

ISSN 1993-0135

# ХВОЙНЫЕ

## БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ



---

2025

Том XLIII  
Номер 3

---

<http://www.sibsau.ru>

Красноярск

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М. Ф. Решетнева

# ***ХВОЙНЫЕ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ***

Теоретический и научно-практический журнал

Том XLIII  
№ 3

Красноярск  
2025

# ***ХВОЙНЫЕ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ***

Теоретический и научно-практический журнал

## **Том XLIII, № