlsx) (accessed: 12.01.2023).
- Usoltsev V. A. Single-tree biomass data for remote sensing and ground measuring of Eurasian forests : digital version. The second edition, enlarged. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University; Botanical Garden of Ural Branch of RAS, 2020a. URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9647> (accessed: 12.01.2023).

- 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://elar.usfeu.ru/handle/123456789/458> (accessed: 12.01.2023).
- Usoltsev V.A., Tsepordey I.S., Noritsin D.V.* Allometric models of single-tree biomass for forest-forming species of the Urals // Forests of Russia and economy in them. 2022. № 1. P. 4–14.
- Vidrih M., Vidrih T., Kotar M.* In Slovenia : Management of intensive land use systems // A. Rigueiro-Rodríguez et al. (eds.). Agroforestry in Europe : 397. Current Status and Future Prospects. Springer Science, 2009. P. 397–414.
- Zianis D., Muukkonen P., Mäkipää R., Mencuccini M.* Biomass and stem volume equations for tree species in Europe // Silva Fennica Monographs. 2005. Vol. 4. 63 p.

#### ***Информация об авторах***

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

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

- V.A. Usoltsev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;*  
*I.S. Tsepordey – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher;*  
*A.F. Urazova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;*  
*A.V. Bortnikov – Candidate of Agricultural Sciences, senior lecturer.*

*Статья поступила в редакцию 19.01.2023; принята к публикации 19.02.2023*  
*The article was submitted 19.01.2023; accepted for publication 19.02.2023.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 41–47  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 41–47

Научная статья  
УДК 630.566  
DOI 10.51318/FRET.2023.73.98.004

## ОЦЕНКА ХОДА РОСТА СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Ирина Сергеевна Сальникова<sup>1</sup>, Елизавета Андреевна Фадеева<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>salnikovais@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6236-1536>

<sup>2</sup>fadeevaelizaveta3@gmail.com

**Аннотация.** Нормативно-справочные материалы имеют большое значение при проведении лесохозяйственных и лесоустроительных работ. Одними из наиболее часто применяемых являются таблицы хода роста, представляющие собой динамику основных таксационных показателей и хронологию древостоя за всю его жизнь. К настоящему времени разработано множество различных таблиц хода роста, различающихся как методами построения, так и целевым назначением. К сожалению, очень часто при работе в лесном хозяйстве применяются нормативно-справочные материалы, разработанные для других районов, что дает не совсем точные результаты. Поэтому разработка местных таблиц хода роста является актуальной задачей, так как с их помощью повышается точность работ в лесу. В статье рассмотрены особенности роста сосновых насаждений Среднего Урала различного происхождения в разных типах леса. Для исследования были отобраны разновозрастные древостои естественного и искусственного происхождения в наиболее распространенных типах леса в районе исследования. Получены регрессионные уравнения, описывающие зависимости основных таксационных показателей древостоя от возраста, на основе которых были рассчитаны значения по пятилетиям возраста от 20 до 55 лет. Проведен сравнительный анализ роста лесных культур и насаждений естественного происхождения сосны в каждом типе леса. Также рассмотрены отличия в развитии насаждений одного происхождения в разных типах леса. По полученным данным при сравнении лесных культур и насаждений естественного происхождения можно увидеть, что основные таксационные показатели (диаметр, высота и запас) в лесных культурах выше, но незначительно, чем в насаждениях естественного происхождения. Сделав сравнение с имеющимися таблицами хода роста для региона исследования, выявили, что различие с таблицами С. В. Залесова с соавторами для искусственных сосняков не так существенны, как с таблицами Д. А. Миловановича для насаждений естественного происхождения.

**Ключевые слова:** насаждения искусственного происхождения, сосняк ягодниковый, сосняк разнотравный, культуры сосны, таблицы хода роста, ход роста насаждений

Scientific article

## GROWTH AND STRUCTURE OF PINE TREE STANDS OF NATURAL AND ARTIFICIAL ORIGIN

Irina S. Salnikova<sup>1</sup>, Elizaveta A. Fadeeva<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> salnikovais@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6236-1536>

<sup>2</sup> fadeevaelizaveta3@gmail.com

**Abstract.** Normative reference materials are of great importance when carrying out forestry and forest management works. The most commonly used are yield tables, which represent the dynamics of the main taxation indicators and the chronology of the tree stand for its entire life. Many different yield tables developed to date, differing in both construction methods and purpose. Unfortunately, very often when working in forestry, normative reference materials developed for other areas are used, which does not give accurate results. Therefore, the development of local growth progress tables is an urgent task, since with their help the accuracy of work in the forest increases. The article discusses the features of the growth of pine tree stands of the Middle Urals of various origins in different types of forests. Stands of different ages of natural and artificial origin selected for the research in the most common types of forest in the study area. Values of the dependences for five years of age from 20 to 55 years calculated based on obtained regression equations describing the dependences of the main taxonomic specifications of growing stock on age. A comparative analysis of the growth of pine tree stands of artificial and natural origins carried out for each type of forest. The differences in the development of tree stands of the same origin in different types of forest are also considered. According to the obtained data, when comparing tree stands of artificial and natural origins, it can be noted that the main taxonomic indicators (diameter, height and stock) in tree stands of artificial origin are higher, but insignificant to taxonomic indicators in tree stands of natural origin. A comparison with the existing yield tables for the study region, revealed the difference with the tables of S. V. Zalesov with co-authors for tree stands of artificial origin is not as significant as with the tables of D. A. Milovanovich for tree stands of natural origin.

**Keywords:** tree stands of artificial origin, berry pine forest, mixed grass pine forest, pine tree stands, yield tables, stand development

### Введение

Для решения научных и хозяйственных задач в лесу используется большое количество таблиц хода роста. Таблицы хода роста представляют собой систему числовых данных, полученную с помощью математического моделирования и дающую количественную характеристику динамики таксационных показателей древостоя или древостоев одного естественного ряда роста и развития (Таксация леса..., 2020). Так как таблицы созданы не для всех регионов, для лесоустроительных и иных работ используют нормативно-справочные материалы общие или для сопредельных регио-

нов. При этом может снизиться качество работ из-за несоответствия точности используемых материалов. В связи с этим актуальной задачей является разработка региональных нормативов для устранения возможных ошибок.

### Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью данной работы являются изучение динамики таксационных показателей естественных и искусственных насаждений сосны, выявление особенностей роста и составление региональных таблиц хода роста.

Исследование проводилось на территории Режевского лесничества, которое относится к таежной лесорастительной зоне Средне-Уральского таежного района, подзоне южной тайги Среднего Урала (Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 августа 2014 г. № 367).

Пробные площади заложены в наиболее распространенных типах леса на территории исследования – сосняк разнотравный (СРТР) и сосняк ягодниковый (СЯГ) II класса бонитета (Лесохозяйственный регламент, 2008). Все работы выполнены в соответствии с требованиями ОСТ 56-69–83 «Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки» (1984). Возраст древостоев на пробных площадях варьирует от 15 до 60 лет. При выборке отбирались насаждения полнотой 0,6 и выше, так как производительность древостоя в пределах типа леса зависит от полноты. Полнота влияет не только на запас, но и опосредованно на среднюю высоту и средний диаметр насаждения. Методика отбора и обработки модельных деревьев для анализа хода роста ствола соответствует принятой на кафедре лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ (Нагимов и др., 2006). Для построения таблиц хода роста

был выбран метод ЦНИИЛХ, по которому определялась принадлежность к одному естественному ряду роста и развития (Нормативно-справочные материалы..., 2003).

### Результаты

При исследовании изначально для каждого типа леса и происхождения была проведена проверка на соответствие пробных площадей естественному ряду роста и развития. Для этого отклонения произведений по диаметру на возраст не должны превышать  $\pm 15\%$ , а произведений высоты на возраст –  $\pm 10\%$ . Точки на графике, значения которых вышли за границы указанного диапазона, из дальнейших исследований были исключены.

На основании данных оставшихся пробных площадей для основных таксационных показателей (запас, средний диаметр и высота) были получены уравнения зависимости таксационных показателей от возраста насаждения по наибольшей величине коэффициента детерминации в соответствии с общепринятым подходом (Таксация леса..., 2020). Наилучшими моделями в нашем случае оказались полином второго порядка без свободного члена уравнения и аллометрическая функция.

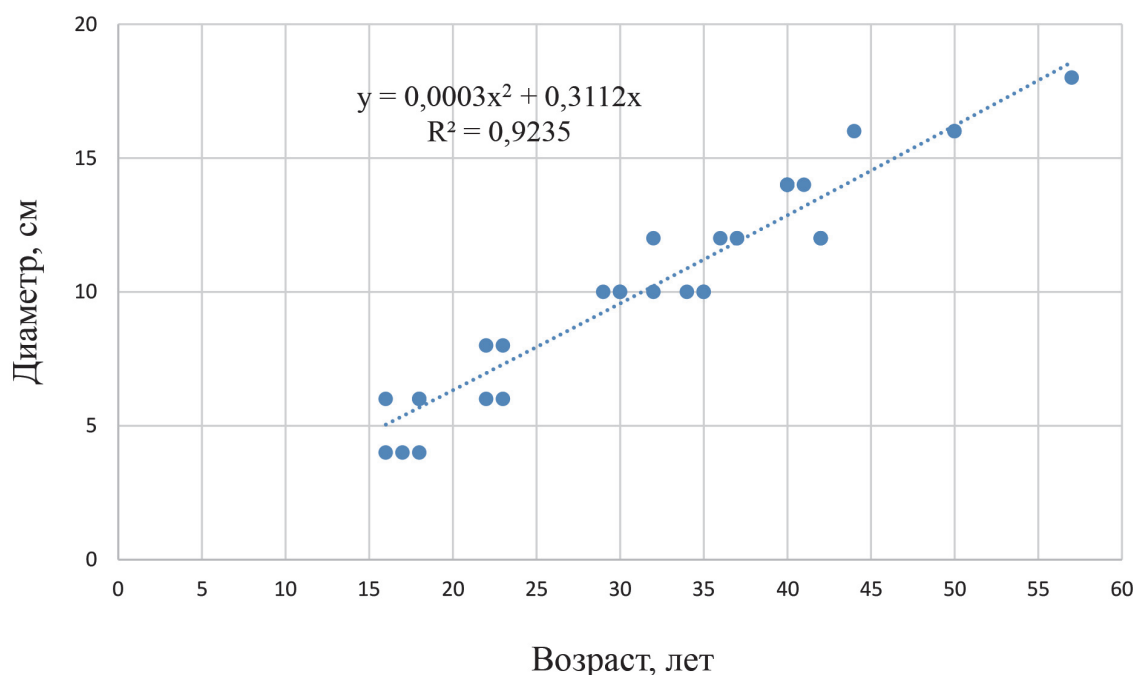


Рис. 1. Зависимость среднего диаметра культур сосны от возраста в типе леса СРТР  
Fig. 1. The dependence of average diameter of pine tree stands on age in forest type mixed grass pine forest

В качестве примера на рис. 1 приведен график зависимости среднего диаметра древостоя от его возраста в сосновых насаждениях искусственного происхождения в типе леса сосняк разнотравный (СРТР) с исходными данными в виде облака рассеяния, выравнивающей линией тренда с уравнением регрессии и коэффициентом детерминации ( $R^2$ ).

Высокие значения коэффициентов детерминации для всех зависимостей позволяют считать, что полученные уравнения корректно описывают есте-

ственные процессы роста древостоев и могут быть использованы для дальнейших исследований.

По нашим данным, коэффициенты детерминации уравнений зависимости среднего диаметра, высоты и запаса от возраста в типе леса сосняк разнотравный несколько ниже, чем в типе леса сосняк ягодниковый.

На основании полученных уравнений были рассчитаны таксационные показатели по пятилетиям возраста. Один из эскизов таблиц хода роста приведен в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Возрастная динамика средних таксационных показателей сосновых древостоев искусственного происхождения в разнотравном типе леса  
Age dynamics of the average taxation indicators of tree stands of artificial origin in mixed grass pine forest

Возраст, лет Age, y	Высота, м Height, m	Диаметр, см Diameter, cm	Запас, м <sup>3</sup> Stock of plantations, m <sup>3</sup>	Изменение запаса, м <sup>3</sup> Stock of plantations change, m <sup>3</sup>	
				среднее average	текущее current
20	6,8	6,3	74	3,7	–
25	8,4	8,0	98	3,9	4,8
30	10,1	9,6	124	4,1	5,3
35	11,7	11,3	153	4,4	5,7
40	13,2	12,9	183	4,6	6,2
45	14,8	14,6	216	4,8	6,6
50	16,4	16,3	252	5,0	7,1
55	17,9	18,0	289	5,3	7,5

При сравнении возрастной динамики таксационных показателей в разных типах леса выявлено, что в типе леса сосняк разнотравный средний диаметр и запас до 40 лет меньше, чем в сосняке ягодниковом (рис. 2). Затем ситуация меняется на обратную.

По основным таксационным показателям (запас, средние диаметр и высота) был проведен сравнительный анализ роста насаждений естественного происхождения и культур сосны. Изучив возрастную динамику основных таксационных показателей, мы обнаружили различия в ходе роста древостоев в разных типах леса одного происхождения и в одном типе леса, но при различном происхождении древостоев.

В табл. 2 приведен сравнительный анализ роста в насаждениях сосны разного происхождения по диаметру в типе леса сосняк разнотравный (СРТР).

По данным табл. 2 можно сделать вывод, что с увеличением возраста естественные насаждения отстают по значениям запаса. Аналогичная тенденция наблюдается и по среднему диаметру древостоя.

Различия в значениях средней высоты в исследуемом типе леса для древостоев естественного и искусственного происхождения находятся в границах класса бонитета.

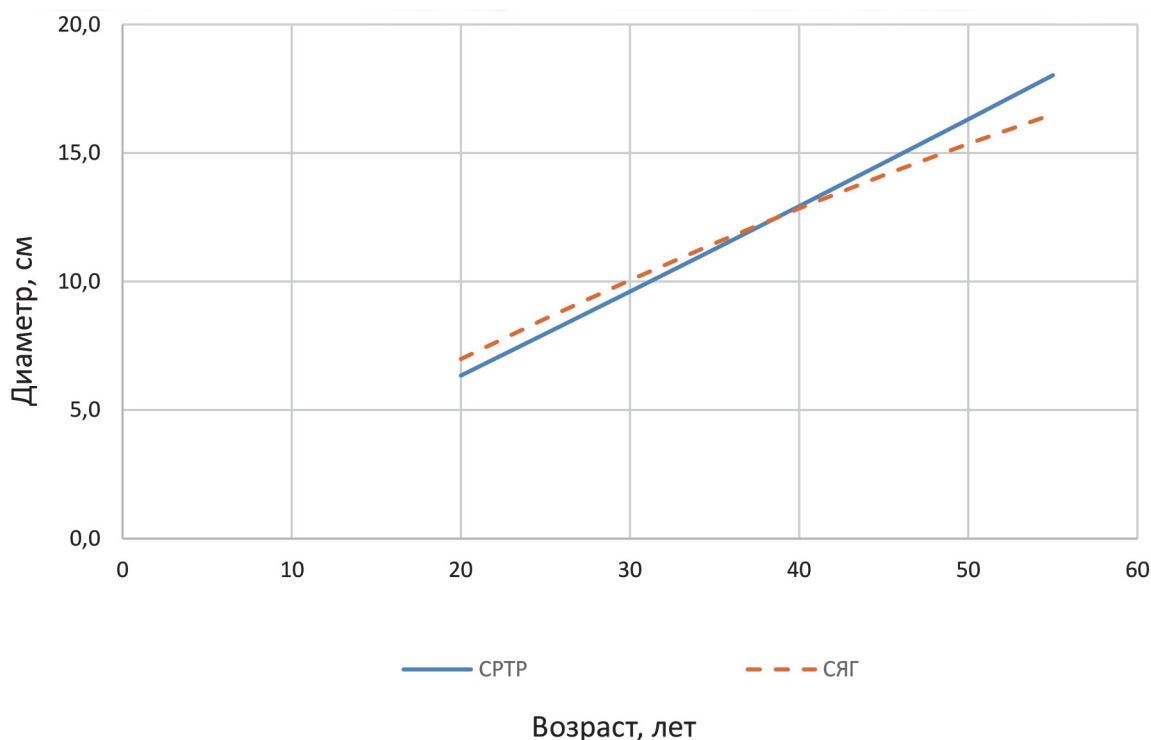


Рис. 2. Зависимость диаметра культур сосны от возраста  
 Fig. 2. The dependence of diameter of pine tree stands on age

Таблица 2  
 Table 2

Сравнительный анализ роста насаждений естественного и искусственного происхождения по запасу в типе леса сосняк разнотравный  
 Comparative analysis of the growth of tree stands of natural and artificial origin by stock in the mixed grass pine forest

Возраст, лет Age, y	Запас, м³ Stock of plantations, m³		Различия, % Differences, %
	Искусственное происхождение Artificial origin	Естественное происхождение Natural origin	
35	153	152	0,39
40	183	180	1,91
45	216	209	3,64
50	252	238	5,51
55	289	269	7,48

**Дискуссия**

В ходе нашей работы мы провели анализ публикаций по подобным исследованиям. Это позволило нам сравнить результаты нашей работы с аналогичными ТХР.

Наиболее интересной нам показалась работа С.В. Залесова с соавторами (Залесов и др., 2002).

В ней подробно рассмотрены вопросы производительности сосновых древостоев естественного и искусственного происхождения в трех наиболее распространенных типах леса на территории средней и южной подзон тайги Среднего Урала. Рассмотрены вопросы строения, хода роста и сортиментной структуры сосняков. Для сравнения были

отобраны полученные нами эскизы таблиц хода роста для сосновых культур ягодникового типа леса и ТХР, разработанные для не пройденных рубками ухода искусственных сосняков в типе леса сосняк ягодниковый в подзоне южной тайги (Нормативно-справочные материалы..., 2003). По среднему диаметру значения в наших эскизах несколько меньше, чем в таблицах С.В. Залесова и др., но к 50 годам это различие исчезает. По высоте и по запасу наши значения отличаются примерно на 10% в меньшую сторону.

Для сосняков естественного происхождения из множества имеющихся ТХР мы выбрали таблицы, разработанные в 1952 г. Д.А. Миловановичем для сомкнутых сосновых насаждений Среднего Ура-

ла (Нормативно-справочные материалы..., 2003). По высоте наши данные меньше примерно на 7%, по диаметру – на 15% и по запасу – около 20%.

### Выводы

По результатам наших исследований можно сделать вывод, что искусственные и естественные древостои сосны в разных типах леса различаются ходом роста и развития.

Разработанные эскизы таблиц хода роста культур сосны имеют небольшие отличия от разработанных ранее региональных ТХР для искусственных сосняков. Для естественных насаждений сосны наши эскизы имеют несколько большие различия.

### Список источников

- Залесов С. В., Лобанов А. Н., Луганский А. Н. Рост и производительность сосняков искусственного и естественного происхождения. Екатеринбург : УГЛТУ, 2002. 112 с.
- Лесохозяйственный регламент Режевского лесничества. Екатеринбург : ФГУП Рослесинфорг, Запсиблеспроект, 2008. 148 с.
- Нагимов З. Я., Коростелев И. Ф., Шевелина И. В. Таксация леса : учебное пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. 300 с.
- Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Урала. Часть II. Рост древостоев по преобладающим породам : учебное пособие / З. Я. Нагимов, Л. А. Лысов, И. Ф. Коростелев [и др.]. Екатеринбург : УГЛТУ, 2003. 296 с.
- ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. Москва : ЦБМТлесхоз, 1984. 10 с.
- Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 августа 2014 года № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации». URL: <https://base.garant.ru/70757662/>
- Таксация леса. Ход роста насаждений : учебное пособие / И. С. Сальникова, Т. С. Воробьева, З. Я. Нагимов [и др.]. Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. 130 с.

### References

- Forest taxation. The course of tree stands growth : a textbook / I. S. Salnikova, T. S. Vorobyova, Z. Ya. Nagimov [et al.]. Yekaterinburg : UGLTU, 2020. 130 p.
- Forestry regulations of the Rejevsky forestry. Yekaterinburg : FSUE Roslesinform, Zapsiblesproject, 2008. 148 p.
- IST 56-69-83. Trial forest management areas. The method of laying. Moscow : Cbntileshoz, 1984. 10 p.
- Nagimov Z. Ya., Korostelev I. F., Shevelina I. V. Forest taxation: a textbook. Reissue. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2006. 300 p.
- Normative reference materials on the taxation of forests of the Urals. Part II. Growth of tree stands by prevailing breeds: a textbook / Z. Ya. Nagimov, L. A. Lysov, I. F. Korostelev [et al.]. Yekaterinburg : USFEU, 2003. 296 p.

Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation № 367 dated August 18, 2014 «On approval of the List of forest zones of the Russian Federation and the List of forest areas of the Russian Federation». URL: <https://base.garant.ru/70757662/>

Zalesov S. V., Lobanov A. N., Lugansky A. N. Growth and productivity of pine forests of artificial and natural origin. Yekaterinburg : USFEU, 2002. 112 p.

#### ***Информация об авторах***

*И. С. Сальникова – кандидат сельскохозяйственных наук;*

*Е. А. Фадеева – магистр.*

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

*I. S. Salnikova – Candidate of Agricultural Sciences;*

*E. A. Fadeeva – master's degree.*

*Статья поступила в редакцию 18.01.2023; принята к публикации 30.11.2022.*

*The article was submitted 18.01.2023; accepted for publication 30.11.2022.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 48–55  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 48–55

Научная статья

УДК 630.57

DOI 10.51318/FRET.2023.68.60.005

## КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД В МОНИТОРИНГЕ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Лев Евгеньевич Кузнецов

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия  
lev.kuznetsov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7547-7055>

**Аннотация.** В статье рассматривается картографический метод в мониторинге лесных ресурсов юга Тюменской области на примере Гольшмановского района. Дается определение понятия «картографический метод», описывается технология применения картографического метода. Определяется актуальность и востребованность данного метода на современном этапе. Приводится классификация земель района по назначению и дается подробный анализ земель лесного фонда. Определяются приоритетные направления в мониторинге лесных ресурсов. Рассматривается роль картографического метода в мониторинге лесных ресурсов с позиций защиты окружающей среды. В заключение делается вывод о том, что использование картографического метода может быть предусмотрено и для проведения научных изысканий, справочной деятельности. Метод помогает диагностировать на ранней стадии изменения, неблагоприятные проявления воздействия природных и техногенных факторов, предотвратить пожары, оценить состояние окружающей среды. Использование картографического метода в мониторинге лесных ресурсов позволяет контролировать вырубку леса даже на небольших территориях и осуществлять контроль над соблюдением границ лесосек, отведенных на законных основаниях. Объектом мониторинга лесных ресурсов юга Тюменской области являются изменения в лесном фонде, возникшие в результате использования лесов при геологическом изучении недр, разработке месторождений полезных ископаемых, строительстве, реконструкции, эксплуатации линейных объектов, разработке нефтепровода и газопровода. При этом решаются такие задачи, как определение мест, площадей и объемов незаконных (без разрешительных документов) рубок леса и выявление нарушений положений нормативных правовых актов при организации и осуществлении недропользования и лесопользования. Особого внимания заслуживает ситуация, связанная с развитием добычи нефти и газа за счет интенсивного освоения лесного фонда.

**Ключевые слова:** картографический метод, мониторинг, лесные ресурсы

Scientific article

## CARTOGRAPHIC METHOD IN MONITORING FOREST RESOURCES IN THE SOUTH OF THE TYUMEN REGION

Lev E. Kuznetsov

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

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

**Abstract.** the article considers the cartographic method in monitoring of forest resources in the south of the Tyumen region as an example Golyshmanovsky district. The definition of the concept of «mapping method» describes a technique for mapping application method. Determined by the urgency and relevance of this method at the present stage. A classification of land area for its intended purpose and is given a detailed analysis of forest lands. Define priorities in the monitoring of forest resources. Examines the role of mapping method in monitoring of forest resources from the standpoint of environmental protection. In conclusion it is concluded that the use of cartographic method can be provided for the conduct of scientific research and reference activities. The method helps to diagnose the early stages of change the impact of adverse manifestations of natural and anthropogenic factors prevent fires assess the state of the environment. Using the mapping method allows monitoring of forest resources to monitor deforestation even in small areas and to exercise control over the observance of the boundaries of cutting areas designated for legitimate reasons. The object of monitoring of forest resources in the south of the Tyumen region is changes in the forest fund resulting from the use of forests in the geological study of the subsoil, the development of mineral deposits, construction, reconstruction, operation of linear facilities, the development of oil and gas pipelines. At the same time, such tasks as determining the places, areas and volumes of illegal (without permits) logging and identifying violations of the provisions of regulatory legal acts in the organization and implementation of subsurface use and forest management are being solved. The situation related to the development of oil and gas production due to intensive development of the forest fund deserves special attention.

**Keywords:** cartographical method, monitoring, forest resources

### Введение

Высокий уровень развития современной картографии ведет к постоянному расширению ее использования. Для оценки состояния и функциональной целостности среды обитания и экосистем, выявления изменений природных условий в результате антропогенного воздействия необходима разработка системы мониторинга окружающей среды. Продолжая совершенствовать методику и технику картографирования, разрабатывая новые типы карт, картографы ставят и решают новые проблемы (Берлянт, 1988; Методика..., 2003). Одна из таких проблем – использование карт в научных исследованиях и хозяйственной деятельности при мониторинге лесных ресурсов. Основная задача науки состоит в изучении и разработке методов и процес-

сов создания и воспроизведения карт, исследовании наземных и дистанционных методов (Методика..., 2003; Фомин и др., 2015). Одним из приоритетных методов исследований является картографический (Евсюков, 2012).

### Цель, задача, методика и объекты исследования

Под картографическим методом понимается раздел картографии, изучающий вопросы использования карт для познания изображенных на них явлений. Впервые понятие об этом методе было сформулировано К. А. Салищевым (1990).

Использование картографического метода позволяет значительно сократить стоимость и повысить оперативность обновления картографических

материалов, создать карты различных масштабов, с помощью которых определяется породный состав, биометрические характеристики лесных массивов и насаждений, появляется возможность оперативно обнаруживать и отслеживать лесные пожары, ветровалы, учитывать при лесном проектировании последние изменения в лесном фонде (вырубки, дороги и т. д.).

Картографический метод исследования лесного фонда юга Тюменской области используется в качестве основы для выявления, учета, изучения, оценки и мониторинга лесных ресурсов. По запасам лесных ресурсов Тюменская область занимает одно из ведущих положений в России. Общая площадь земель лесного фонда Тюменской области составляет 11,4 млн га с общим запасом древесины 922,5 млн м<sup>3</sup>, из них хвойных пород – 178 млн м<sup>3</sup> (Официальный портал органов государственной власти Тюменской области, 2023). Потенциально возможный ежегодный объем заготовки древесины определен в размере 16,1 млн м<sup>3</sup> (рис. 1). Анализируя данные, приведенные на рис. 1, можно сказать, что ежегодно происходит увеличение земель лесного фонда. Рост земель связан с уточнением площади лесов при лесоустройстве в 2009–2014 гг. Увеличение произошло за счет изменения площади земель, покрытых лесной растительностью (на 325,764 тыс. га), среди которых в наибольшей степени возросла площадь лесов с преобладанием мягколиственных пород.

Основная часть запасов леса сосредоточена на отдаленных территориях. С наличием на территории области крупных лесных массивов связано формирование природных комплексов и их устойчивое функционирование. В связи с тем, что хозяйственное освоение лесных ресурсов наиболее масштабно происходит на юге области, мной на примере Гольшмановского района, расположенного в лесостепной зоне, рассмотрена динамика состояния лесных угодий и дана оценка эффективности их использования. Исследования проводились с применением картографического метода.

Южная часть территории области, характеризуется более теплым климатом и представляет собой расчлененную, слабо заболоченную равнину. Леса занимают пологие лощины и западины, а также ровные поверхности (рис. 2). В лесах лесостепной зоны преобладает береза, встречается осина и режа – хвойные. В лесостепной зоне распространены боровые пески, подзолы и оподзоленные почвы, на водораздельных пространствах – луговые, торфяно-болотные и подзолисто-болотистые почвы, на повышенных элементах рельефа – выщелоченные, оподзоленные и осолоделые черноземы, в межгрядных понижениях – солонцы и солонцеватые почвы.

Объектом мониторинга лесных ресурсов юга Тюменской области являются изменения в лесном фонде, возникшие в результате использования лесов при геологическом изучении недр, разработке

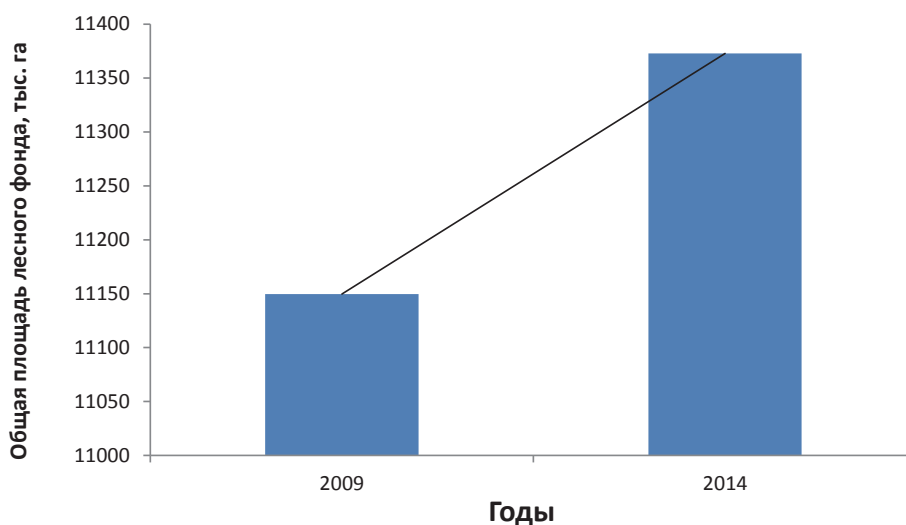


Рис. 1. Динамика общей площади лесного фонда Тюменской области  
Fig. 1. Dynamics of the total area of the forest fund of the Tyumen region

месторождений полезных ископаемых, строительстве, реконструкции, эксплуатации линейных объектов, разработке нефтепровода и газопровода (Деградация..., 2002). При этом решаются такие задачи, как определение мест, площадей и объемов незаконных (без разрешительных документов) рубок леса и выявление нарушений положений нормативных правовых актов при организации и осуществлении недропользования и лесопользования. Особого внимания заслуживает ситуация, связанная с развитием добычи нефти и газа за счет интенсивного освоения земель лесного фонда. Предприятия топливно-энергетического комплекса стараются как можно быстрее «застолбить» участок и начать добывающую деятельность, не всегда успевая оформить документы по использованию земель лесного фонда в соответствии с действующим законодательством. При этом многие линейные объекты, такие как дороги, нефтепроводы и газопроводы, размещаются не на отведенных, а на более выгодных владельцу участках. В итоге наносится огромный ущерб лесам из-за нарушения лесного законодательства, выявление и определение которого может быть выполнено с помощью данных дистанционного зондирования Земли.

Общая классификация земель по потребительским свойствам на территории Голышмановского

района представлена на рис. 3. Исходя из представленных на нем данных, земли лесного фонда составляют 64,1%.

На основе анализа топографических и ландшафтных карт Голышмановского района (рис. 4 и рис. 5) было определено, что его растительность представлена двумя формациями: древесно-кустарниковой и травянистой. Из древесных пород преобладают береза, осина, сосна. Из травянистой растительности в лесах произрастают вейник, лабазник, клевер, мятлик, косянка. Основными лесообразующими породами являются сосна, береза, осина, ель (рис. 6). Возобновление под пологом леса происходит лиственными породами: березой, осинкой.

В Голышмановском районе площадь лесничества составляет 174 486 га, площадь покрытых лесом земель – 152 984 га, лесистость территории – 37,5% (Официальный портал органов государственной власти Тюменской области, 2023). Преимущественно это подтаежный лесостепной район. В подтаежной зоне почвы дерново-подзолистые, серые лесные осолоделые, торфяно-болотные, торфяно-луговые. Все почвы тяжелосуглинистого и глинистого механического состава. Леса, расположенные в водоохранных зонах, – 2,4 тыс. га, выполняющие функции защиты природных и иных объектов, – 14,5 тыс. га, ценные леса – 1 тыс. га.

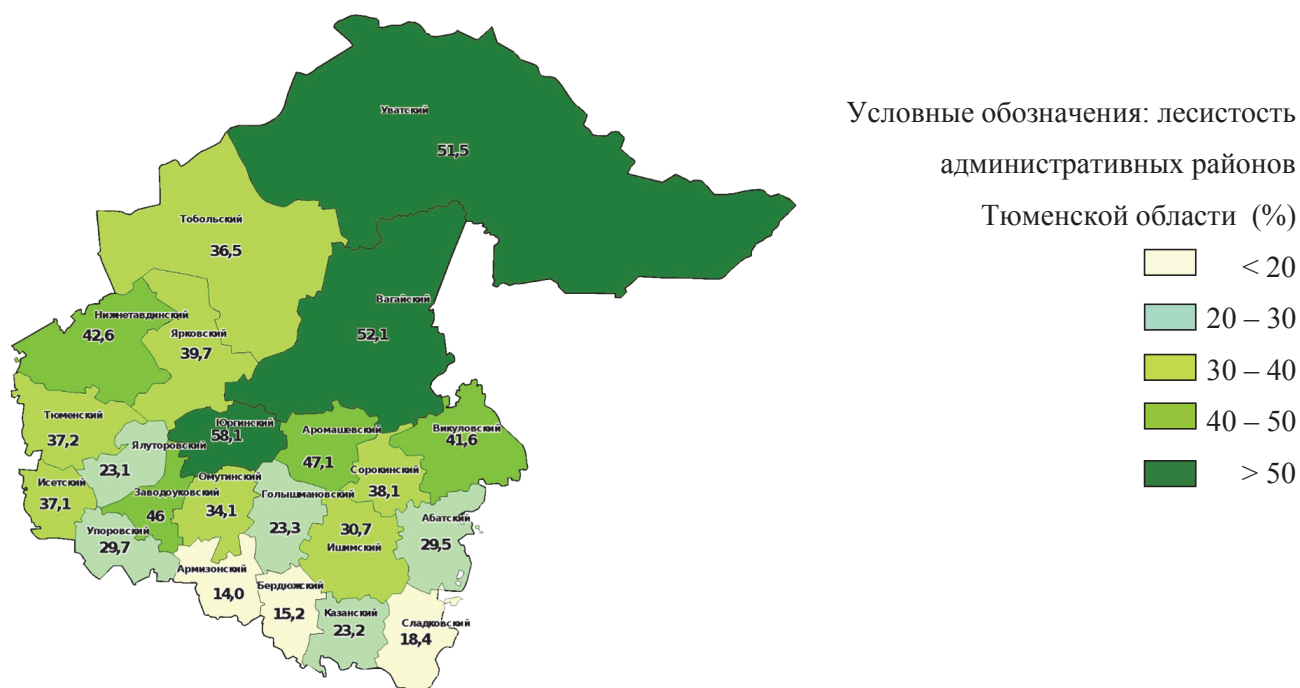


Рис. 2. Лесистость Тюменской области (по данным схемы территориального планирования)  
Fig. 2. Forest cover of the Tyumen region (according to the territorial planning scheme)



Рис. 3. Общая классификация земель Голышмановского района по потребительским свойствам (назначению)  
 Fig. 3. General classification of lands of the Golyshmanovsky district according to consumer properties (purpose)

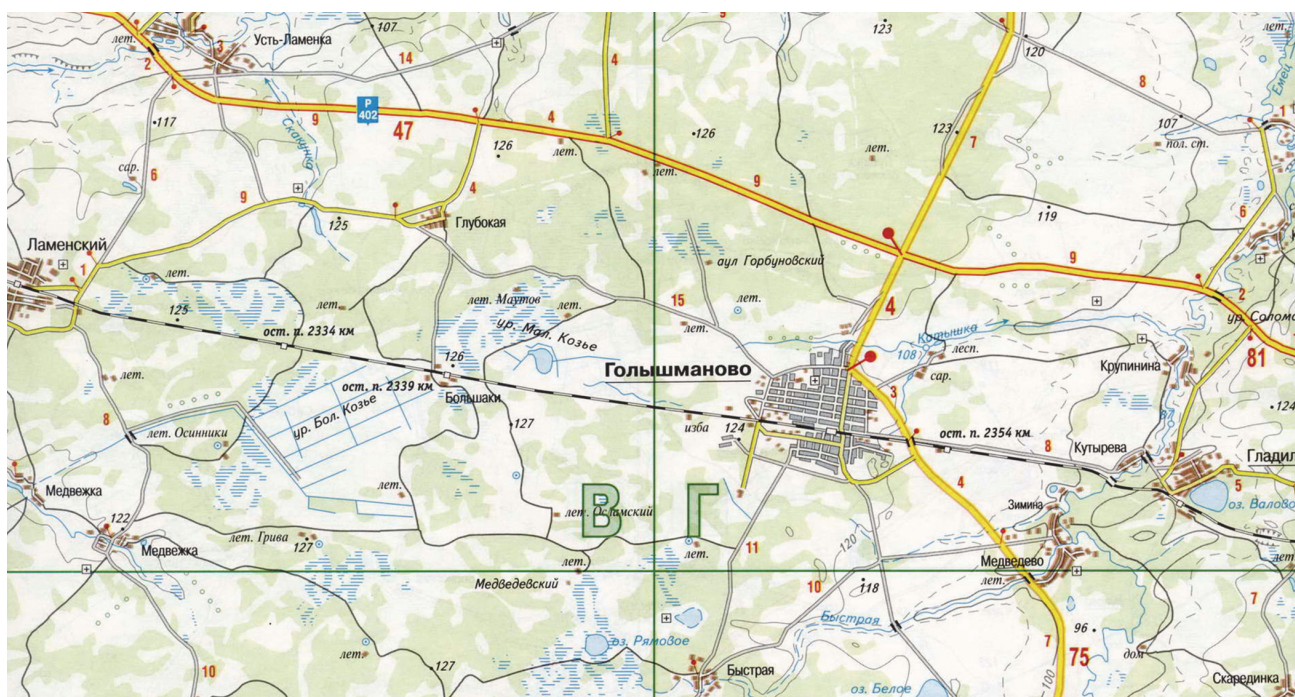


Рис. 4. Топографическая карта Голышмановского муниципального района  
 Fig. 4. Topographic map of the Golyshmanovsky municipal district

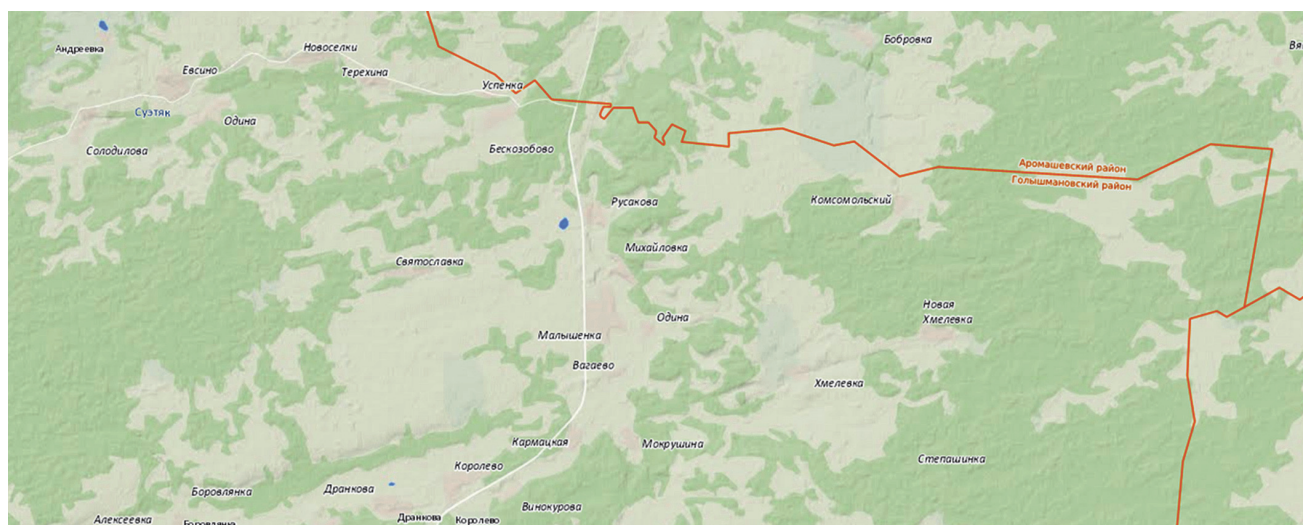


Рис. 5. Ландшафтная карта Гольшмановского района  
Fig. 5. Landscape map of the Golyshmanovsky district

Основным направлением ведения лесного хозяйства в районе является удовлетворение потребности в древесине местных потребителей и лесопользователей. Ежегодный размер заготовки древесины на всей территории района возможен в размере 143,5 тыс. м<sup>3</sup>. В районе охране и рациональному использованию леса уделяется большое внимание. Леса района по территориальному расположению и лесорастительным условиям относятся к доступным для хозяйственного воздействия.

Немаловажную роль играет картографический метод в мониторинге лесных ресурсов района в отношении защиты окружающей среды, в выполнении почвозащитных функций, в повышении продуктивности охотничьих угодий. В Гольшмановском районе проведены лесовосстановительные работы на 247 га, из них посев и посадка леса – на 127 га. Уход за лесными культурами осуществляется на площади 516 га. Расчетная лесосека составила 143,5 тыс. м<sup>3</sup>, фактическая рубка леса за 2013 г. составила 27,7 тыс. м<sup>3</sup>, из них хвойных – 4,6 тыс. м<sup>3</sup>. Рубки ухода, представляющие собой форму ухода за лесом путем удаления из насаждения нежелательных деревьев (не отвечающих хозяйственным целям и отрицательно влияющих на рост и состояние лучших и вспомогательных деревьев) и создания благоприятных условий для роста лучших деревьев главных пород, направленные на формирование высокопро-

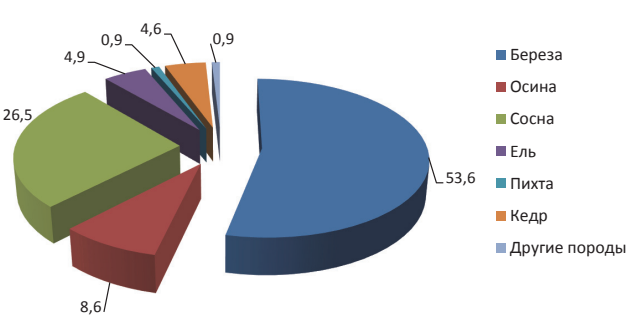


Рис. 6. Распределение площади лесов по преобладающим породам  
Fig. 6. Distribution of forest area by dominant species

дуктивных качественных насаждений и своевременное использование древесины, и санитарная рубка леса проведены на 611 га, а в 2007 г. – на 253 га, из них посадка леса проведена на 103 га, уход за лесными культурами – на площади 452 га. Фактическая заготовка древесины за 2007 г. составила 32,1 тыс. м<sup>3</sup>, в том числе по рубкам ухода и санитарным рубкам – 16,3 тыс. м<sup>3</sup>.

## Результаты

В целях восстановления лесов на вырубленных участках, а также на участках с погибшими и поврежденными насаждениями организованы работы по их воспроизводству. В том числе на лесных участках, переданных по договорам аренды для заготовки древесины, все лесовосстановительные работы проводились за счет средств арендаторов в соответствии с проектами освоения лесов.

По итогам 2013 г. лесовосстановление проведено на площади 6 694 га, в том числе:

- искусственное лесовосстановление – 2791 га (арендаторами лесных участков – 807 га);
- естественное лесовосстановление – 3735 га (2266 га);
- комбинированное лесовосстановление – 168 га;
- подготовлена почва под лесные культуры будущего года на площади 2006 га;
- заготовлены 1047,3 кг семян, из них, кг:
  - сосна – 988,3;
  - ель – 59,0;
- произведен посев семян в лесных питомниках – 16,3 га.

По данным ландшафтных карт состояние лесных ресурсов района удовлетворительное. Основными факторами антропогенной трансформации растительного покрова в лесостепи является распашка (в том числе за счет вырубки лесов). Сохранившиеся фрагменты степной растительности в настоящее время занимают только склоновые местообитания надпойменных террас немногочисленных рек, а также небольшие контуры по лесным опушкам и полянам. Степень трансформации растительного покрова в лесостепной зоне Гольшмановского района составляет около 50%.

Картографический метод показывает географическое разнообразие лесов, т. е. лесной растительности и условий ее существования как природной основы для организации лесохозяй-

ственного производства на зонально-типологической основе. Он включает следующие соподчиненные уровни деления территории в равнинной части – зоны и районы. Его цель – учет зональных особенностей в размещении лесов и лесного хозяйства (Салищев, 1990).

### Заключение

Картографический метод помогает определить и уточнить площадь лесных ресурсов и организовать систему мониторинга. На практике необходимо больше внимания уделять созданию геопространственной основы с обеспечением абсолютной точности координат в заданной проекции. В настоящее время такую возможность обеспечивает ряд снимков с высоким и сверхвысоким пространственным разрешением даже без использований точек наземной коррекции.

Использование картографического метода может быть предусмотрено и для проведения научных изысканий, справочной деятельности. Метод помогает диагностировать на ранней стадии изменения, неблагоприятные проявления воздействия природных и техногенных факторов, контролировать пожарную обстановку, оценить состояние окружающей среды (Евсюков, 2012). Применение картографического метода в мониторинге лесных ресурсов позволяет проконтролировать рубку леса даже на небольших территориях и осуществлять контроль над соблюдением границ лесосек, отведенных на законных основаниях (Гусакова, 2006).

### Список источников

- Берлянт А. М. Картографический метод исследования. 2-е изд. Москва : Изд-во МГУ, 1988. 252 с.
- Гусакова Н. В., Забалуева А. И., Румянцева В. В. Конспект лекций по курсу «Экология» / под редакцией А. Н. Королева. Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2006. 176 с.
- Деградация и демутиация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи / С. В. Залесов, Н. А. Кряжевских, Н. Я. Крупинин, К. В. Крючков, К. И. Лопатин, В. Н. Луганский, Н. А. Луганский, А. Е. Морозов, И. В. Ставищенко, И. А. Юсупов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2002. Вып. 1. 436 с.
- Евсюков Т. А. Картографический метод как инструмент исследования лесных ресурсов // Землеустройство и кадастр. 2012. № 1. С. 31–44.
- Методика дешифрирования аэрофотоснимков в целях экологического мониторинга и аудита нефтяных месторождений / С. В. Залесов, Л. И. Аткина, И. Ф. Коростелев, Н. Я. Крупинин, К. И. Лопатин, И. А. Юсупов. Екатеринбург : УрО РАН, 2003. 80 с.

Официальный портал органов государственной власти Тюменской области: официальный сайт. Тюмень. URL: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/finance/lk/info\\_les/GosLesReestr.htm?s=total-area&so=1&blk=11594319](https://admtymen.ru/ogv_ru/finance/lk/info_les/GosLesReestr.htm?s=total-area&so=1&blk=11594319) (дата обращения: 13.01.2023).

Салищев К. А. Картоведение : учебник. 3-е изд. Москва : Изд-во МГУ, 1990. 400 с.

Фомин В. В., Залесов С. В., Магасумова А. Г. Методика оценки густоты подроста и древостоев при зарастании сельскохозяйственных земель древесной растительностью с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения // Аграрный вестник Урала. 2015. № 1 (131). С. 25–29.

### References

Berlyant A. M. Cartographic method of research. 2nd ed. Moscow : Publishing House of Moscow State University, 1988. 252 p.

Degradation and demutation of forest ecosystems in the conditions of oil and gas production / S. V. Zalesov, N. A. Kryazhevskikh, N. Ya. Krupinin, K. V. Kryuchkov, K. I. Lopatin, V. N. Lugansky, N. A. Lugansky, A. E. Morozov, I. V. Stavishenko, I. A. Yusupov. Yekaterinburg : UGLTU, 2002. Issue 1. 436 p.

Evsyukov T. A. Cartographic method as a tool for forest resources research // Land management and cadastre. 2012. № 1. P. 31–44

Fomin V. V., Zalesov S. V., Magasumova A. G. Methodology for assessing the density of undergrowth and stands during overgrowth of agricultural land with woody vegetation using high spatial resolution satellite images // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. № 1 (131). P. 25–29.

Gusakova N. V., Zabalueva A. I., Rumyantseva V. V. Lecture notes on the course «Ecology». Edited by A. N. Korolev. Taganrog : Publishing house of TRTU, 2006. 176 p.

Methods of decoding aerial photographs for environmental monitoring and audit of oil fields / S. V. Zalesov, L. I. Atkina, I. F. Korostelev, N. Ya. Krupinin, K. I. Lopatin, I. A. Yusupov. Yekaterinburg : UrO RAS. 2003. 80 p.

Salishchev K. A. Cartography: textbook / K. A. Salishchev. 3rd ed. Moscow : Publishing House of Moscow State University. 1990. 400 p.

The official portal of the state authorities of the Tyumen region: the official website. Tyumen. URL: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/finance/lk/info\\_les/GosLesReestr.htm?s=total-area&so=1&blk=11594319](https://admtymen.ru/ogv_ru/finance/lk/info_les/GosLesReestr.htm?s=total-area&so=1&blk=11594319) (accessed: 01/13/2023).

### Информация об авторах

Л. Е. Кузнецов – магистр.

### Information about the authors

L. E. Kuznetsov – master's degree.

Статья поступила в редакцию 10.02.2023; принята к публикации 20.02.2023.

The article was submitted 10.02.2023; accepted for publication 20.02.2023.

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 56–65  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 56–65

Научная статья  
УДК 630.627.3  
DOI 10.51318/FRET.2023.71.34.006

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕСНОГО ФОНДА НА АРЕНДОВАННОМ ЛЕСНОМ УЧАСТКЕ НА ТЕРРИТОРИИ СОВЕТСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

Алексей Евгеньевич Попов<sup>1</sup>, Александр Владимирович Суслов<sup>2</sup>,  
Геннадий Александрович Годовалов<sup>3</sup>, Оскар Георгиевич Чуднов<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> popovalekseyevgenich@gmail.com

<sup>2</sup> suslovav@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2640-7274>

<sup>3</sup> godovalov1952@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2309-2302>

<sup>4</sup> chudnov.oskar@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты анализа структуры и динамики лесного фонда на территории арендованного лесного участка Советского лесничества ХМАО-ЮГРЫ. Они свидетельствуют, что за период с 2007 по 2021 гг. в распределении площади лесного фонда по категориям земель значительных изменений не выявлено. Небольшой фонд лесовосстановления имеет тенденцию к уменьшению, по данным 2021 г., составляет 5,3%. На лесном участке значительно преобладают сосновые насаждения, однако за ревизионный период отмечено их уменьшение, суммарная доля снизилась с 69 до 60%. В лесном фонде в границах лесного участка произрастают характерные низкопроизводительные насаждения для лесничества. Наибольшую площадь в хвойном хозяйстве занимают насаждения IV–V классов бонитета, в лиственном хозяйстве – насаждения III–IV классов бонитета. В работе проведен анализ возрастной структуры по хозяйственным секциям в соответствии с лесохозяйственным регламентом. В низкобонитетной сосновой хозсекции наблюдаются уменьшение эксплуатационного фонда на 395,2 га и увеличение площади молодняков на 641,8 га. По состоянию на 2021 г., спелые перестойные насаждения значительно преобладают (64%). В сосновых высокобонитетных насаждениях наблюдаются негативные изменения, связанные с уменьшением их общей площади на 766,6 га. Общий объем заготовки имеет устойчивую тенденцию к росту: за период 2007–2021 гг. он увеличился в 1,5 раза по запасу и в 2 раза по площади. Наибольшее увеличение расчетной лесосеки (на 4346 м<sup>3</sup>) произошло в низкобонитетной сосновой хозсекции.

**Ключевые слова:** лесной фонд, динамика лесного фонда, арендованный лесной участок, Советское лесничество, бонитет, расчетная лесосека

Scientific article

## ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE MAIN INDICATORS OF THE FOREST FUND ON A LEASED FOREST PLOT ON THE TERRITORY OF THE SOVIET FORESTRY

Alexey E. Popov<sup>1</sup>, Alexander V. Suslov<sup>2</sup>, Gennady A. Godovalov<sup>3</sup>, Oskar G. Chudnov<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Ural State Forest University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> popovalekseyevgenich@gmail.com

<sup>2</sup> suslovav@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2640-7274>

<sup>3</sup> godovalov1952@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2309-2302>

<sup>4</sup> chudnov.oskar@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of the analysis of the structure and dynamics of the forest fund on the territory of the leased forest area of the Soviet Forestry of KhMAO-YUGRA. They indicate that for the period from 2007 to 2021, no significant changes were detected in the distribution of the forest fund area by land categories. The small fund of forest restoration tends to decrease, according to 2021 it is 5.3%. Pine plantations significantly predominate in the forest area, however, their decrease was noted during the audit period, the total share decreased from 69 to 60%. In the forest fund, characteristic low-productive plantations for forestry grow within the boundaries of the forest area. The largest area in the coniferous economy is occupied by plantings of IV–V classes of bonitet, in the deciduous economy by plantings of III–IV classes of bonitet. The paper analyzes the age structure by economic sections in accordance with the forestry regulations. In the low-priority pine farm section, there is a decrease in the operational fund by 395.2 hectares, and an increase in the area of young growth by 641.8 hectares. As of 2021, special overgrown plantings significantly predominate (64%). In the newly established high-priority plantations, negative changes are observed associated with a decrease in their total area by 766.6 hectares. The total volume of harvesting has a steady upward trend: over the period 2007–2021, it increased by 1.5 times in stock, and by area – by 2 times. The largest increase in the estimated cutting area (by 4346 m<sup>3</sup>) occurred in the low-priority pine farm section.

**Keywords:** forest fund, dynamics of the forest fund, leased forest plot, Soviet forestry, bonus, estimated cutting area

### Введение

Россия имеет наибольшую площадь лесов по сравнению с другими странами. По данным Рослесхоза, в настоящее время площадь лесного фонда составляет 1 144 739,8 тыс. га. Леса произрастают в различных климатических условиях, что обуславливает их природную и экономическую неоднородность, определяет особенность и степень их освоения.

Заготовка древесины – основной вид использования лесов, определяющий развитие лесопромышленного комплекса. Наиболее привлекатель-

ными регионами для заготовки являются субъекты северо-западного и юго-восточного направления, демонстрирующие высокую конкурентоспособность на рынках. При этом наблюдается существенный контраст показателей устойчивости развития между ними и регионами, расположенными, в частности, в Сибири. Для развития лесного комплекса в России необходимо принимать меры по сокращению разрыва освоения лесов в разных частях нашей страны.

К одним из основных факторов, создающих наибольшую пространственную и экономическую

неоднородность в российском лесном хозяйстве, относят запасы древесины, площадь лесов, объемы рубки. Общий запас древесины в лесах России, по данным Росстата, составляет более 80 млрд м<sup>3</sup>. Средний запас на 1 га в спелых и перестойных насаждениях сильно варьирует по регионам, в целом по стране он составляет 132 м<sup>3</sup>.

Наибольшие запасы древесины сосредоточены в Сибирском ФО – 28082,8 млн м<sup>3</sup>. В составе него особо выделяется Ханты-Мансийский автономный округ – Югра. Он обладает значительными лесосырьевыми ресурсами. Лесистость территории округа составляет 53,6%. Общий запас древесины – 3,2 млрд м<sup>3</sup>, в том числе в спелых и перестойных насаждениях – 1,98 млрд м<sup>3</sup>. Средний запас – 110 м<sup>3</sup> на 1 га. На покрытых лесной растительностью землях преобладают сосновые насаждения (53,3%). По возрастной структуре наибольшую площадь занимают спелые и перестойные насаждения (среди хвойных пород 56,7%). Общий годовой прирост стволовой древесины по округу составляет 28,6 млн м<sup>3</sup>.

Покрытые лесной растительностью земли характеризуются значительными запасами. Но, несмотря на эти, казалось, благоприятные обстоятельства, лесопромышленный комплекс округа развит крайне слабо. По материалам лесного плана, расчетная лесосека при рубках спелых и перестойных насаждений осваивается менее чем на 10%.

В Стратегии социально-экономического развития автономного округа до 2030 г. интенсификация развития лесопромышленного комплекса – стратегически важная задача для Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Использование лесов для заготовки древесины является перспективным направлением округа. Его организация осуществляется посредством арендных отношений. Арендаторы вносят определяющий вклад в развитие лесопромышленного комплекса и освоение расчетной лесосеки. На территории округа в 2020 г. заключено 122 договора аренды с целью заготовки древесины общей площадью более 2,7 млн га с ежегодным объемом рубки 2 681,86 тыс. м<sup>3</sup>.

Для повышения эффективности лесного хозяйства на территории ХМАО-Югры необходимо иметь всесторонний анализ хозяйственной дея-

тельности и природных факторов на территории отдельных лесных участков. Чрезвычайно важны будут такие данные, как сведения об изменении породного состава, возрастной, бонитетной структуры лесов и изменения расчетной лесосеки. В основе такого анализа могут выступать материалы лесоустройства за разные периоды.

### **Цель, методика и объект исследования**

Цель исследования – оценка структуры и динамики лесов арендованного лесного участка на территории ХМАО-Югры на основе представленности различных категорий земель в его общей площади и распределения лесопокрытых площадей по основным таксационным показателям, а также анализ изменения расчетной лесосеки. Такие работы необходимы для выявления тенденций и прогнозирования изменений состава и структуры земель лесного участка и характеристик насаждений, а также обоснования предложений по рационализации лесного хозяйства.

Объектом исследований является арендованный лесной участок на территории Ханты-Мансийского автономного округа Советского лесничества Зеленоборского участкового лесничества Северного урочища общей площадью 18 674 га. По целевому назначению лесной участок полностью относится к эксплуатационным лесам.

Для достижения поставленной цели в нашей работе использовали материалы лесоустройства 2007 г. и результаты таксационных работ в 2021 г. Основным методом исследований являлось сопоставление по годам учета соответствующих распределений площадей лесного участка по категориям земель и таксационным характеристикам насаждений. Обработка статистических данных проводилась в компьютерной программе Microsoft Office Excel.

По материалам таксации 2021 г. был проведен расчет ежегодно допустимой заготовки древесины в соответствии с Приказом Рослесхоза от 27.05.2011 № 191 «Об утверждении Порядка исчисления расчетной лесосеки». Полученные данные были сопоставлены с данными договора аренды лесного участка 2007 г.

**Результаты исследований**

Исследуемый лесной участок является неоднородным по своим лесоводственно-таксационным показателям. Для анализа и динамики его характеристик проводили классификацию территории лесного участка. В первую очередь составляли таблицы по хозяйственному разделению лесов по категориям земель за разные периоды.

Анализируя данные в табл. 1, можно отметить следующее. Общая площадь лесного участка, а также площадь лесных земель не изменились,

их доля составляет 93,4%. Покрытые лесом земли занимают, по данным 2021 г., 88,1%. Доля не покрытых лесом категорий земель в общей площади незначительно снизилась, что обуславливается эффективным ведением хозяйственных мероприятий по лесовосстановлению. Также отдельно можно отметить сокращение фонда лесовосстановления на 414 га. В целом за ревизионный период на территории лесного участка больших изменений в представленности разных категорий земель не отмечено.

Таблица 1  
Table 1

Распределение общей площади арендованного лесного участка на территории Советского лесничества по годам учета и категориям земель  
Distribution of the total area of the leased forest plot on the territory of the Soviet Forestry by accounting years and land categories

Категории земель Land categories	2007		2021		Изменение, га Variability, ha
	га ha	%	га ha	%	
1. Общая площадь земель лесного фонда Total land area of the forest fund	18674	100	18674	100	0
2. Лесные земли – всего Forest lands – total	17445,5	93,4	17445,5	93,4	0
2.1. Покрытые лесом – всего Covered with forest – total	16045,4	85,9	16443,2	88,1	397,8
2.1.1. В том числе лесные культуры Including forest crops	303,7	1,6	320,6	1,7	16,9
2.2. Не покрытые лесом – всего Not covered with forest – total	1400,1	7,5	1002,3	5,4	-397,8
Редины естественные Natural redins	–	–	16,2	0,1	16,2
Фонд лесовосстановления – всего Reforestation fund – total	1400,1	7,5	986,1	5,3	-414,0
Погибшие древостои Dead stands	–	–	5,5	0,0	5,5
Вырубки Deforestation	1400,1	7,5	980,6	5,3	-419,5
3. Нелесные земли – всего Non-forest lands – total	1228,5	6,6	1228,5	–	6,6
Воды Water	23,7	0,1	23,7	–	0,1
Дороги, просеки Roads, clearings	113,1	0,6	113,1	–	0,6
Болота Swamps	944,0	5,1	944,0	–	5,1
Прочие земли Other lands	147,7	0,8	147,7	–	0,8

Экономическое значение насаждений в первую очередь определяется их количественными и качественными характеристиками. При разработке системы хозяйственных мероприятий важное значение приобретают исследования динамики лесоводственно-таксационных показателей лесных насаждений. Одной из важнейших характеристик является породный состав произрастающих на территории лесных насаждений. По материалам лесоустройства разных годов, на лесном участке значительно преобладает хвойное хозяйство, которое преимущественно представлено сосновыми насаждениями (более 60%). Сведения о распределении насаждений по преобладающим породам представлены в табл. 2.

На исследуемом участке в силу природно-климатических условий сосняки являются более устойчивыми и производительными древостоями (Перепечина и др., 2017). Однако за ревизионный период наблюдаются снижение площади сосновых насаждений на 1213,4 га и увеличение доли мягколиственных пород. Это косвенно говорит о невысокой организации лесного хозяйства. Изменения соотношений других пород в общей площади участка за ревизионный период незначительны.

Распределение площади лесопокрытых земель лесного участка по классам бонитетам по хозяйствам показано на рис. 1 и рис. 2. Это важный по-

казатель для оценки продуктивности насаждений в зависимости от условий местопроизрастания. Одной из практических задач лесного хозяйства является правильная классификация насаждений по уровню их продуктивности с учетом влияющих на нее факторов. Скорость роста насаждений напрямую зависит от класса бонитета (Гребенюк, 2019).

Анализ данных показывает, что в хвойные насаждения представлены в основном IV и V классом бонитета (72%). Чем выше класс бонитета, тем лучше условия произрастания леса. Класс IA показывает наивысшую производительность древостоя, I, II, III – высокопроизводительные классы бонитета, IV и V – низкопроизводительные, классы VA и VB указывают на крайне низкую производительность древостоя (Гребенюк, 2019). В целом за 2007 и 2021 гг. сильных изменений по данному показателю не наблюдается. В лиственном хозяйстве (см. рис. 2) за ревизионный период произошло значительное увеличение площади IV класса бонитета (713,6 га). Очевидно, это связано с отрицательной тенденцией смены сосновых насаждений березовыми.

Однако в таких условиях на лесном участке следует отметить относительно высокие запасы насаждений на 1 га в хвойном хозяйстве. Средние запасы насаждений с I по III класс бонитета

Таблица 2  
Table 2

Распределение насаждений по преобладающим породам  
Distribution of areas by accounting years and species

Годы учета Reporting years	Площади по преобладающим породам, га/процентное соотношение, % Areas by dominant species, hectar/percentage, %						Итого Total
	Сосна Pine	Ель Spruce	Лиственница Larch	Кедр Cedar	Береза Birch	Осина Aspen	
2007	11116,4 69,0	2160,3 14,0	38,9 0,3	1062,3 6,7	1667,5 10,0	0 0	16045,4 100,0
2021	9903,0 60,0	2454,5 15,0	13,5 0,1	1426,9 8,8	2632,4 16,0	12,9 0,1	16443,2 100,0
Изменения Variability	-1213,4 -9	294,2 1	-25,4 -0,2	364,6 2,1	964,9 6	12,9 0,1	397,8 0

составляют 208 м<sup>3</sup>/га, а с IV по V – 193 м<sup>3</sup>/га. В целом это отражает естественную характеристику запаса древостоев на исследуемом участке. Сосна распространяется во всех классах бонитета и является основной лесообразующей породой, что позволяет заготавливать древесину в полном объеме.

При лесоустроительном проектировании в основу берется хозяйственная секция как первичная расчетная единица. Поэтому для оценки эффективности лесного хозяйства на лесном участке проводили анализ изменения возрастной структуры насаждений именно по хозяйственным секциям. Данные представлены в табл. 3.

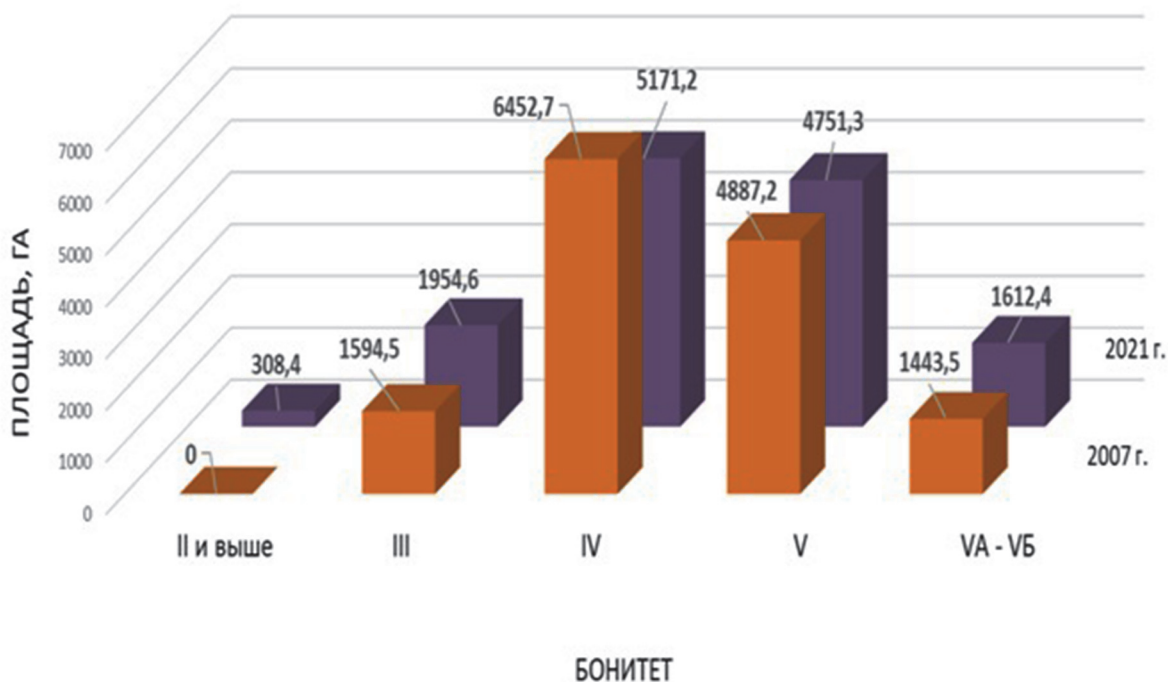


Рис. 1. Динамика распределения площадей по классам бонитета в хвойных насаждениях  
 Fig 1. Dynamics of distribution of areas by quality classes in coniferous plantations

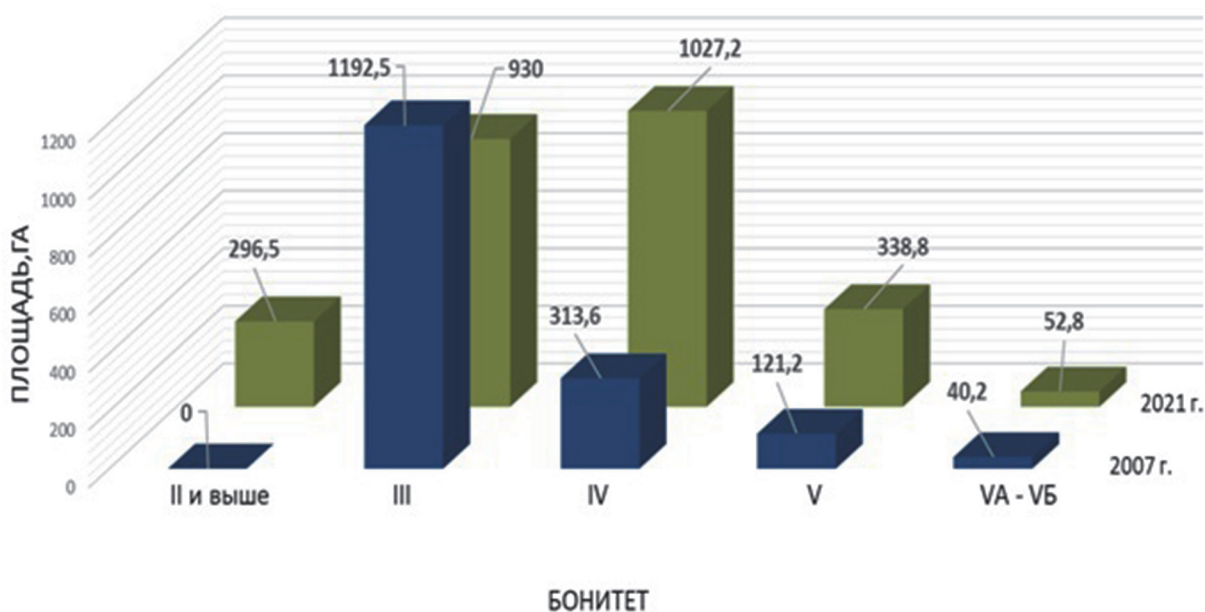


Рис. 2. Динамика распределения площадей по классам бонитета в мягколиственных насаждениях  
 Fig 2. Dynamics of area distribution by quality class in softwood plantations

Таблица 3  
Table 3

Распределение площадей хозяйственных секций по группам возраста  
Distribution of the area of economic sections by age groups

Группа возраста Plantation age groups	Годы учета Accounting year	Площадь хозсекции, га / запас м <sup>3</sup> Area of utility section, hectar / reserve m <sup>3</sup>				Всего Total
		Сосна Pine I–III	Сосна Pine IV–V	Ель Spruce	Лиственница Larch	
Молодняки Young growths	2007	<u>2534,9</u> 17299	<u>2623,9</u> 6877	<u>111,3</u> 391	<u>235,2</u> 128	<u>5505,3</u> 24695
	2021	<u>1081,4</u> 9126,5	<u>1982,1</u> 8496,9	<u>145,1</u> 573,1	<u>905,9</u> 2306,6	<u>4114,5</u> 20503,1
	Изменения Variability	<u>-1453,5</u> -8172,5	<u>-641,8</u> 1619,9	<u>33,8</u> 182,1	<u>670,7</u> 2178,6	<u>-1390,8</u> -4191,9
Средневозрастные Middleaged	2007	<u>0</u> 0	<u>348,3</u> 2803	<u>0</u> 0	<u>58,2</u> 156	<u>406,5</u> 2959
	2021	<u>436,8</u> 6115,4	<u>823,2</u> 7840	<u>119</u> 1598	<u>930,6</u> 6800,9	<u>2309,6</u> 22354,3
	Изменения Variability	<u>436,8</u> 6115,4	<u>474,9</u> 5037	<u>119</u> 1598	<u>872,4</u> 6644,9	<u>1903,1</u> 19395,3
Приспевающие Coming	2007	<u>0</u> 0	<u>89,9</u> 735	<u>9</u> 45	<u>10,5</u> 105	<u>109,4</u> 885
	2021	<u>182</u> 3649,4	<u>14,8</u> 153,7	<u>32,2</u> 290,9	<u>38,7</u> 154	<u>267,7</u> 4248
	Изменения Variability	<u>182</u> 3649,4	<u>-90,5</u> -581,3	<u>-9</u> 245,9	<u>5,5</u> 49	<u>88</u> 3363
Спелые и перестойные Ripe and stop	2007	<u>191,3</u> 6458	<u>5433,1</u> 130346	<u>1218,9</u> 18782	<u>1241,3</u> 25652	<u>8084,6</u> 181238
	2021	<u>259,4</u> 10444,3	<u>5037,9</u> 78637,8	<u>1489,3</u> 25303,2	<u>779,1</u> 11737,1	<u>7565,7</u> 126122,4
	Изменения Variability	<u>68,1</u> 3986,3	<u>-395,2</u> -51708,2	<u>270,4</u> 6521,2	<u>-462,2</u> -13914,9	<u>-518,9</u> -55115,6
Итого 2007 Total		<u>2726,2</u> 23757	<u>8495,2</u> 140761	<u>1339,2</u> 19218	<u>1545,2</u> 26041	<u>14105,8</u> 209777
Итого 2021 Total		<u>1959,6</u> 29335,6	<u>7858</u> 95128,4	<u>1785,6</u> 27765,2	<u>2654,3</u> 20998,6	<u>14257,5</u> 173227,8

С учетом принятых возрастов рубок в соответствии с лесохозяйственным регламентом Советского лесничества выделяли сосновую высокобонитетную хозсекцию (сосна I–III бонитета), сосновую низкобонитетную (сосна IV–V бонитета), еловую и лиственную. На лесном участке еловые насаждения были представлены только IV–V классами бонитета. В лиственную хозсекцию объединили березовые и осиновые насаждения вследствие незначительной площади последних. Из хозсекций были исключены насаждения, не вовлеченные в рубку.

За период 2007–2021 гг. в возрастной структуре хозяйственных секций произошли неоднородные изменения.

В наиболее представленной низкобонитетной сосновой хозсекции наблюдаются уменьшение эксплуатационного фонда на 395,2 га и увеличение площади молодняков на 641,8 га. Такие данные свидетельствуют об активном использовании этих насаждений для заготовки древесины. В целом за ревизионный период в хозсекции сосны IV–V бонитета отмечено относительное выравнивание насаждений по группам возраста. Но на 2021 г.

спелые перестойные насаждения еще значительно преобладают (64%), это говорит о необходимости увеличения объема заготовки древесины. Аналогичная ситуация сложилась в лиственной хозсекции, которая в основном представлена березовыми насаждениями.

В хозсекции сосны I–III бонитета отмечены следующие изменения: увеличение площади спелых и перестойных насаждений на 68,1 га, уменьшение площади молодняков на 1453,5 га и увеличение средневозрастных насаждений на 436,8 га. В еловой хозсекции ситуация аналогичная. Очевидно, это естественные процессы эксплуатации и возрастных изменений. Однако в сосновых высокобонитетных насаждениях наблюдаются и негативные показатели, связанные с уменьшением их общей площади на 766,6 га.

В настоящее время актуальными проблемами на территории Российской Федерации являются подходы к определению и использованию расчетной лесосеки (Матвеев и др., 2019). Расчетные лесосеки определяются в соответствии с Приказом Рослесхоза от 27.05.2011 № 191 и устанавливаются в лесохозяйственном регламенте на территорию лесничества (Приказ... № 18-НП, 2018). Определение методик возможного объема изъятия

древесины на лесном участке законодательно не утверждено, поэтому в практике используют часто те же подходы. Основой оценки заготовки древесины является анализ сопоставления основных характеристик лесов и расчетной лесосеки по данным прошлого и настоящего лесоустройства (Перепечина и др., 2017).

Сведения об изменениях расчетных лесосек по хозяйственным секциям по запасу показаны на рис. 3.

В низкобонитетной сосновой хозсекции произошло наибольшее увеличение расчетной лесосеки (на 4346 м<sup>3</sup>). В целом, это отражает их возрастную структуру и говорит о заниженных объемах заготовки по договору аренды 2007 г. В лиственных насаждениях, очевидно за счет увеличения их площади, расчетная лесосека увеличилась на 45% и составила 4946 м<sup>3</sup>.

В хозсекции сосны I–III бонитета хотя и произошло накопление эксплуатационного фонда, но из-за уменьшения ее общей площади расчетная лесосека уменьшилась на 750 м<sup>3</sup>.

В целом общий объем заготовки имеет устойчивую тенденцию к росту: за период 2007–2021 гг. он увеличился в 1,5 раза по запасу и в 2 раза по площади.

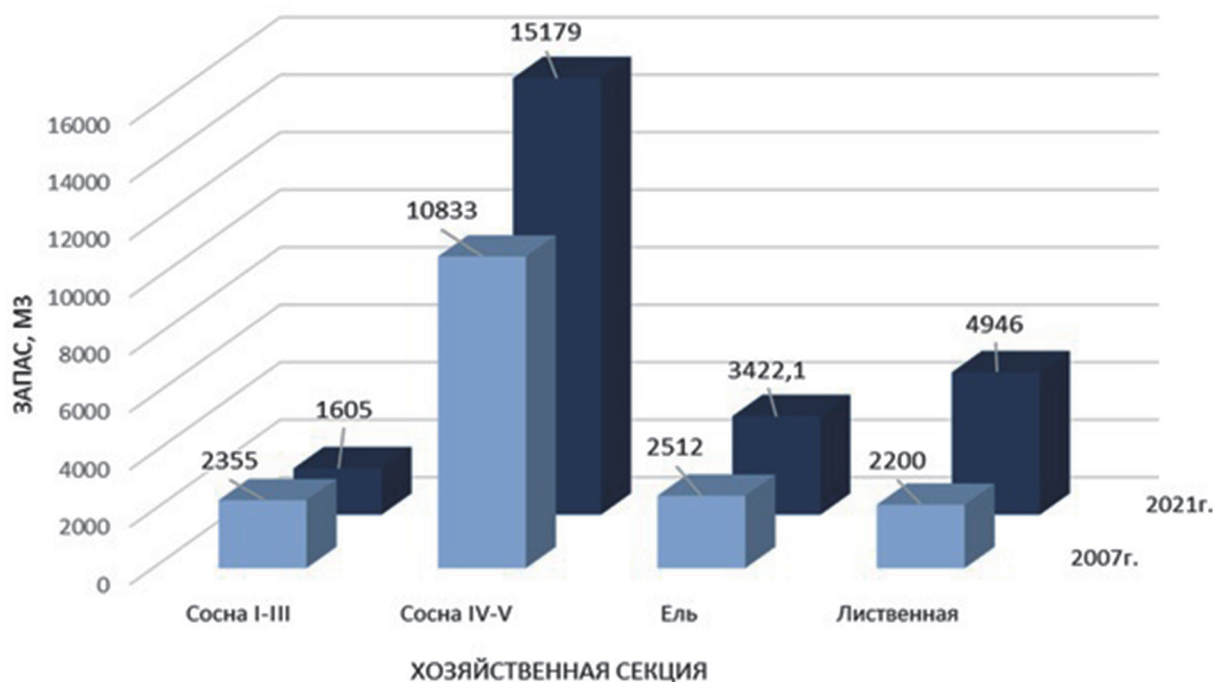


Рис. 3. Расчетные лесосеки по запасу и годам лесоустройства  
Fig. 3. Allowable cutting areas by stock and years of forest inventory

На лесном участке проявляется общая тенденция необходимости повышения эффективности использования лесного фонда, а также сохранения благоприятного санитарного состояния лесных насаждений исследуемого района, необходимо увеличить использование расчетной лесосеки по рубкам спелых и перестойных лесных насаждений (Гребенюк, 2019).

### Выводы

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие обобщения и выводы.

За анализируемый период в распределении площади лесов на территории лесного участка по категориям земель сильных изменений не наблюдается. Значительно преобладают покрытые лесом земли (более 85%), фонд лесовосстановления имеет тенденцию к уменьшению, по данным 2021 г., составляет 5,3%.

На лесном участке значительно преобладают сосновые насаждения (более 60%), однако за ревизионный период наблюдается снижение их площади на 1213,4 га и увеличение доли мягколиственных пород. Покрытые лесом насаждения представлены в основном насаждениями IV и V классов бонитета (72%).

В низкобонитетной сосновой хозсекции наблюдаются уменьшение эксплуатационного фон-

да на 395,2 га и увеличение площади молодняков на 641,8 га. По состоянию на 2021 г., спелые перестойные насаждения значительно преобладают (64%), это говорит о необходимости увеличения объема заготовки древесины.

В сосновых высокобонитетных насаждениях наблюдаются негативные изменения, связанные с уменьшением их общей площади на 766,6 га. Здесь отмечены увеличение площади спелых и перестойных насаждений на 68,1 га, уменьшение площади молодняков на 1453,5 га и увеличение средневозрастных насаждений на 436,8 га.

В низкобонитетной сосновой хозсекции произошло наибольшее увеличение расчетной лесосеки (на 4346 м<sup>3</sup>). В хозсекции сосны I–III бонитета расчетная лесосека уменьшилась на 750 м<sup>3</sup>. В целом общий объем заготовки имеет устойчивую тенденцию к росту: за период 2007–2021 гг. он увеличился в 1,5 раза по запасу и в 2 раза по площади.

В целом анализ структуры и динамики лесного фонда на арендованном лесном участке на территории Советского лесничества показывает на необходимость повышения эффективности мероприятий, связанных с использованием лесов, направленных на предотвращение нежелательной смены хвойных насаждений на лиственные и улучшение возрастной структуры лесов.

### Список источников

- Гребенюк А. Л. Оценка потенциала лесных земель на примере запасов лесообразующих древостоев по классам бонитета с целью оптимальной лесоэксплуатации // Системы. Методы. Технологии. 2019. С. 112–119.
- Матвеев С. М., Водолажский А. Н., МIRONENKO А. В. Подходы и предложения к определению и выполнению расчетной лесосеки в Российской Федерации // Лесотехнический журнал. 2019. С. 68–86.
- О стратегии социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры до 2036 года с целевыми ориентирами до 2050 года : распоряжение правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры 03.11.2022 года № 679-рп. URL: <https://docs.cntd.ru/document/406285990?marker> (дата обращения: 03.03.2023).
- Об утверждении лесохозяйственного регламента Советского лесничества и признании утратившими силу некоторых приказов Департамента природных ресурсов и несырьевого сектора экономики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры : приказ Департамента недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 29.03.2018 г. № 15-нп. URL: <https://docs.cntd.ru/document/543556964> (дата обращения: 03.03.2023).
- Перепечина Ю. И., Глушенков О. И., Глушенков И. С. Анализ динамики основных показателей лесного фонда на арендованных участках лесов // Лесной вестник. 2017. № 5 (21). С. 39–44.

Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 27.05.2011 г. № 191 «Об утверждении порядка исчисления расчетной лесосеки». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902283266> (дата обращения: 03.03.2023).

Лесоустроительное проектирование : учебное пособие / А. В. Суслов, И. С. Сальникова, А. А. Григорьев, А. А. Бартыш ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. 90 с.

### References

Grebenyuk A. L. Evaluation of the potential of forest lands on the example of reserves of forest-forming stands by bonus classes for the purpose of optimal forest exploitation // Systems. Methods. Technologies. 2019. P. 112–119.

Forest management design: textbook / A. V. Suslov, I. S. Salnikova, A. A. Grigoriev, A. A. Bartysh ; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Ural State Forestry University. Yekaterinburg : UGLTU, 2021. 90 p.

Matveev S. M., Vodolazhsky A. N., Mironenko A. V. Approaches and proposals to the definition and implementation of the calculated cutting area in the Russian Federation // Forestry journal. 2019. P. 68–86.

On the approval of the forestry regulations of the Soviet Forestry and the invalidation of certain orders of the Department of Natural Resources and the Non-Resource Sector of the Economy of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra : Order of the Department of Subsoil Use and Natural Resources of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra dated 29.03.2018 № 15. URL: <https://docs.cntd.ru/document/543556964> (accessed: 03.03.2023).

On the strategy of socio-economic development of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra until 2036 with targets until 2050: Decree of the Government of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra 03.11.2022. № 679-рп. URL: <https://docs.cntd.ru/document/406285990> marker (accessed: 03.03.2023).

Order of the Federal Forestry Agency № 191 dated 27.05.2011 «On approval of the procedure for calculating the estimated cutting area». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902283266> (accessed: 03.03.2023).

Perepechina Yu. I., Glushenkov O. I., Glushenkov I. S. Analysis of the dynamics of the main indicators of the forest fund on leased forest plots // Lesnoy vestnik. 2017. № 5 (21). P. 39–44.

### Информация об авторах

А. Е. Попов – магистрант;

А. В. Суслов – кандидат сельскохозяйственных наук;

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

О. Г. Чуднов – студент.

### Information about the authors

A. E. Popov – student;

A. V. Suslov – Candidate of Agricultural Sciences;

G. A. Godovalov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

O. G. Chudnov – student.

Статья поступила в редакцию 10.02.2023; принята к публикации 20.02.2023.

The article was submitted 10.02.2023; accepted for publication 20.02.2023.

---

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 66–73  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 66–73

Научная статья

УДК 630.181\*232.43

DOI 10.51318/FRET.2023.31.69.007

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ЛИСТВЕННОЦИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Марина Юрьевна Чумакова<sup>1</sup>, Татьяна Сергеевна Воробьева<sup>2</sup>, Надежда Ивановна Ярусова<sup>3</sup>,  
Светлана Сергеевна Постникова<sup>4</sup>, Иван Борисович Воробьев<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>5</sup> Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Татьяна Сергеевна Воробьева,

vorobyevats@m.usfeu.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы ростовых процессов географических культур лиственницы европейской в динамике за 68-летний период. Культуры были созданы под руководством профессора В.П. Тимофеева в 1954 г. на территории Бронницкого лесничества Виноградовского лесхоза Московской области в Лесной опытной даче Тимирязевской сельскохозяйственной академии. Посадками культур занимался лесничий П.И. Дементьев. Географические культуры высаживались сеянцами двухлетнего возраста. Сеянцы были выращены в питомнике из семян, прибывших из 41 пункта СССР. Кроме лиственницы европейской, были посажены также лиственницы Сукачева, сибирская, европейская, даурская, Чекановского и японская. Культуры высаживались в чистом виде и в рядовом смешении с сосной, елью, липой и кленом.

Лиственница европейская была выбрана в данном исследовании как наиболее перспективный вид для выращивания в условиях Московской области. Цель исследования – выявление закономерностей в возрастной динамике таксационных показателей географических культур лиственницы европейской. Были взяты данные разных авторов в период 1968–2019 гг., дополненные результатами собственных исследований. На их основе проведен статистический анализ по морфометрическим показателям роста и продуктивности экотипов лиственницы европейской в оптимальных для древесной породы лесорастительных условиях Московского региона. Подобрано уравнение возрастной динамики с численными коэффициентами и представлены параметры по среднему диаметру древостоев. Статистическое моделирование возрастной динамики среднего диаметра проведено по ростовой функции Корсуня – Бакмана. Высокие значения показателя детерминации ( $R^2 = 0,999$ ) и незначительные ошибки уравнений регрессии ( $SE = 0,30...1,6\%$ ) подтверждают надежность аппроксимации эмпирических данных.

Наилучшие показатели по среднему диаметру с увеличением возраста можно отметить у культур лиственницы европейской, привезенной из Московской области Раменского (ПП 24) и Краснопахорского (ПП 37) районов и Ивано-Франковской области Галичского района (ПП 15).

**Ключевые слова:** лиственница европейская, географические культуры, происхождение, средняя характеристика роста, возрастная динамика таксационных показателей

Scientific article

## FEATURES OF THE GROWTH OF GEOGRAPHICAL CROPS OF EUROPEAN LARCH IN THE MOSCOW REGION

Marina Yu. Chumakova<sup>1</sup>, Tatyana S. Vorobyeva<sup>2</sup>, Nadezhda I. Yarusova<sup>3</sup>,  
Svetlana S. Postnikova<sup>4</sup>, Ivan B. Vorobyev<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>5</sup> Institute of Plant and Animal Ecology Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Tatyana S. Vorobyeva,

vorobyevats@m.usfeu.ru

**Abstract.** This article discusses the growth processes of geographical cultures of European larch in dynamics over a 68-year period. Cultures were created under the guidance of Professor V.P. Timofeev in 1954 on the territory of the Bronnitsky forestry of the Vinogradovsky forestry enterprise of the Moscow region in the Forest Experimental Dacha of the Timiryazev Agricultural Academy. The forester P.I. Dementiev was engaged in planting crops. Geographic cultures were planted with seedlings of two years of age. Seedlings were grown in the nursery from seeds that arrived from 41 points of the USSR. In addition to European larch, Sukachev, Siberian, European, Dahurian, Chekanovsky and Japanese larches were also planted. Cultures were planted in pure form and in ordinary mixture with pine, spruce, linden and maple.

European larch was chosen in this study as the most promising species for cultivation in the conditions of the Moscow region. The purpose of the study is to identify patterns in the age dynamics of taxation indicators of geographical crops of European larch. Statistical analysis of 60-year data on morphometric indicators of growth and productivity of European larch ecotypes in the forest conditions of the Moscow region that are optimal for a tree species is presented. The equation of age dynamics with numerical coefficients is selected and the parameters for the average diameter of forest stands are presented. Statistical modeling of the age dynamics of the average diameter was carried out using the Korsun – Bakman growth function. High values of the determination index ( $R^2 = 0,999$ ) and insignificant errors in the regression equations ( $SE = 0,30 \dots 1,6\%$ ) confirm the reliability of the empirical data approximation.

The best indicators in terms of average diameter with increasing age can be noted in crops of European larch, brought from the Moscow region of Ramensky (PP 24) and Krasnopakhorsky (PP 37) districts and Ivano-Frankivsk region of the Galich district (PP 15).

**Keywords:** european larch, geographical crops, origin, average growth characteristics, age dynamics of taxation indicators

### Введение

Лиственница является перспективной породой при искусственном лесоразведении. Она имеет достаточно высокие темпы роста, качественную древесину, высокую производительность и обладает хорошими водоохранными и почвозащитными свойствами, устойчива к различным вредителям и болезням.

Произрастает в умеренных и холодных (субарктических и субальпийских) областях Евра-

зии и Северной Америки, в низовьях Енисея, на Таймыре и далее к востоку, заходит даже в южную часть арктического климатического пояса. Наиболее южные области планетарного ареала лиственницы находятся в высокогорьях субтропиков.

В настоящий момент лиственница не произрастает в центральных районах европейской части России, но ранее присутствовала на территории Подмосковья.

Доля участия насаждений с преобладанием лиственницы незначительна, и в научном сообществе все чаще поднимается вопрос об ее увеличении, в том числе с помощью искусственного лесовозобновления.

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

Цель работы заключается в выявлении закономерностей возрастной динамики таксационных показателей роста географических культур лиственницы.

Географические культуры лиственницы были созданы под руководством проф. В.П. Тимофеева в 1954 г. в Московской области в 74 квартале Бронницкого лесничества Виноградовского лесхоза на территории Лесной опытной дачи Тимирязевской сельскохозяйственной академии (ныне Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева) лесничим П.И. Дементьевым. Опытные посадки были проведены на площади 41,7 га. Для изучения были высажены 6 видов лиственницы (лиственницы Сукачева, сибирская, европейская, даурская, Чекановского и японская)

из 41 пункта СССР (Глазунов и др., 2017; Мельник и др., 2016; Пак, Бобринев, 2016; Чернов, 2005; Залесов и др., 2007). Каждый климатип лиственницы был представлен в 5 вариантах: чистые культуры (5 и 6), в смешении через ряд с сосной (3 и 4), елью (1 и 2), липой и кленом (7–9). Посадка проводилась 2-летними сеянцами при сплошной обработке почвы по схеме 3×3 м по углам квадратов под «меч Колесова» ранней весной после посева семян точно установленного географического происхождения в питомнике в 1952 г. При этом соблюдалась густота посадки 8000 шт./га. План посадки лиственницы приведен на рис. 1 (Корешков, Царева, 2021).

Агротехнические и лесохозяйственные виды уходов за культурами не проводились, за исключением уборки сухостойных деревьев.

Ежегодно в течение первых 25 лет были проведены сплошные перечеты с нахождением средних значений высоты и диаметра на высоте 1,3 м от уровня почвы, определялся класс Крафта и категория состояния (Тимофеев, 1961). Повторные измерения были проведены в 2012–2013 гг. (Хлюстов, Корешков, 2019) и авторами в 2020–2021 гг.

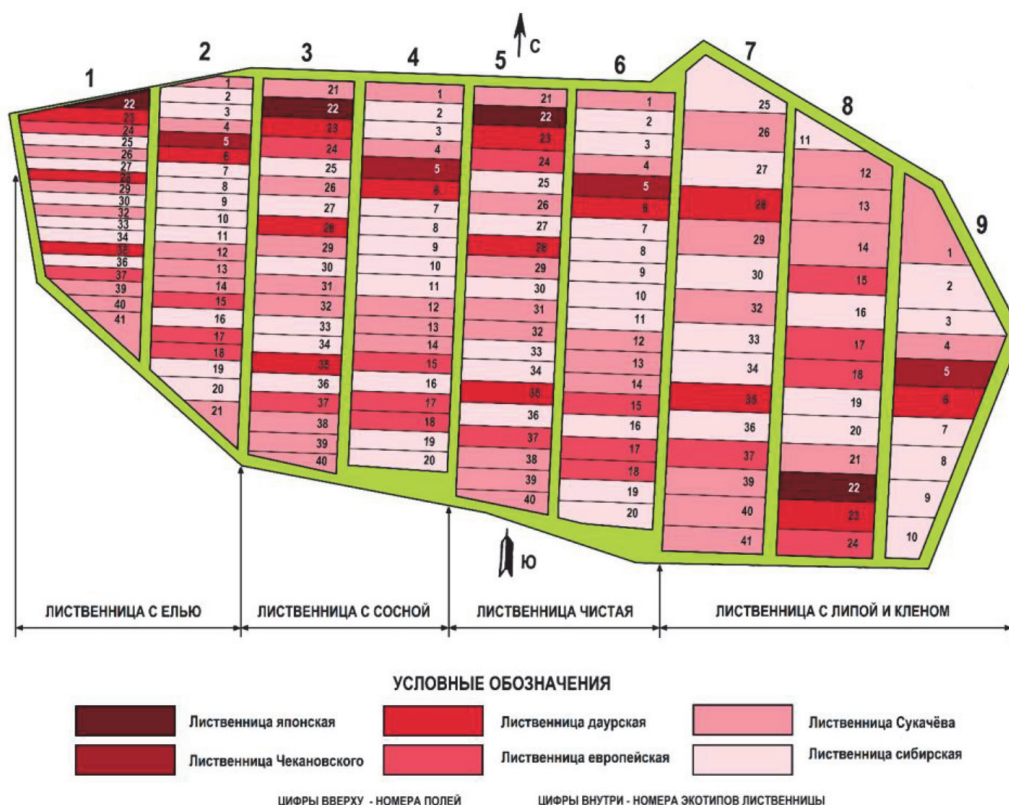


Рис. 1. План посадки географических культур лиственницы (чистые: вариант 5 и 6 и в смешении: 1–4, 7–9)  
 Fig. 1. Plan for planting geographical crops of larch (pure: option 5 and 6 and mixed: 1–4, 7–9)

На данный момент культуры достигли биологического возраста 68 лет.

В статье рассматриваются только чистые посадки лиственницы европейской как наиболее перспективного вида для выращивания в условиях Московской области. Семена для выращивания сеянцев были привезены из пяти регионов страны: Ивано-Франковской области (Галичский и Долинский районы) и Московской области (Уваровский, Раменский и Краснопахорский районы).

**Результаты исследования**

Наилучшим ростом по всем таксационным характеристикам отмечается лиственница европейская. Средний диаметр этого вида составляет 34,4 см, средняя высота – 30,4 м, запас на 1 га – 1105 м<sup>3</sup>, сохранность – 71,6% в 60-летнем возрасте (Ивано-Франковская область, Галичский район ППП 15). Значительно уступает лиственница сибирская, привезенная из Республики Хакасия,

Сонский лесхоз (Хлюстов, Корешков, 2017) (средний диаметр – 25,3 см, средняя высота – 25,5 м, запас на 1 га – 366 м<sup>3</sup>), и ее сохранность значительно меньше (53,3%). Экземпляры лиственницы Сукачева и даурской характеризуются средними показателями (средний диаметр – 28,2 см и 29,1 см, средняя высота – 27,5 м и 27,7 м, запас на 1 га – 586 м<sup>3</sup> и 680 м<sup>3</sup> соответственно), а привезенные из Горно-Алтайского АО (Шабалинский район) и из Якутской АССР (Вилюйский район) погибли полностью. Лиственницы Чекановского и японская также уступают в росте лиственнице европейской как по диаметру и высоте, так и по запасу (612 м<sup>3</sup> и 823 м<sup>3</sup> соответственно).

Таксационная характеристика лиственницы европейской в момент посадки, по пятилетиям возраста, а также в 60 и 68 лет представлена в табл. 1. Данные были взяты из работ проф. В. П. Тимофеева (с 2 до 25 лет), В. К. Хлюстова (60-летние культуры) и собственных измерений (68-летние культуры).

Таблица 1  
Table 1

Таксационная характеристика лиственницы европейской (фрагмент)  
Taxation characteristics of European larch (fragment)

№ ПП № PP	Происхождение экотипов лиственницы европейской Origin of ecotypes of European larch	Средний диаметр, см Average diameter, cm	Средняя высота, м Average height, m	Запас, м <sup>3</sup> Stock, m <sup>3</sup>	Количество деревьев, шт. Number of trees, pcs
1	2	3	4	5	6
2-летние культуры (В. П. Тимофеев, 1961) 2-year-old crops					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	0,03	0,2	0,5	99
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	0,03	0,1	1,0	198
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	0,01	0,1	0,5	198
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	0,02	0,1	0,7	194
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	0,02	0,2	2,5	194
5-летние культуры (В. П. Тимофеев, 1961) 5-year-old crops					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	2,2	2,0	15	88
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	0,5	0,8	10	154
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	0,5	0,8	12	152

Окончание табл. 1  
The end of table 1

1	2	3	4	5	6
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	0,7	1,5	12	155
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	0,9	2,0	30	155
15-летние культуры (В. П. Тимофеев, 1961) 15-year-old cultures					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	9,5	9,0	170	71
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	7,0	7,5	80	57
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	7,4	7,4	90	74
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	7,5	8,5	130	75
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	8,0	11,0	170	83
25-летние культуры (В. П. Тимофеев, 1961) 25-year-old cultures					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	18,0	17,5	500	44
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	13,1	14,5	220	37
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	13,0	15,0	230	40
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	13,5	16,0	280	41
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	14,0	18,5	350	46
60-летние культуры (В. К. Хлюстов, 2019) 60-year-old cultures					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	34,4	30,4	1105	36
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	25,0	27,0	750	26
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	27,0	25,5	600	23
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	33,6	28,0	1250	38
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	31,0	32,0	1050	39
68-летние культуры (данные авторов) 68-year-old cultures					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	36,2	32,2	1058	31
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	29,6	29,7	651	22
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	29,6	26,4	601	20
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	33,5	31,5	1457	31
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	33,1	32,7	1170	35

Статистическое моделирование возрастной динамики среднего диаметра географических культур по данным постоянных пробных площадей проведено по ростовой функции Корсуня – Бакмана (1),

параметры которой приведены в табл. 2. Кривые распределения средних диаметров с возрастом представлены на рис. 2.

$$D = \exp(a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A + a_3 \ln^3 A). \quad (1)$$

Таблица 2  
Table 2

Численные коэффициенты и статистические параметры уравнений регрессии средних диаметров  
Numerical coefficients and statistical parameters of the regression equations of average diameters

Регион Name of region	Численные коэффициенты и параметры уравнения Numerical coefficients and equation parameters					
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$R_2$	$SE, \%$
Ивано-Франковская область, Галичский район (ПП 15) Ivano-Frankivsk region, Galich district (PP 15)	-7,1417	6,0667	-1,1788	0,0807	0,999	1,4
Ивано-Франковская область, Долинский район (ПП 17) Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district (PP 17)	-12,1119	9,5936	-2,0390	0,1496	0,999	0,3
Московская область, Уваровский район (ПП 18) Moscow region, Uvarovsky district (PP 18)	-7,6334	6,2815	-1,2641	0,0935	0,999	1,4
Московская область, Раменский район (ПП 24) Moscow region, Ramensky district (PP 24)	-8,3219	6,9149	-1,4594	0,1150	0,999	1,2
Московская область, Краснопахорский район (ПП 37) Moscow region, Krasnogorsky district (PP 37)	-8,2573	7,0909	-1,5569	0,1272	0,999	1,6

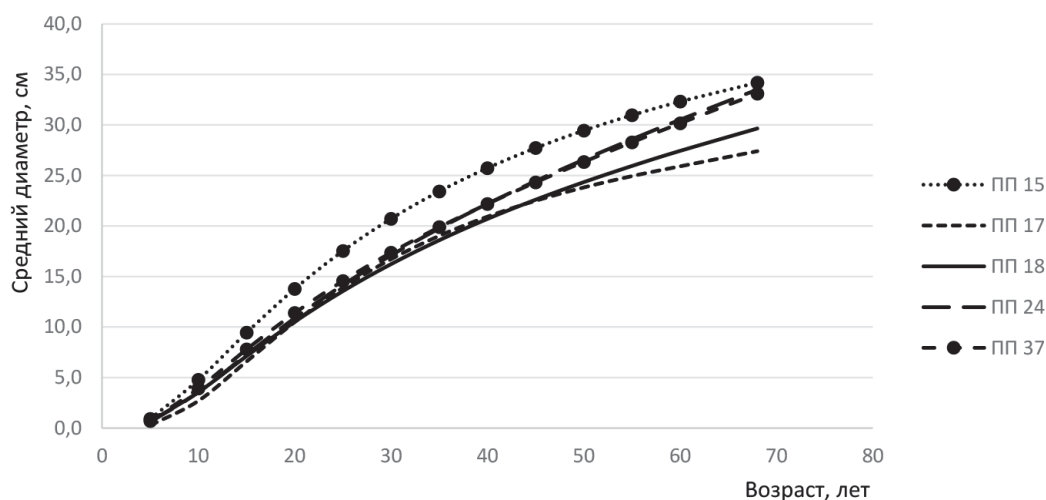


Рис. 2. Возрастная динамика средних диаметров экотипов лиственницы европейской  
Fig. 2. Age dynamics of average diameters of European larch ecotypes

### Дискуссия

Проведенный статистический анализ данных по толщине деревьев представлен в виде регрессионной модели среднего диаметра с использованием функции Корсуня – Бакмана, которая в полной мере соответствует возрастной аппроксимации среднего диаметра.

Диаметр деревьев учитывается только после достижения высоты более 1,3 м. Обычно у лиственницы, произрастающей в сложных суборях, эта высота достигается в возрасте 5–7 лет. Регрессионная модель должна иметь константу начального роста ( $a_0$ ) значительно меньшую, чем в регрессиях средней высоты.

Высокие значения показателя детерминации ( $R^2=0,999$ ) и незначительные ошибки уравнений регрессии ( $SE=0,30\dots 1,6\%$ ) подтверждают надежность аппроксимации эмпирических данных.

Наилучшие показатели по среднему диаметру с увеличением возраста можно отметить у культур лиственницы европейской, привезенной из Московской области Раменского (ПП 24) и Краснопахорского (ПП 37) районов и Ивано-Франковской области Галицкого района (ПП 15). Также высокие показатели на данных пробных площадях можно отметить по средней высоте и запасу.

### Выводы

В работе, помимо собственных исследований в 2020–2021 гг., использованы результаты работ разных авторов за 68-летний период. Исследования в первые 25 лет проводились проф. В.П. Тимофеевым и представлены были в рукописном тексте. В 60-летнем возрасте изучением роста культур лиственницы европейской занимался В.К. Хлюстов.

В культурах лиственницы европейской интенсивный рост и лучшие показатели имеют экотипы второго поколения из Раменского городского округа Московской области на ППП 24 ( $M = 1457 \text{ м}^3/\text{га}$ ;  $A = 68$  лет) и Троицкого административного округа Москвы (ранее Красно-Пахорского района Московской области) на ППП 37 ( $M = 1170 \text{ м}^3/\text{га}$ ;

$A = 68$  лет). Высокой продуктивности достигли культуры первого поколения из Галицкого района Ивано-Франковской области Украины на ППП 15 ( $M = 1058 \text{ м}^3/\text{га}$ ;  $A = 68$  лет).

Культуры лиственницы на ППП 15 (Галицкий район Ивано-Франковской области Украины) были высажены в количестве 99 шт. в ряду и в 68-летнем возрасте имеют запас  $1058 \text{ м}^3/\text{га}$  (при количестве 31 дерево). Культуры на ППП 24 (Раменский городской округ Московской области) и ППП 37 (Красно-Пахорский район Московской области) были высажены в количестве 194 экз. в ряду и достигли высоких запасов ( $1457$  и  $1170 \text{ м}^3/\text{га}$  соответственно) при более сильном изреживании (к 68 годам осталось лишь 31 и 35 экз. соответственно).

Функция Корсуня – Бакмана, выбранная для представления регрессионной модели среднего диаметра, в полной мере соответствует возрастной аппроксимации среднего диаметра (высокие значения показателя детерминации ( $R^2 = 0,999$ ) и незначительные ошибки уравнений регрессии ( $SE = 0,30\dots 1,6\%$ )).

Семенной материал лиственницы европейской следует заготавливать в культурах второго поколения, выращенных в Московской области (ПП 24 и 37) и культурах первого поколения Галицкого района Ивано-Франковской области, Украина (ППП 15).

### Список источников

- Глазунов Ю.Б., Мерзленко М.Д., Лобова С.Л. Результат 60-летнего опыта уникальных географических посадок лиственницы // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2017. № 8 (169). С. 44–48.
- Залесов С.В., Абрамова Л.П., Луганский Н.А. Предварительные культуры сосны обыкновенной и лиственницы Сукачева на Южном Урале // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2007. № 8. С. 14–17.
- Корешков Н.В., Царева Е.А. Географические культуры лиственницы : монография. Санкт-Петербург : Научные технологии, 2021. 414 с.
- Мельник П.Г., Мерзленко М.Д., Лобова С.Л. Результат выращивания климатипов лиственницы в географических культурах северо-восточного Подмосковья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 62–67.
- Пак Л.Н., Бобринев В.П. Географические культуры лиственницы 1980 года посадки в Забайкальском крае // Лесотехнический журнал. 2016. № 1. С. 44–52.
- Тимофеев В.П. Роль лиственницы в поднятии продуктивности лесов. Москва : Лесная промышленность, 1961. 160 с.
- Хлюстов В.К., Корешков Н.В. Рост и продуктивность географических культур лиственницы европейской (*Larix decidua* Mill) в Московской области // Природообустройство. 2019. № 1. С. 97–107.

- Хлюстов В. К., Корешков Н. В. Систематизация роста и продуктивности географических культур лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) // Природообустройство. 2017. № 3. С. 111–119.
- Чернов Н. Н. Особенности создания культур лиственницы на Урале // Леса Урала и хозяйство в них : сб. науч. тр. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. Вып. 26. С. 111–115.

### References

- Chernov N. N. Features of the creation of larch culture in the Urals // Forests of the Urals and agriculture in them : Collection of scientific tr. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2005. Vol. 26. P. 111–115.
- Glazunov Y. B., Merzlenko M. D., Lobova S. L. The result of 60 years of experience in unique geographical planting of larch // Scientific notes of Petrozavodsk State University. 2017. № 8 (169). P. 44–48.
- Khlyustov V. K., Koreshkov N. V. Growth and productivity of geographical cultures of European larch (*larix decidua* Mill) in the Moscow region // Nature Management. 2019. № 1. P. 97–107.
- Khlyustov V. K., Koreshkov N. V. Systematics of growth and productivity of geographical cultures of Siberian larch (*Larix sibirica*) // Nature management. 2017. № 3. P. 111–119.
- Koreshkov N. V., Tsareva E. A. Geographical cultures of larch : Monograph. St. Petersburg : High-tech technologies, 2021. 414 p.
- Melnikova P. G., Merzlenko M. D., Lobova S. L. Results of growing climatic varieties of larch in geographical cultures of the north-eastern Moscow region // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2016. № 2 (136). P. 62–67.
- Pak L. N., Bobrinev V. P. Geographical cultures of larch in 1980 planting in the Trans-Baikal Territory // Forestry Journal. 2016. № 1. P. 44–52.
- Timofeev V. P. The role of larch in increasing forest productivity. Moscow : Forest industry, 1961, 160 с.
- Zalesov S. V., Abramova L. P., Lugansky N. A. Preliminary cultures of scots pine and Sukachev larch in the Southern Urals // Bulletin of the Moscow State University of Forestry. 2007. № 8. P. 14–17.

### Информация об авторах

- М. Ю. Чумакова – магистр, marpoley@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3560-3499>
- Т. С. Воробьева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, vorobyevats@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9776-9689>
- Н. И. Ярусова – магистр, tupitsyna.1993@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0387-3141>
- С. С. Постникова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, postnikovass@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0622-1819>
- И. Б. Воробьев – старший инженер, vorobev\_ib@ipae.uran.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2563-585X>

### Information about the authors

- M. Y. Chumakova – Master's degree, marpoley@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3560-3499>
- T. S. Vorobyeva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, vorobyevats@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9776-9689>
- N. I. Yarusova – Master's degree, tupitsyna.1993@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0387-3141>
- S. S. Postnikova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, postnikovass@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0622-1819>
- I. B. Vorobyov – Senior engineer, vorobev\_ib@ipae.uran.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2563-585X>

Статья поступила в редакцию 26.09.2022; принята к публикации 01.02.2023.

The article was submitted 26.09.2022; accepted for publication 01.02.2023.

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 74–80  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 74–80

Научная статья  
УДК 630\*68 [630\*7:630\*3]  
DOI 10.51318/FRET.2023.31.59.008

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ЛЕС» ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЛЕСНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Татьяна Сергеевна Воробьева<sup>1</sup>, Леонид Александрович Белов<sup>2</sup>,  
Яна Юрьевна Кетова<sup>3</sup>, Кристина Валериановна Галка<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> vorobyevats@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> belovla@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6397-3681>

<sup>3</sup> yanhik.g@mail.ru

<sup>4</sup> galkakristina1987@gmail.com

**Аннотация.** Внедрение цифровых технологий на всех этапах лесохозяйственного производства необходима для эффективного развития лесной отрасли. С целью минимизации технических проблем и их последствий разработаны и продолжают совершенствоваться геоинформационные системы управления лесным хозяйством. Пермский край не является исключением, и на его территории внедряется региональная геоинформационная система «Умный лес».

Цель исследований – оценить функциональные возможности региональной геоинформационной системы «Умный лес» как единого информационного ресурса в сфере управления лесным хозяйством Пермского края.

Региональная геоинформационная система «Умный лес» позволяет внедрить механизмы эффективного управления лесным комплексом – контроль хода лесопользования и систему поддержки принятия решений – что позволит повысить эффективность управления лесным комплексом региона, включая выполнение национальных проектов, госпрограмм в сфере лесного хозяйства, повысить качество документации и снизить незаконные заготовки и транспортировки леса.

Информационная система «Умный лес» включает все основные управленческие функции по контролю за лесным фондом, участниками отрасли и связанными с ними бизнес-процессами. Она состоит из набора функциональных и технологических подсистем, обеспечивающих процессы сбора, обработки, хранения и представления информации.

Региональная геоинформационная система «Умный лес» является государственной системой для комплексной автоматизации процессов управления лесным хозяйством и предназначена для формирования единого информационного ресурса в сфере управления лесным хозяйством, информационно-аналитического обеспечения процессов деятельности органов исполнительной власти, организации автоматизированного взаимодействия участников процессов, учета лесного фонда и лесопользования. В результате внедрения региональной геоинформационной системы «Умный лес» консолидированы все данные о лесном фонде и другие сведения, необходимые для организации лесного учета, сформирован цифровой профиль лесотаксационной единицы, представляющей

совокупность достоверных цифровых записей обо всех выделах и их характеристиках, связанной договорами, декларациями, актами и другими документами, актуализируемыми в процессе ведения лесного хозяйства лесопользователями.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, лесное хозяйство, автоматизация процессов управления лесным хозяйством, Пермский край

Scientific article

## APPLICATION OF THE REGIONAL GEOINFORMATION SYSTEM «SMART FOREST» IN THE FORESTRY MANAGEMENT OF THE PERM REGION

Tatiana S. Vorobyova<sup>1</sup>, Leonid A. Belov<sup>2</sup>, Yana Yu. Ketova<sup>3</sup>, Kristina V. Galka<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> vorobyevats@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> belovla@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6397-3681>

<sup>3</sup> yanhik.g@mail.ru

<sup>4</sup> galkakristina1987@gmail.com

**Abstract.** The introduction of digital technologies in all stages of forestry production is necessary for the effective development of the forest industry. In order to minimize technical problems and their consequences, geoinformation systems for forestry management have been developed and continue to be improved. Perm Krai is no exception and the regional geoinformation system «Smart Forest» is being implemented on its territory.

The purpose of the research is to evaluate the functionality of the regional geoinformation system «Smart Forest» as a single information resource in the field of forestry management in the Perm Region.

The regional geoinformation system «Smart Forest» makes it possible to introduce mechanisms for effective management of the forest complex – monitoring the progress of forest management and a decision support system, which will improve the efficiency of management of the forest complex in the region, including the implementation of national projects, state programs in the field of forestry, improve the quality of documentation and reduce illegal logging and transportation of forests.

The «Smart Forest» information system includes all the main management functions for monitoring the forest fund, industry participants and related business processes. It consists of a set of functional and technological subsystems that provide the processes of collecting, processing, storing and presenting information.

The regional geoinformation system «Smart Forest» is a state automated system for complex automation of forestry management processes and is designed to form a single information resource in the field of forestry management, information and analytical support for the processes of executive authorities, organization of automated interaction of participants in the processes of forest fund accounting and forest management. As a result of the introduction of the regional geoinformation system «Smart Forest», all data on the forest fund and other information necessary for the organization of forest accounting have been consolidated, a digital profile of the forest tax unit has been formed, representing a set of reliable digital records of all allocations and their characteristics related to contracts, declarations, acts and other documents updated in the process of forestry forest users.

**Keywords:** geoinformation systems, forestry, automation of forestry management processes, Perm Krai

**Введение**

Внедрение цифровых технологий на всех этапах лесохозяйственного производства необходимо для эффективного развития лесной отрасли. В настоящее время существует множество программ различного назначения и функциональных возможностей (Стратегия развития лесного комплекса, 2018).

Комплекс существующих отраслевых программных продуктов для ведения лесного хозяйства и заготовки древесины представлен в таблице (Евченко, Вертакова, 2020; Оплетаев, Чермных, 2020; Чермных, Годовалов, 2018; Чибисова, 2019).

Покрытая лесной растительностью площадь в Пермском крае составляет 12 млн га. Ежегодный объем заготовки – 7,8 млн м<sup>3</sup> древесины. Среднегодовое количество лесопользователей составляет 287 предприятий.

Как и многие отрасли нашей страны, лесная отрасль Пермского края сталкивается с рядом технических проблем:

- отсутствуют актуальные данные характеристики лесного фонда;
- данные лесоустройства не имеют пространственной привязки;
- потенциальные инвесторы не получают данные о доступных лесных ресурсах;

– устаревшие таксационные данные приводят к занижению декларируемых объемов заготовки;

– отсутствие связи с картографическими данными препятствует использованию спутникового мониторинга;

– не автоматизированы бизнес-процессы взаимодействия органов исполнительной власти с лесопользователями;

– федеральная ЕГАИС «Учет древесины и сделок с ней» позволяет вносить несогласованные между собой данные (можно зарегистрировать сделку, не задекларировав соответствующие объемы древесины);

– нелегальная заготовка, транспортировка, хранение и переработка древесины;

– ущерб экономике от вовлечения в оборот древесины, полученной незаконным путем (Полякова, 2018; Проблемы..., 2019).

Вышеперечисленные проблемы могут приводить к следующим последствиям:

– незаконные рубки, ущерб от которых лесному фонду оценивается в 30 тыс. м<sup>3</sup> древесины, или 257 млн руб. для всего края;

– теневой оборот древесины, при этом ущерб экономике составляет порядка 1,5 млн м<sup>3</sup> древесины, или 2 млрд руб.;

Программные продукты для лесного хозяйства и лесозаготовок  
Software products for forestry and logging

Категория Category	Наименование Name
1. Складской и бухгалтерский учет лесоматериалов Warehouse and accounting of timber	1С: Управление лесозаготовительным предприятием 1С: Management of a logging enterprise 1С: Управление деревообрабатывающим предприятием 1С: Management of a woodworking enterprise
2. Геоинформационные системы универсального назначения Geoinformation systems of universal purpose	ArcGIS MapInfo Professional QGIS
3. Отраслевые специализированные программы Industry-specific specialized programs	АВЕРС: Управление лесным фондом AVERSE: Forest fund management АВЕРС: Материально-денежная оценка лесосек AVERSE: Material monetary valuation of logging sites ГИС ТОПОЛ_L / GIS TOPOL_L ГИС ЛЕСФОНД / GIS LESFOND ЛесГИС / LesGIS ParmaGIS

– недопоступление доходов в бюджет Пермского края не менее 100 млн руб. налогов, 250 млн руб. – плата за пользование природными ресурсами.

С целью минимизации указанных технических проблем и их последствий разработаны и продолжают совершенствоваться геоинформационные системы (ГИС) управления лесным хозяйством. Пермский край не является исключением, и на его территории внедряется региональная геоинформационная система (РГИС) «Умный лес». Внедрение данной РГИС позволит создать единый информационный ресурс в сфере управления лесным хозяйством Пермского края, позволяющий вести контроль за лесным фондом, участниками отрасли и связанными с ними бизнес-процессами, лесопользованием, мониторингом транспортировки и заготовки древесины.

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

Цель исследований – оценить функциональные возможности региональной геоинформационной системы «Умный лес» как единого информационного ресурса в сфере управления лесным хозяйством Пермского края.

Объект исследований – программный продукт РГИС «Умный лес», разработанный специально для Пермского края, учитывающий его экономическую, социальную, географическую и зонально-типологическую специфику.

#### **Результаты исследования**

РГИС «Умный лес» позволяет внедрить механизмы эффективного управления лесным комплексом – контроль хода лесопользования и систему поддержки принятия решений. Это позволит повысить эффективность управления лесным комплексом региона, включая выполнение национальных проектов, госпрограмм в сфере лесного хозяйства, повысить качество документации и снизить незаконные заготовки и транспортировки древесины.

Информационная система РГИС «Умный лес» включает все основные управленческие функции по контролю за лесным фондом, участниками отрасли и связанными с ними бизнес-процессами.

Она состоит из набора функциональных и технологических подсистем, обеспечивающих процессы сбора, обработки, хранения и представления информации.

Разработано 10 функциональных подсистем.

1. Учет лесного фонда.
2. Лесопользование.
3. Личный кабинет лесопользователя.
4. Администрирование платежей.
5. Претензионно-исковая работа.
6. Личный кабинет сотрудника исполнительного органа госвласти.
7. Космический мониторинг изменений в лесном фонде.
8. Подсистема интеграции.
9. Нормативно-справочная информация.
10. Хранение и обработка данных.

Внедрение РГИС «Умный лес» на территории Пермского края позволило:

1) сократить время обработки документов в 2,5 раза. Последнее, в свою очередь, повысило эффективность взаимодействия лесопользователей и органов власти;

2) упростить процедуру подготовительных и основных работ при отводе лесосек. До внедрения РГИС лесопользователь должен был обратиться в лесничество за планом местности, выехать на участок, подготовить карту-схему разработки лесосеки, оформить соответствующие документы и направить их в лесничество для согласования. Для отвода лесосек с использованием программы «Умный лес» достаточно иметь GPS-трек. Данные GPS-трека импортируют в систему, они будут отображены на карте в «личном кабинете» пользователя и доступны управляющим органам. На основании этих данных легко сформировать все необходимые документы и схемы (рис. 1);

3) включить все основные управленческие функции по контролю за лесным фондом, участниками и связанными с ними бизнес-процессами. РГИС состоит из набора функциональных и технологических подсистем, обеспечивающих сбор, обработку, хранение и представление информации. В настоящее время разработаны следующие основные подсистемы: «Администрирование платежей» (для организации и контроля сбора

платежей госорганами за использование лесных ресурсов), «Лесопользование», «Охрана лесов от пожаров», «Защита лесов от вредных организмов», «Учет лесного фонда», «Личный кабинет лесопользователя». Работа по проектированию подсистем продолжается, и в ближайшее время планируется запустить вторую очередь: «Претензионно-исковая работа» (в том числе учет нарушений, незаконных рубок, административная ответственность, взыскание ущерба и неустоек), «Мониторинг транспортировки древесины», «Ле-

совосстановление», «Защита лесов», «Учет оборота древесины».

В настоящее время РГИС активно внедряется и апробируется на базе ведущих предприятий Прикамья: ГП «Пермская целлюлозно-бумажная компания» и ООО «Красный Октябрь», а также в двух лесничествах. Первыми испытания проходят подсистемы: «Лесопользование» обеспечивает автоматизацию взаимодействия уполномоченных сотрудников с органами власти и «Личный кабинет лесопользователя» (рис. 2), функционал

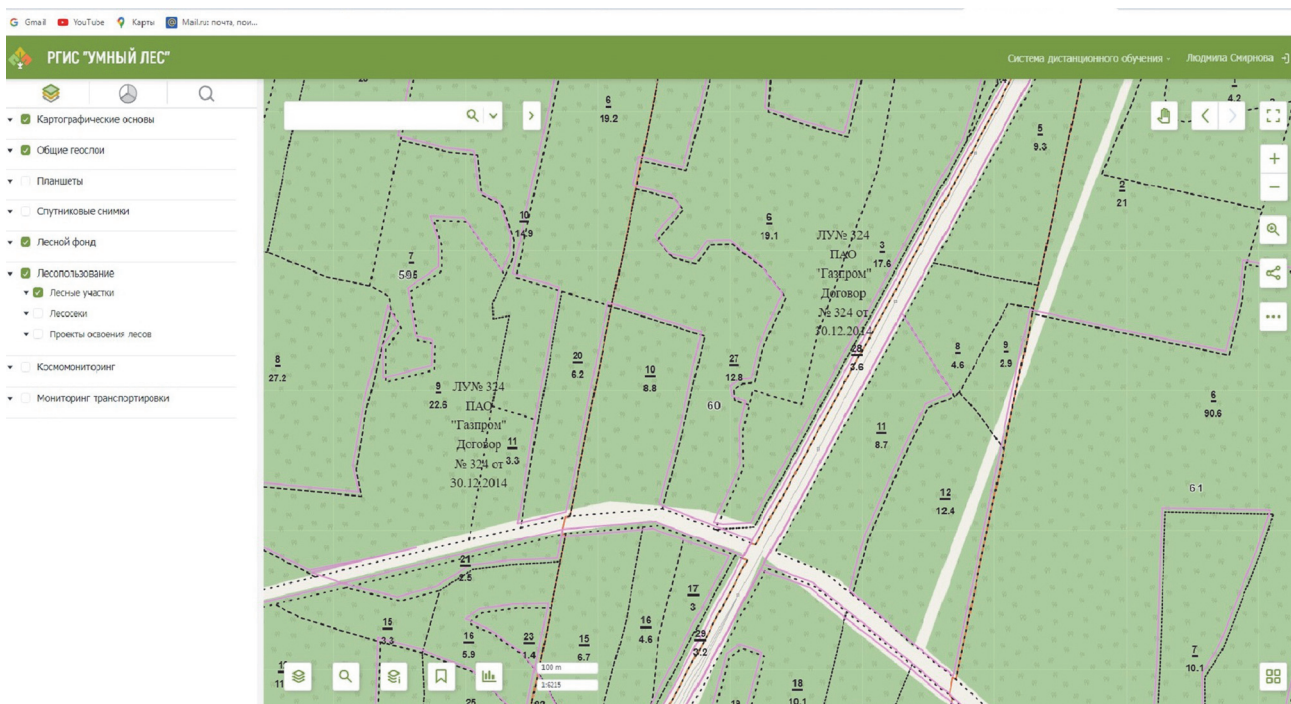


Рис. 1. Пример импортирования данных GPS-трека в РГИС «Умный лес»  
 Fig. 1. Example of importing GPS track data into the Smart Forest GIS

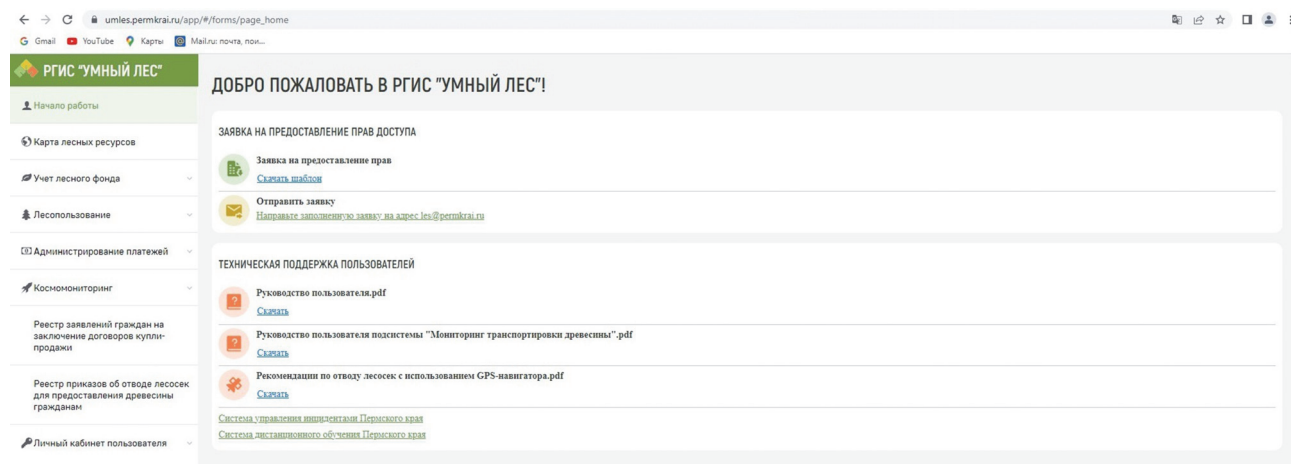


Рис. 2. Внешний вид личного кабинета лесопользователя  
 Fig. 2. Appearance of the personal account of the forest user

которого позволяет оформлять необходимые документы, в том числе лесную декларацию, и планировать хозяйственные мероприятия. Кроме того, лесопользователи в личном кабинете будут отражать все выполненные и планируемые мероприятия по защите лесов от пожаров, вредителей и болезней.

### Заключение

РГИС «Умный лес» является государственной автоматизированной системой для комплексной автоматизации процессов управления лесным хозяйством и предназначена для формирования единого информационного ресурса в сфере управления лесным хозяйством, информационно-ана-

литического обеспечения процессов деятельности органов исполнительной власти, организации автоматизированного взаимодействия участников процессов учета лесного фонда и лесопользования.

В результате внедрения РГИС «Умный лес» консолидированы все данные о лесном фонде и другие сведения, необходимые для организации лесного учета, сформирован цифровой профиль лесотаксационной единицы, представляющей совокупность достоверных цифровых записей обо всех выделах и их характеристиках, связанной договорами, декларациями, актами и другими документами, актуализируемыми в процессе ведения лесного хозяйства лесопользователями.

### Список источников

- Евченко А. В., Вертакова Ю. В. Анализ основных программно-стратегических документов в сфере использования цифровых технологий в управлении лесным хозяйством России // Естественно-гуманитарные исследования. 2020. № 27 (1). С. 92–98.
- Оплетаев А. С., Чермных А. И. Сравнительный анализ информационных программных продуктов для лесной отрасли // Леса России и хозяйство в них. 2020. № 1 (72). С. 32–38.
- Полякова О. А. Проблемы и перспективы инвестирования в лесной комплекс России // Forest Engineering : материалы научно-практической конференции с международным участием. Якутск, 2018. С. 187–190.
- Проблемы и основные направления развития лесной отрасли России / В. В. Беспалова, А. В. Грязькин, И. А. Казы, Н. В. Беляева, А. С. Кривоногова // Экономика и эффективность организации производства. 2019. № 30. С. 13–16.
- Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2018 г. № 1989. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/primery/doc/71960006> (дата обращения: 12.01.2023).
- Чермных А. И., Годовалов Г. А. Информационные технологии в лесном хозяйстве // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 85–89.
- Чибисова И. С. Информационные технологии в лесном хозяйстве // Эпоха науки. 2019. № 19. С. 85–86.

### References

- Chermnykh A. I., Godovalov G. A. Information technologies in forestry // Successes of modern natural science. 2018. № 10. P. 85–89.
- Chibisova I. S. Information technologies in forestry // Epoch of Science. 2019. № 19. P. 85–86.
- Evchenko A. V., Vertakova Yu. V. Analysis of the main program and strategic documents in the field of the use of digital technologies in the management of forestry in Russia // Natural sciences and humanities research. 2020. № 27 (1). P. 92–98.
- Opletaev A. S., Chermnykh A. I. Comparative analysis of information software products for the forest industry // Forests of Russia and the economy in them. № 1 (72). 2020. P. 32–38.

- Polyakova O. A.* Problems and prospects of investing in the forest complex of Russia // Forest Engineering : mater. sci. – prakt. conf. with international participation. Yakutsk, 2018. P. 187–190.
- Problems and main directions of development of the Russian forest industry / *V. V. Bespalova, A. V. Gryazkin, I. A. Kazi, N. V. Belyaeva, A. S. Krivonogova* // Economics and efficiency of production organization. 2019. № 30. P. 13–16.
- The strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation until 2030: approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated September 20, 2018 № 1989. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/primer/doc/71960006> (accessed: 12.01.2023).

#### ***Информация об авторах***

- Т. С. Воробьева* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;  
*Л. А. Белов* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;  
*Я. Ю. Кетова* – магистр;  
*К. В. Галка* – магистр.

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

- T. S. Vorobyova* – Candidate of Agricultural Sciences;  
*L. A. Belov* – Candidate of Agricultural Sciences;  
*Y. Y. Ketova* – student;  
*K. V. Galka* – student.

*Статья поступила в редакцию 17.01.2023; принята к публикации 15.02.2023*  
*The article was submitted 17.01.2023; accepted for publication 15.02.2023.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 81–87  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 81–87

Научная статья  
УДК 630.8  
DOI 10.51318/FRET.2023.47.14.009

## БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БАЗА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В КОНТЕКСТЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА (НА ПРИМЕРЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Андрей Вениаминович Мехренцев<sup>1</sup>, Андрей Андреевич Добрачев<sup>2</sup>,  
Алина Флоритовна Уразова<sup>3</sup>, Глеб Владиславович Кашников<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

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

<sup>2</sup> a-dobr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-4266>

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

<sup>4</sup> dkashnikovg@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5580-9016>

**Аннотация.** Развитие сельскохозяйственного производства и сельских поселений посредством развития энергетики лесных территорий с использованием древесных отходов является актуальной проблемой. Поскольку сельские населенные пункты в Свердловской области, как правило, находятся на лесных территориях, то целесообразно проблемы развития сельского хозяйства и лесной промышленности, социального развития уральских деревень решать комплексно. Лес при таком подходе является источником местных строительных материалов, а отходы лесопереработки местных предприятий и низкосортная древесина будут служить дешевым и экологически чистым топливом для получения тепловой и электрической энергии. Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 г. предусматривается, что в многолесных районах продолжится работа по осуществлению теплоснабжения сельских поселений с использованием лесных ресурсов, созданию в лесопромышленных организациях производства альтернативных видов топлива на основе древесных отходов. В работе дано технико-экономическое обоснование развития биоэнергетических технологий в сельской местности на территории Свердловской области.

**Ключевые слова:** сельские территории, древесное топливо, биоэнергетика, древесные отходы

Scientific article

## BIOENERGY BASE OF RURAL AREAS IN THE CONTEXT OF THE FOREST COMPLEX DEVELOPMENT STRATEGY (BY THE EXAMPLE OF THE SVERDLOVSK REGION)

Andrey V. Mehrentsev<sup>1</sup>, **Andrey A. Dobrachev**<sup>2</sup>, Alina F. Urazova<sup>3</sup>, Gleb V. Kashnikov<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

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

<sup>2</sup> a-dobr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-4266>

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

<sup>4</sup> dkashnikovg@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5580-9016>

**Abstract.** The development of agricultural production and rural settlements through the development of energy of forest areas with the use of wood waste is an urgent problem. Since rural settlements in the Sverdlovsk region, as a rule, are located in the forest areas, it is advisable to solve the problems of agricultural and forest industry development and social development of the Ural villages in an integrated manner. The forest is a source of local construction materials, and wood waste from local companies and low-grade timber will serve as a cheap and environmentally friendly fuel for heat and electricity production. The strategy of development of forestry complex of the Russian Federation until 2030 provides that in multi-forest areas will continue work on the implementation of heating in rural settlements with the use of forest resources, the creation of the forest industry organizations to produce alternative fuels based on wood waste. The paper provides a feasibility study for the development of bio-energy technologies in rural areas in the Sverdlovsk region.

**Keywords:** rural areas, wood fuel, bioenergy, wood waste

### Введение

В условиях экономических санкций, помимо предпринятых Правительством РФ мер по стабилизации финансовой системы и финансовой поддержки ряда отечественных основообразующих промышленных предприятий, от Правительства РФ ждут активных действий по формированию управляемого внутреннего рынка продукции и услуг. Как известно, сущность таких действий в кризисной ситуации состоит в оживлении, а затем в росте промышленного производства на основе мер, предпринимаемых для роста внутреннего потребительского спроса. Задача сегодняшнего дня состоит в том, чтобы максимально сосредоточить на внутренний рынок такие отрасли промышленности, как металлургия, лесная промышленность, нефтехимия, которые традиционно тяготели к работе на зарубежном рынке.

В связи с этим представляется, что совместное развитие агро- и лесопромышленного комплексов в Свердловской области явится тем средством,

которое позволит преодолеть кризис, причем одновременно перевести эти отрасли на уровень производительности труда в современных технологиях.

Перед жителями Свердловской области поставлены важнейшие задачи по перспективному развитию сельского хозяйства и социальной жизни сельских поселений. В основу Стратегии развития агропромышленного комплекса Свердловской области на период до 2035 г. (Стратегия..., 2019) положено комплексное развитие сельских населенных пунктов. Решение задачи комплексного развития сельских территорий обеспечит повышение уровня качества жизни на селе, что, в свою очередь, повлияет на рост эффективности и увеличение объемов производства в агропромышленном комплексе. Реализация принятых программ призвана решить ряд проблем:

– развернуть негативный тренд в демографической ситуации на селе, не допустив снижения численности сельского населения;

- создать дополнительные рабочие места в агропромышленном производстве;
- вовлечь в севооборот заброшенные земли;
- повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

Целью Стратегии является повышение уровня жизни сельских жителей с обеспечением их комфортным жильем, медицинским, торговым и бытовым обслуживанием, качественной транспортной инфраструктурой, с предоставлением широких возможностей для получения работы и образования. Все это составляет надежный фундамент продовольственной безопасности Свердловской области.

Поскольку сельские населенные пункты в Свердловской области, как правило, находятся на лесных территориях, то целесообразно проблемы развития сельского хозяйства и лесной промышленности, социального развития уральских деревень решать комплексно. Лес при таком подходе является источником местных строительных материалов, а отходы лесопереработки местных предприятий и низкосортная древесина будут служить дешевым и экологически чистым топливом для получения тепловой и электрической энергии. Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 г. предусматривается, что в многолесных районах продолжится работа по осуществлению теплоснабжения сельских поселений с использованием лесных ресурсов, созданию в лесопромышленных организациях производства альтернативных видов топлива на основе древесных отходов (Стратегия..., 2021). Низкотемпературное вторичное тепло теплоэлектростанций (ТЭЦ), утилизация которого в городах проблематична, может быть эффективно использовано для тепличных хозяйств. Создание небольших ТЭЦ позволит организовать на месте переработку сельскохозяйственного сырья и отходов для получения различных товарных продуктов.

Развитие собственного производства продуктов земледелия и животноводства в области устраним зависимость от импорта, а расширение использования пиломатериалов будет способствовать выполнению программы развития малоэтажного строительства, провозглашенной Президентом России, что обеспечит повышению спроса на продукцию

смежных отраслей промышленности Свердловской области, повысит занятость населения.

Таким образом, развитие сельскохозяйственного производства и сельских поселений посредством развития энергетики лесных территорий с использованием древесных отходов является актуальной проблемой.

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

Целью настоящего исследования является технико-экономическое обоснование развития биоэнергетических технологий в сельской местности.

По объему сельскохозяйственного производства Свердловская область входит в десятку ведущих регионов страны, поставляющих 1/3 продукции сельского хозяйства. Через территорию области проходит северная граница российского земледелия. Состояние земель в области, согласно официальным данным, ухудшилось: «в несколько раз уменьшено внесение удобрений», однако, если анализировать мировые тенденции развития аграрного сектора и наиболее динамично растущей «экологичной» части, данная характеристика является позитивным фактором для развития экологически чистого так называемого органического сельского хозяйства. Этот сегмент рынка, по данным западных экономистов, является наиболее динамично растущим.

Концентрация и развитие населенных пунктов вокруг заводов и промышленных предприятий превратило Свердловскую область в техногенный регион. Однако природные условия (наличие достаточного количества плодородных почв и пр.) дают региону возможность для развития сельского хозяйства. При существующих тенденциях инвестиции и вложения в развитие сельского хозяйства малы и бессистемны. Для примера: капитальные вложения в Восточный округ (аграрно-лесохозяйственный регион) почти в три раза ниже, чем в другие территории, и, как следствие, в три раза выше доля незанятого трудоспособного населения и в три раза ниже уровень жизни.

Промышленная политика региона должна способствовать формированию агропромышленных структур на базе совершенствования связей

сельскохозяйственных производителей и промышленных предприятий. Взаимодействие агропредприятий с лесным сектором экономики позволит получить мощный синергетический эффект для развития сельских территорий.

Рассмотрим биоэнергетический потенциал лесной промышленности Свердловской области. Допустимый ежегодный объем изъятия древесины в эксплуатационных и защитных лесах, обеспечивающий многоцелевое, рациональное, непрерывное, неистощительное использование лесов исходя из установленных возрастов рубок, сохранения биологического разнообразия, водоохранных, защитных и иных полезных свойств лесов, – расчетная лесосека лесного фонда по всем видам рубок лесов Свердловской области, которая составляет 24,8 млн м<sup>3</sup> (1,3% от общего запаса древесины), в том числе 10,8 млн м<sup>3</sup> по хвойному хозяйству (0,9% от общего запаса древесины хвойных насаждений).

Площадь земель лесного фонда, переданная в пользование для различных целей, составляет 34% от общей площади земель лесного фонда Свердловской области. Использование лесов для заготовки древесины осуществляется на общей площади более 5,1 млн га.

Освоение расчетной лесосеки (установленного (запланированного) объема изъятия древесины) по итогам 2018 г. составило 8158,4 тыс. м<sup>3</sup> (33%), в том числе по хвойному хозяйству – 4244,7 тыс. м<sup>3</sup> (39%), произошло увеличение показателя по сравнению с таковым в 2014–2017 гг. (Стратегия..., 2020).

Кроме огромного ресурса расчетной лесосеки, в настоящее время количество ежегодно оставляемой древесины на лесосеках, которая могла быть использована в качестве топлива, составляет 110–120 тыс. м<sup>3</sup>. В отвалах лесопильных предприятий области накапливается также около 120–150 тыс. м<sup>3</sup> неиспользуемых измельченных древесных отходов.

Ежегодно на территории Свердловской области прирастает около 15 млн м<sup>3</sup> низкосортной лиственной древесины, являющейся в своей массе дровяным сырьем.

Следовательно, леса Свердловской области обладают огромным природно-ресурсным и эко-

логическим потенциалом, который позволит при неукоснительном соблюдении лесоводственно-экологических требований к их использованию устойчиво и в длительной перспективе обеспечивать потребности Свердловской области в лесных ресурсах.

### Результаты и обсуждение

По расчетам специалистов, суммарная теплота сгорания ежегодно накапливающейся и неиспользуемой древесины в Свердловской области, которая может служить топливом, составит около  $28 \cdot 10^9$  Мкал ( $32,5 \cdot 10^9$  кВтч) (Добрачев и др., 2015).

С учетом влажности древесного топлива 50% и термического к.п.д. энергетических установок 50% ежегодно за счет дополнительно привлеченного древесного сырья в Свердловской области могут быть введены дополнительные энергетические мощности около 2500 МВт, в том числе тепловой мощности 1900 МВт и электрической мощности 550 МВт.

Если считать, что доступность этого сырья составляет 30% от общего объема исходя из наличия на сельскохозяйственных территориях лесозаготовительных предприятий и соображений логистики, то уже в настоящее время дополнительно получаемая тепловая и электрическая мощности могли бы составить соответственно 580 и 160 МВт. Общая мощность – 740 МВт.

Расчетное значение теплотворной способности сырых дров в реальном процессе (по данным промышленной группы СТЭК для проекта ТЭЦ с применением 5 паровых котлов и 2 турбогенераторов) составляет 1040 ккал/кг.

При сжигании 1 м<sup>3</sup> дров будет получено около  $8 \cdot 10^3$  Мкал энергии. Если принять стоимость 1 м<sup>3</sup> дров 500 руб. с учетом транспортных расходов, то стоимость 1 Мкал, полученной при сжигании дров, составит 0,0625 руб.

Затраты на дровяное топливо при годовом расходе древесного топлива  $5 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup> древесины составят  $0,58 \cdot 10^9$  руб.

За последние 10 лет минимальная цена газа составляла примерно 2100 руб. за 1000 м<sup>3</sup>. В настоящее время цена газа почти в 3 раза выше (Сайт о платежной системе юманей, 2021).

Теплота сгорания природного газа – около 8000 ккал/м<sup>3</sup>.

Одна тысяча кубометров газа даст 8000 Мкал, при этом стоимость 1 Мкал произведенного тепла из природного газа составит 0,262 руб.

Тогда общие затраты на производство количества энергии с использованием газа в качестве топлива (эквивалентного при сжигании древесины) составят  $2,44 \cdot 10^9$  руб.

Годовой экономический эффект от применения дровяного топлива вместо газа, рассчитанный с использованием нынешней цены на газ 2100 руб. за 1 тыс. м<sup>3</sup> газа (около 60 долл.), составляет  $1,82 \cdot 10^9$  руб.

При этом ежегодные затраты на газ для получения общей энергетической мощности в 740 МВт составят  $7,3 \cdot 10^9$  руб.

По оценкам реального бизнес-плана удельная стоимость общих затрат в расчете на 1 МВт общей производимой энергии с использованием дровяного топлива, включая затраты на приобретение оборудования, топливного склада, приборов, на монтаж, пуско-наладочные работы, строительство здания, составляет 5,7 млн руб. Тогда затраты на ввод необходимых энергетических мощностей порядка 740 МВт составят  $5,7 \times 740 = 4,2 \cdot 10^9$  руб.

При ожидаемом росте цен на газ доходность для вводимых мощностей в результате перехода с газа на древесное топливо и соответственно экономический эффект вырастут многократно (Трутаев, 2007).

Соответственно, срок окупаемости внедрения проектов ТЭЦ на древесном топливе будет уменьшаться от 2–3 лет до менее одного года.

Необходимо отметить, что в настоящее время отечественная промышленность выпускает все необходимое оборудование для оснащения ТЭЦ разных энергетических уровней. Оборудование сравнительно недорогое, показавшее свою надежность.

Таким образом, при строительстве сети ТЭЦ малой и средней мощности на древесном топливе будет создана надежная энергетическая база, приближенная к местам потребления энергии.

В пересчете на потребности ЖКХ производимой на ТЭЦ электроэнергии достаточно для снабжения жилищ, в которых может проживать 2,5 млн чел.

Комплексный подход к решению проблем развития уральской деревни будет способствовать увеличению занятости местного населения, которое будет вовлекаться как в сельскохозяйственное производство, так и в работу местных лесоперерабатывающих предприятий. Это особенно важно, учитывая сезонный характер сельского хозяйства.

Создание энергетических источников в сельских муниципалитетах обеспечит условия для роста производства продукции сельского хозяйства, перерабатывающих малых и средних предприятий, малоэтажного домостроения, в том числе на основе применения комплектующих элементов из древесины, а также строительства сети районных дорог.

### Выводы

Решение задач по созданию и распространению в Свердловской области энергетических и технологических комплексов может осуществляться специалистами Уральского государственного лесотехнического университета во взаимодействии со специалистами Института энергетики УрФУ. Биоэнергетические проекты будут ориентированы на использование лучших технологий и образцов оборудования, хорошо зарекомендовавших себя при эксплуатации в промышленности.

Дорожная карта развития биоэнергетики на территории Свердловской области должна предусматривать:

- 1) инвентаризацию объемов потенциальных источников и накопленного древесного энергетического сырья по территории Свердловской области;
- 2) логистическое исследование для выявления точек размещения и мощности модулей ТЭЦ на основании учета на сельских территориях:
  - неснижаемых объемов древесного топлива;
  - потенциала производства сельхозпродукции по видам, объемам продукции и конечным продуктам переработки;
  - демографических возможностей территорий;
  - сложившегося сельскохозяйственного и промышленного потенциала территорий;

- 3) разработку развернутого технико-экономического обоснования комплексного развития сельскохозяйственных, агропромышленных предприятий и предприятий лесной промышленности на территориях административных образований;
- 4) план поэтапного строительства и внедрения энергетических модулей и предприятий по производству и переработке дополнительно производимой сельскохозяйственной продукции.

### Список источников

- Добрачев А. А., Мехренцев А. В., Шпак Н. А.* Ресурсы биотоплива Свердловской области и их использование : информационно-справочное издание. Екатеринбург : УГЛТУ, 2015. 285 с.
- Сайт о платежной системе юманей. URL: <https://oyoomoney.ru/articles/skol-ko-stoit-gaz-v-2021-godu-tarify-po-regionam-povyshenie-cen/?ysclid=l5gjj2gipa123872473> (дата обращения: 07.09.2022).
- Стратегия развития агропромышленного комплекса Свердловской области на период до 2035 года : постановление правительства Свердловской области № 386-ПП от 28.06.2019 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561427328> (дата обращения: 24.04.2022).
- Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года : распоряжение правительства Российской Федерации № 312-р от 11.02.2021 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573658653> (дата обращения: 24.04.2022).
- Стратегия развития лесного фонда Свердловской области на период до 2035 года : постановление правительства Свердловской области № 205-ПП от 02.04.2020 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/570723208> (дата обращения: 24.04.2022).
- Трутаев В. И.* Древесное топливо на весах экономики // Энергия и менеджмент. 2007. № 3. С. 18–21.

### References

- Development strategy of the agro-industrial complex of the Sverdlovsk region for the period up to 2035. Resolution of the Government of the Sverdlovsk Region № 386-PP dated 28.06.2019. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561427328> (accessed: 24.04.2022).
- Development strategy of the forest fund of the Sverdlovsk region for the period up to 2035. Resolution of the Government of the Sverdlovsk Region № 205-PP dated 02.04.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/570723208> (accessed: 24.04.2022).
- Dobrachev A. A., Mehrentsev A. V., Shpak N. A.* Biofuel resources of the Sverdlovsk region and their use // Information and reference edition. Yekaterinburg : UGLTU, 2015, 285 p.
- Strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation until 2030. Order of the Government of the Russian Federation № 312-r dated 11.02.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573658653> (accessed: 24.04.2022).
- Trutaev V. I.* Wood fuel on the scales of economy // Energy and Management, 2007. № 3. P. 18–21.
- Website about the Yumaney payment system. URL: <https://oyoomoney.ru/articles/skol-ko-stoit-gaz-v-2021-godu-tarify-po-regionam-povyshenie-cen/?ysclid=l5gjj2gipa123872473> (accessed: 07.09.2022).

### Информация об авторах

- А. В. Мехренцев* – кандидат технических наук, доцент;
- А. А. Добрачев* – кандидат технических наук, доцент;
- А. Ф. Уразова* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
- Г. В. Кашиников* – студент.

***Information about the authors***

*A. V. Mehrentsev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*A. A. Dobrachev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

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

*G. V. Kashnikov – second-year student.*

*Статья поступила в редакцию 10.09.2023; принята к публикации 20.02.2023.*

*The article was submitted 10.09.2023; accepted for publication 20.02.2023.*

---

---

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 88–95  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 88–95

Научная статья

УДК 625.852

DOI 10.51318/FRET.2023.18.18.010

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Игорь Николаевич Кручинин<sup>1</sup>, Анастасия Андреевна Колобова<sup>2</sup>,  
Владимир Иванович Клевекко<sup>3</sup>, Андрей Анатольевич Лабыкин<sup>4</sup>

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

<sup>2,3</sup> Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

<sup>1</sup> kinaa.k@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7598-9672>

<sup>2</sup> minzurenko.a@yandex.ru

<sup>3</sup> vlivkl@mail.ru

<sup>4</sup> gabasas@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2715-1397>

**Аннотация.** Рассмотрены основные проблемы по совершенствованию лесных автомобильных дорог путем использования дорожно-строительных материалов из отходов нефтяной промышленности. Лесные дороги располагаются в сложных природно-климатических условиях, что накладывает принципиальные ограничения на использование в них дорожно-строительных материалов, способных обеспечивать требуемое их транспортно-эксплуатационное состояние. Традиционные дорожно-строительные материалы отличаются как стабильностью своих физико-механических характеристик, так и стоимостью и сложностью доставки в районы строительства. Все это вызывает значительные технологические осложнения и существенное удорожания строительства лесных дорог. В то же время имеется значительное количество отходов нефтяной промышленности, практически не используемых в строительной практике. Речь идет о загрязненных от разлива нефти грунтах. Несмотря на ряд проведенных исследований, задача использования подобных нефтезагрязненных грунтов при освоении лесосырьевых баз остается нерешенной. Таким образом, решить проблему позволит использование нефтезагрязненных грунтов при строительстве лесных дорог с заданными транспортно-эксплуатационными характеристиками с учетом природно-климатических условий их эксплуатации, а также создание особых парогидроизолирующих прослоек, что и определило цель настоящей работы. Целью исследований было обоснование возможности использования нефтезагрязненных грунтов и разработка требований к ним при строительстве парогидроизолирующих прослоек на лесных автомобильных дорогах. Результатами работы стало создание рецептуры добавок к нефтезагрязненным грунтам из скелетных и минеральных добавок. Было выяснено, что количество скелетной добавки должно находиться в диапазоне от 35 до 55%, а минеральной добавки из портландцемента марки М400-ДО – в количестве от 8 до 10%. Учитывая достаточную адекватность опытно-экспериментальных исследований, результаты подборов добавок могут быть рекомендованы для использования их в практике строительства парогидроизолирующих прослоек на лесных автомобильных дорогах.

**Ключевые слова:** лес, лесные дороги, нефтезагрязненные грунты

Scientific article

## ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING OIL-CONTAMINATED SOIL FOR THE CONSTRUCTION OF FOREST ROADS

Igor N. Kruchinin<sup>1</sup>, Anastasia A. Kolobova<sup>2</sup>, Vladimir I. Kleveko<sup>3</sup>, Andrey A. Labykin<sup>4</sup>

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

<sup>2,3</sup> Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

<sup>1</sup> kinaa.k@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7598-9672>

<sup>2</sup> minzurenko.a@yandex.ru

<sup>3</sup> vlivkl@mail.ru

<sup>4</sup> gabasas@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7598-9672>

**Abstract.** The main problems of improving forest roads through the use of road building materials from oil industry waste are considered. Forest roads are located in difficult natural and climatic conditions, which imposes fundamental restrictions on the use of materials that can ensure their required transport and operational condition. Traditional road construction materials are distinguished both by the stability of their physical and mechanical characteristics, and by the cost and complexity of delivery. All this causes significant technological complications and a significant increase in the cost of building forest roads. At the same time, there is a significant amount of waste from the oil industry, which is practically not used in construction practice. We are talking about oil-contaminated soils. Despite a number of studies, the problem of using such oil-contaminated soils in the development of forest raw material bases in the Perm Territory remains unresolved. Thus, the use of oil-contaminated soils on forest roads with specified transport and operational characteristics, taking into account the natural and climatic conditions of their operation, as well as the creation of special vapor barrier layers, which determined the purpose of this work, will allow solving the problem. The purpose of the research was to substantiate the possibility of using oil-contaminated soils and develop requirements for them in the construction of vapor barrier layers on forest roads. The result of the work was the creation of a formulation of additives to oil-contaminated soils from skeletal and mineral additives. It was found that the amount of the skeletal additive should be in the range from 35 to 50%, and the mineral additive from Portland cement grade M400-DO in the amount of 8 to 10%. Considering the sufficient adequacy of pilot studies, the results of the selection of additives can be recommended for use in the practice of building vapor barrier layers on forest roads.

**Keywords:** forest, forest roads, oil-contaminated soils

### Введение

В основе функционирования лесопромышленного комплекса Российской Федерации лежит стратегия устойчивого развития основных лесных территорий. При таком подходе основная роль должна отводиться системе развития транспортных инфраструктур лесосырьевых баз. Примеры освоения инвестиционных проектов на территориях Свердловской области и Пермского края показали тесную зависимость освоения лесосырьевых баз

от уровня развития их лесотранспортных сетей. Представленные территории располагаются либо во II, либо в I дорожно-климатической зоне. Подобные природно-климатические условия накладывают существенные ограничения как на конструкции лесных дорог, так и на технологии их строительства (Кручинин и др., 2018; Сиденко и др., 1984).

Опыт освоения лесосырьевых баз Российской Федерации со сложными природно-климатическими условиями показал, что основными

критериями развития их транспортной доступности стали дорожные конструкции, способные противостоять внешним суровым зимним условиям. Анализ использования дорожно-строительных материалов в лесных автомобильных дорогах предполагает, что наибольшее предпочтение следует отдавать материалам с повышенными парогидроизолирующими свойствами (Ильин, Кувалдин, 1982; Сиденко и др., 1984; Thompson, 2009).

Если на автомобильных дорогах общего пользования для строительства парогидроизолирующих прослоек в дорожных конструкциях используются рулонные материалы, обладающие различными гидрофобизирующими свойствами, как то: толь, рубероид, полиэтилен (Савельев, 2006), либо дорожно-строительные материалы, обработанные органическими вяжущими, то для лесных дорог их использование крайне ограничено (Кручинин и др., 2018; Тулаев, 1980).

Следует также учитывать, что их использование неэффективно из-за малого срока службы материала и возможной деформации их во время эксплуатации (Сиденко и др., 1984; Joao et al., 2015). А использование дорожно-строительных материалов, обработанных органическими вяжущими, требует значительных затрат. Поэтому альтернативной заменой при строительстве лесных автомобильных дорог могут быть отходы промышленности (в том числе нефтяной), обладающие гидрофобизирующими свойствами (Брехман, Ильина, 2005; Трифионов, 2005; Bindu et al., 2010).

Наиболее распространенными на территории лесных районов РФ (Пермский край, ХМАО, север Свердловской области) являются отходы нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, как то: нефтезагрязненные жидкости и нефтезагрязненные грунты (Юшков, Минзуренко, 2010). При этом грунты, обработанные нефтеотходами, значительно улучшают не только общие физико-механические свойства, а также существенно уменьшают их водопроницаемость и паропроницаемость (Тулаев, 1980; Юшков, Минзуренко, 2010; Hossain, 2011; Redelius, 2006).

В этой связи строительство лесных дорог с использованием парогидроизолирующих прослоек

из нефтеотходов является актуальным направлением исследований, что и определило цель настоящей работы.

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

Цель работы – исследование возможности использования нефтезагрязненных грунтов для строительства лесных автомобильных дорог.

В работе рассматривалась следующая задача: возможность использования нефтезагрязненных грунтов для строительства лесных автомобильных дорог.

При устройстве парогидроизолирующих прослоек на лесных автомобильных дорогах из нефтезагрязненных грунтов следует учитывать основные требования: полученный материал должен обладать гидрофобными свойствами; материал должен быть долговечен и обладать стабильными физико-механическими характеристиками, не изменяющимися во времени; прочность материала должна обеспечить его сохранность как в процессе производства работ, так и в процессе эксплуатации автомобильной дороги; желательно иметь наименьшую стоимость; должна соблюдаться экологическая и пожарная безопасность; иметь минимальные трудозатраты при производстве работ.

В наших исследованиях были изучены нефтезагрязненные грунты с полигона хранения отходов нефтяной промышленности «Кокуй» (Юшков, Минзуренко, 2010).

Предлагаемый нефтезагрязненный грунт представляет собой супесь пылеватую, загрязненную нефтью после аварийного разлива, находящуюся в переувлажненном состоянии: влажность – от 0 до 5%; число пластичности – от 9,0 до 11,06%; содержание нефтяных компонентов изменяется от 12,0 до 13,0%; количество песчаных частиц – от 25,0 до 39,0%; глинистых частиц – от 60,0 до 75,0%. Гранулометрический состав исследуемого материала приведен в табл. 1.

Для стабилизации нефтезагрязненных грунтов за счет введения минеральных вяжущих применялся портландцемент марки ПЦ 400-ДО. Составы и дозировки портландцемента для стабилизации нефтезагрязненных грунтов приведены в табл. 2.

Таблица 1

Table 1

Гранулометрический состав нефтезагрязненного грунта  
Grain size distribution of oily soil

Нефтезагрязненный грунт Oily ground	Состав, % Composition, %		
	Песчаные частицы Sand particles	Глинистые частицы Clay particles	Пылеватые частицы Dust particles
Супесь пылеватая Soak in dust	38	54	8
Суглинок легкий пылеватый № 2 Clay loam light dust № 2	36	48	16
Суглинок тяжелый № 3 Clay loam № 3	42	39	19

Таблица 2

Table 2

Составы нефтезагрязненных грунтов с добавкой портландцемента  
Oil-contaminated soil compositions with Portland cement

№ состава № composition	Состав, % Composition, %	
	Нефтезагрязненный грунт Oily soil	Портландцемент ПЦ 400-Д0 Portland cement PC 400D0
НЦ.1 NC.1	92	8
НЦ.2 NC.2	90	10
НЦ.3 NC.3	88	12
НЦ.4 NC.4	86	14

Проведенный комплекс лабораторных испытаний по определению гранулометрического состава нефтезагрязненных грунтов и способов введения в них гранулометрических добавок позволил определить основные соотношения в предлагаемой комплексной добавке, состоящей как из скелетной части, так и из добавок минеральных вяжущих веществ.

#### Материалы и обсуждения

Было выявлено, что основные требования к нефтезагрязненным грунтам, используемым при строительстве лесных автомобильных дорог, необходимо оценивать в зависимости от вида используемых материалов (Юшков, Минзуренко, 2010).

При разработке основных требований к возможности использования нефтезагрязненных грунтов для строительства лесных автомобильных дорог, а также оценке эффективности их применения был проведен комплекс опытно-экспериментальных исследований по приготовлению различных составов лабораторных образцов. В табл. 3 представлены результаты введения портландцемента ПЦ 400-Д0 в нефтезагрязненный грунт при различной дозировке.

Введение скелетных добавок позволило не только провести коррекцию гранулометрического состава нефтезагрязненных грунтов и перераспределить свободную пленку нефти на поверхности минеральных частиц грунта, но и обеспечить требуемые механические характеристики материала.

Таблица 3

Table 3

Физико-механические показатели конструктивного слоя дорожной одежды лесной дороги с добавкой  
портландцемента ПЦ 400-ДО и нефтезагрязненного грунта

Physical and mechanical indicators of oil-contaminated soil with the addition of Portland cement PC 400-DO

№ состава № composition	Предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов, МПа, в возрасте, сут Compression strength of water-saturated samples, MPa, aged, days		Предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов, МПа, в возрасте, сут Tensile strength for bending of water-saturated samples, MPa, aged, days		Коэффициент морозостойкости Frost resistance coefficient
	7	28	7	28	
НЦ.1 NC.1	1,38	1,60	1,16	1,24	0,32
НЦ.2 NC.2	1,41	1,84	1,28	1,46	0,47
НЦ.3 NC.3	1,78	2,07	1,42	1,76	0,61
НЦ.4 NC.3	2,29	2,95	1,56	1,92	0,76

В то же время введение минеральных вяжущих позволило изменить его основные физико-механические свойства. Анализ показал, что введение добавок позволяет использовать полученный материал не только в земляном полотне, но и в отдельных конструктивных слоях дорожных одежд лесных дорог.

Оценка общей экологической безопасности использования нефтезагрязненных грунтов с вяжущими добавками для строительства лесных дорог рассматривалась на примере изучения возможных путей вымывания нефтепродуктов из конструктивных слоев дорожных одежд.

Нами было определено, что основными путями вымывания нефтепродуктов из конструктивных слоев дорожных одежд лесных дорог служит фильтрация капельно-поровой жидкости либо через основной слой дорожной одежды, либо без участия верхнего слоя земляного полотна. Основным критерием попадания нефтепродуктов на лесные территории стала оценка возможности попадания водной вытяжки нефтепродуктов из конструктивных слоев дорожных одежд или земляного полотна.

Результаты испытаний показали, что благодаря плотной структуре, а также за счет гидрофобизирующего действия нефтяной пленки полученные образцы из уплотненного стабилизированного

нефтезагрязненного грунта не подвержены фильтрации.

При оценке степени вымывания нефтепродуктов из предлагаемых материалов была произведена водная вытяжка измельченной массы нефтезагрязненного грунта в дистиллированной воде по методике МУК 4.1.1013–01 (2001).

На этом этапе рассматривались следующие возможные пути вымывания нефтепродуктов: фильтрация капельной жидкости через конструктивный слой дорожной одежды или земляного полотна, построенного с использованием нефтезагрязненного грунта; водная вытяжка нефтепродуктов из конструктивных слоев дорожной одежды или земляного полотна в процессе длительного их обводнения.

Для определения наличия вымывания нефтепродуктов по первому пути были проведены экспериментальные исследования по определению коэффициента фильтрации воды через конструктивные слои образца.

Для определения наличия вымывания нефтепродуктов по второму пути была произведена водная вытяжка измельченной массы нефтезагрязненного грунта в дистиллированной воде. Составы материалов и полученные данные представлены в табл. 4.

Таблица 4

Table 4

Составы остатков водной вытяжки нефтепродуктов  
из стабилизированного грунта с введением 50% скелетной добавки  
Compositions of residues of aqueous extract of petroleum products from  
stabilized soil with the introduction of 50% skeletal additive

Номера серий образцов Sample Batch Numbers	Общее количество остатка, г/л Total balance, g/l	В том числе, г/л Including, g/l	
		твердых осадков hard precipitation	нефтепродуктов oil products
НЦ.1	18,10	17,92	0,18
НЦ.2	11,20	11,12	0,08
НЦ.3	14,50	14,41	0,09
НЦ.4	9,30	9,30	–

### Выводы

Изучены закономерности влияния скелетных и минеральных добавок на нефтезагрязненные грунты и на их физико-механические свойства как дорожно-строительного материала для строительства лесных дорог.

Было выяснено, что конструктивные слои из стабилизированных нефтегрунтов необходимо располагать в рабочем слое земляного полотна на расстоянии не менее 0,6 м от низа дорожной одежды.

Наименьшие показатели фильтрации конструктивных слоев дорожных одежд лесных дорог были получены при применении песчаного

нефтезагрязненного грунта с 35%-ной скелетной добавкой вне зависимости от типа применяемого минерального вяжущего, а также при применении глинистого нефтезагрязненного грунта, стабилизированного 55%-ной скелетной добавкой.

Отделение нефти и вымывание не наблюдалось при укреплении нефтезагрязненных грунтов введением портландцемента марки М400-ДО в количестве свыше 10%.

Таким образом, использование нефтезагрязненных грунтов для строительства лесных дорог может быть рекомендовано при введении в них комплексной добавки из минерального вяжущего и скелетной гранулометрической добавки.

### Список источников

- Брехман А. И., Ильина О. Н. Новый дорожно-строительный материал с применением нефтяного шлама // Известия КГАСУ. 2005. № 1 (3). С. 78–80.
- Ильин Б. А., Кувалдин Б. И. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог. Москва : Лесная промышленность, 1982. 384 с.
- Кручинин И. Н., Сушков С. И., Данилов В. В. Возможности повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог в различных сезонных условиях Свердловской области // Лесотехнический журнал. 2018. № 4 (32). С. 157–163.
- МУК 4.1.1013–01 Определение массовой концентрации нефтепродуктов в воде / Минздрав России. Москва, 2001. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007853> (дата обращения: 09.12.2022).
- Савельев В. В. Обоснование типа и конструкций одежд лесовозных автомобильных дорог : дис. ... д-ра техн. наук / Савельев Валерий Владимирович. Йошкар-Ола, 2006. С. 296–319. URL: [https://new-dissert.ru/\\_avtoreferats/01003300569.pdf](https://new-dissert.ru/_avtoreferats/01003300569.pdf) (дата обращения: 09.12.2022).
- Сиденко В. М., Батраков О. Т., Покутнев Ю. А. Дорожные одежды с парогидроизолирующими слоями. Москва : Транспорт, 1984. 144 с.

- Трифонов А. А.* Органоминеральные дорожно-строительные материалы с использованием нефтешламов : дис. ... канд. техн. наук / Трифонов Андрей Александрович. Казань, 2005. 187 с. URL: [https://new-dissert.ru/\\_avtoreferats/01002831090.pdf](https://new-dissert.ru/_avtoreferats/01002831090.pdf) (дата обращения: 09.12.2022).
- Тулаев А. Я.* Конструкция и расчет дренажных устройств. Москва : Транспорт, 1980. 191 с.
- Юшков Б. С., Минзуренко А. А.* О применении отходов нефтяной отрасли в дорожном строительстве // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 6. С. 41–44. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15107284> (дата обращения: 09.12.2022).
- Bindu C.S. et. al.* Waste plastic as a stabilizing additive in Asphalt Stone Mastic/ International Journal of Engineering and Technology Vol.2 (6), 2010, 379–387. URL: [https://www.researchgate.net/publication/50422285\\_Waste\\_plastic\\_as\\_a\\_stabilizing\\_additive\\_in\\_Stone\\_Mastic\\_Aspphalt](https://www.researchgate.net/publication/50422285_Waste_plastic_as_a_stabilizing_additive_in_Stone_Mastic_Aspphalt) (дата обращения: 09.12.2022).
- Hossain Z.* Evaluation of Rheological Properties of Asphalt Binders for Pavement Design Applications : CEES Ph.D. Dissertation Defense / Hossain Zahid. 2011. Wednesday, April 20. URL: <https://shareok.org/handle/11244/318790> (дата обращения: 09.12.2022).
- Joao S., Adelino F., Gerardo F.* A life cycle assessment model for pavement management: methodology and computational framework By // International Journal of Pavement Engineering. 2015. March. Volume 16. Issue 3. P. 268–286.
- Redelius P.G.* The structure of asphaltenes in bitumen. Road Materials and Pavement Design. 2006. 7 (sup1). P. 143–162. DOI 10.1080/14680629.2006.9690062.
- Thompson M.P.* Contemporary Forest Road management with economic and environmental objectives // PhD Dissertation, Oregon State University, Pro Quest Dissertations Publishing. 2009. 284 p. URL: <https://studylib.net/doc/12144390/> (дата обращения: 09.12.2022).

## References

- Bindu C.S. et. al.* Waste plastic as a stabilizing additive in Asphalt Stone Mastic // International Journal of Engineering and Technology. 2010. Vol. 2 (6). P. 379–387.
- Brekhman A.I., Ilyin O.N.* New road construction material using oil sludge // Izvestiya KGASU [Proceedings of KGASU]. 2005. № 1 (3). P. 78–80.
- Hossain Z.* Evaluation of Rheological Properties of Asphalt Binders for Pavement Design Applications : CEES Ph.D. Dissertation Defense / Hossain Zahid. 2011. Wednesday, April 20.
- Ilyin B.A., Kuvaldin B.I.* Design, construction and operation of logging roads. Moscow : Forest industry, 1982. 384 p.
- Joao S., Adelino F., Gerardo F.* A life cycle assessment model for pavement management: methodology and computational framework By // International Journal of Pavement Engineering. 2015. March. Volume 16. Issue 3. P. 268–286.
- Kruchinin I.N., Sushkov S.I., Danilov V.V.* Possibilities of improving the transport and operational qualities of logging roads in different seasonal conditions of the Sverdlovsk region // Lesotekhnicheskii zhurnal. 2018. № 4 (32). P. 157–163.
- MUK 4.1.1013–01 Determination of the mass concentration of oil products in water / Ministry of Health of Russia. Moscow, 2001. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007853> (accessed: 09.12.2022).
- Redelius P.G.* The structure of asphaltenes in bitumen. Road Materials and Pavement Design. 2006. 7 (sup1). P. 143–162. DOI 10.1080/14680629.2006.9690062.
- Saveliev V.V.* Substantiation of the type and designs of clothing for timber-carrying highways : Dis. ... doc. tech. sciences / Saveliev Valeriy Vladimirovich. Yoshkar-Ola, 2006. P. 296–319.
- Sidenko V.M., Batrakov O. T., Pokutnev Yu. A.* Road clothes with vapor barrier layers. Moscow : Transport, 1984. 144 p.

- Thompson M. P.* Contemporary Forest Road management with economic and environmental objectives // PhD Dissertation, Oregon State University, Pro Quest Dissertations Publishing. 2009. 284 p.
- Trifonov A. A.* Organo-mineral road construction materials using oil sludge : Dis. ... cand. tech. Sciences / Trifonov Andrey Alexandrovich. Kazan, 2005. 187 p.
- Tulaev A. Ya.* Design and calculation of drainage devices. Moscow : Transport, 1980. 191 p.
- Yushkov B. S., Minzurenko A. A.* On the use of oil industry waste in road construction // Protection of the environment in the oil and gas complex. 2010. № 6. P. 41–44.

#### ***Информация об авторах***

*И. Н. Кручинин* – доктор технических наук, доцент;  
*А. А. Колобова* – старший преподаватель;  
*В. И. Клевко* – кандидат технических наук, доцент;  
*А. А. Лабыкин* – аспирант.

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

*I. N. Kruchinin* – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;  
*A. A. Kolobova* – senior lecturer;  
*V. I. Klevko* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
*A. A. Labykin* – postgraduate student.

*Статья поступила в редакцию 12.01.2023; принята к публикации 12.02.2023.*  
*The article was submitted 12.01.2023; accepted for publication 12.02.2023.*

---

---

Леса России и Хозяйство в них. 2023. № 1. С. 96–99  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 96–99

Персоналии

## ГЕРЦ ЭДУАРД ФЕДОРОВИЧ (к 70-летию со дня рождения) HERZ EDUARD FEDOROVICH (on the 70th anniversary of his birth)



Герц Эдуард Федорович родился 26 марта 1953 года в г. Красновишерске Пермской области. С 1960 по 1964 год обучался в начальной школе поселка УЖД г. Красновишерска, а затем в средней городской школе № 1. После окончания школы в 1970 году поступил на работу на Вишерский целлюлозно-бумажный комбинат в качестве ученика слесаря, откуда в мае 1971 года был призван в ряды советской армии. После демобилизации в июне 1973 года работал на бумзаводе Вишерского целлюлозно-бумажного комбината в качестве слесаря-ремонтника до октября 1975 года, а затем до августа 1976 года в качестве слесаря нижнего

склада Вижайского леспромхоза Горнозаводского района Пермской области. В феврале 1976 года был направлен на подготовительные курсы для поступления в Уральский лесотехнический институт (УЛТИ). С этого момента вся его жизнь связана с нашим вузом.

С сентября 1976 по сентябрь 1981 года – студент лесоинженерного факультета Уральского лесотехнического института. После окончания работал в УЛТИ в качестве инженера, младшего научного сотрудника отраслевой лаборатории рубок в лесах I группы до ноября 1985 года, лаборатория профессора Никодима Владимировича Лившица. В работе лаборатории принимали участие такие известные ученые, как лесовод канд. с.-х. наук Александр Гаврилович Шавнин, экономист канд. экон. наук Людмила Эдуардовна Пийгли, технолог канд. техн. наук, а в настоящее время и д-р с.-х. наук Василий Андреевич Азаренок. Результатом большой теоретической и экспериментальной работы лаборатории было «Положение по рубкам в лесах I группы Урала», ставшее первым нормативным документом, определявшим порядок хозяйственной деятельности в санитарных защитных лесах городов Урала.

С декабря 1985 года по декабрь 1989 года обучался в очной целевой аспирантуре Ленинградской лесотехнической академии; научный руководитель доктор технических наук, профессор Станислав Петрович Бойков. По окончании аспирантуры защитил кандидатскую диссертацию «Обоснование технологии лесозаготовок в низкобонитетных насаждениях».

После успешной защиты диссертации и возвращения в родной вуз работал в качестве ассистента, доцента УЛТИ. В этот период в стране, и в том числе на Урале, начались работы по внедрению в практику лесопромышленного производства технологий с заготовкой и вывозкой сортиментов. В составе группы работали такие специалисты-лесоводы, как канд. с.-х. наук Геннадий Александрович Годовалов, канд. с.-х. наук, а сегодня д-р с.-х. наук Сергей Вениаминович Залесов, экономист канд. экон. наук Валентина Васильевна Мезенова.

Эдуард Федорович принимал в этой работе активное участие, и в результате были подготовлены «Временные рекомендации по рубкам главного и промежуточного пользования в лесах Урала с применением многооперационных колесных машин и сортиментной технологии». В дальнейшем это направление работы продолжалось и воплотилось в виде целого ряда документов и широкого

внедрения технологий в практику лесопромышленного производства.

В 1994 году с марта по июнь стажировался в Швейцарском институте снега, леса и ландшафта, где изучал современные на тот период технологии лесопользования в экологически чувствительных горных регионах Европы. По результатам части проведенных исследований была опубликована статья *Zange ober Seilwinde?* в журнале *Wald und Holz*.

В 1996 году организовал и руководил двухнедельной ознакомительной практикой группы студентов лесоинженерного факультета в Германии. Выезжал на зарубежные стажировки в Институт снега, леса и ландшафта (Швейцария) и Департамент леса и окружающей среды (Лихтенштейн). В 1992 году был назван лучшим ассистентом УЛТИ, неоднократно отмечался приказами по вузу за большую работу по обучению и воспитанию студенческой молодежи.



С коллегами на производственном участке предприятия  
ООО «Режевской леспромхоз».

На фото слева направо: Э.Ф. Герц, зав. кафедрой ТОЛП А.В. Мехренцев;  
зам. директора ИЛП доцент кафедры ТОЛП А.Ф. Уразова; профессор кафедры ТОЛП В.А. Азаренок

В сентябре 2000 года поступил в докторантуру УГЛТУ и в декабре 2004 года Э.Ф. Герц успешно защитил диссертацию по специальностям 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства», 06.03.03 «Лесоведение и лесоводство; лесные пожары и борьба с ними» на тему «Теоретическое обоснование технологий рубок с сохранением лесной среды (на примере Уральского региона)» в диссертационном совете при Уральском государственном лесотехническом университете.

В этой научной работе Эдуарда Федоровича впервые было приведено обоснование параметров рубок главного и промежуточного пользования, ориентированных прежде всего на сохранение компонентов лесной среды, что позволяет повысить эффективность лесопользования. Им выполнено обоснование способов рубки в защитных насаждениях, обеспечивающих их обновление при сохранении защитных функций и эффективную прижизненную эксплуатацию; рубки переформирования березовых насаждений в елово-пихтовые в условиях целевого ведения лесного хозяйства на производство фанерного кряжа.

С августа 2004 по июнь 2013 года руководил кафедрой технологии и оборудования лесопромышленного производства. В период 2007–2013 гг. исполнял обязанности декана лесоинженерного факультета, а с 2013 до 2019 гг. возглавлял Институт лесопромышленного бизнеса и дорожного строительства.

В 2011 году избран членом-корреспондентом по секции наук о лесе Российской академии естественных наук. Принимает активное участие в работе лесопромышленных организаций УрФО, что позволяет ему аккумулировать предложения работодателей и актуализировать образовательные программы. В 2020 году ему присвоено ученое звание профессора.

Постоянно участвует в качестве исполнителя в работе научных коллективов при выполнении хоздоговорных и бюджетных исследований, а также при выполнении грантов. Внес вклад в создание и работу вузовско-академической учебно-научной лаборатории экологических проблем лесопользования, продвигал идеи устойчивого

управления лесами в Уральском регионе, является крупным специалистом в области современных технологий лесосечных работ. В 2020–2022 гг. Э.Ф. Герц – ответственный исполнитель в рамках проекта тематики научных исследований «Экологические аспекты рационального природопользования» FEUG-2020-0013. Он активно участвует и выступает с докладами на различных научных мероприятиях – конференциях, симпозиумах, семинарах.

Результаты научных исследований Э.Ф. Герца внедрены в учебный процесс, включены в программы дисциплин «Основы устойчивого управления лесами», «Наилучшие доступные технологии заготовки и переработки древесины», «Технологии и машины для заготовки древесины».

Заслуги Эдуарда Федоровича неоднократно были отмечены на самых различных уровнях. В частности, за значительный вклад в подготовку кадров высшей квалификации для лесной отрасли он награжден нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации», Почетной грамотой Министерства образования и науки Российской Федерации, а также почетными грамотами федерального и областного уровней.

Оценка и мнение Э.Ф. Герца как рецензента имеют большой авторитет в научном сообществе. Ежегодно он назначается официальным оппонентом по кандидатским и докторским диссертациям, является признанным экспертом в области лесных отношений и природопользования в регионе. Эдуард Федорович – член редколлегий трех научных рецензируемых журналов.

Э.Ф. Герц является председателем совета 24.2.424.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (технические науки, химические науки), членом диссертационного совета 212.281.01 (биологические и сельскохозяйственные науки).

Профессор Эдуард Федорович Герц – известный в стране крупный и плодотворно работающий ученый, высококвалифицированный педагог и успешный руководитель, внесший значительный вклад в исследование и разработку эффективных

технологий лесозаготовительного и лесоперерабатывающего производства, обеспечивающих устойчивое лесопользование, подготовку и воспитание инженеров, бакалавров, магистров и научно-педагогических кадров. Под его руководством более 350 студентов успешно защитили дипломные проекты и работы, подавляющее большинство из них с оценкой «отлично». Является руководителем магистерского направления, под его руководством подготовлена и защищена 1 диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. За высокие достижения в учебно-воспитательной работе его фотопортрет неоднократно был размещен на Доске почета.

За более чем 40-летнюю трудовую деятельность в УГЛТУ Эдуард Федорович прошел путь от инженера до профессора кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства. Им издано более 150 научных и методических работ, в том числе три монографии, пять учебных пособий, три региональных нормативных документа, включая «Рекомендации по сортиментной заготовке древесины многоопераци-

онными машинами на территории Свердловской области», получено более 10 патентов и авторских свидетельств на изобретения.

В настоящее время Эдуард Федорович работает в должности профессора на кафедре технологии и оборудования лесопромышленного производства Института леса и природопользования.

Коллектив кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства, редакция журнала «Леса России и хозяйство в них», коллеги в год юбилея сердечно поздравляют Эдуарда Федоровича и желают ему крепкого здоровья, неисчерпаемого вдохновения, новых перспективных идей, реализации всех планов и проектов, благополучия и дальнейших творческих успехов в деле изучения и сбережения лесных богатств России и подготовки научных кадров высшей квалификации.

*Коллектив кафедры технологии  
и оборудования лесопромышленного  
производства (ТОЛП)  
Уральского государственного  
лесотехнического университета*

---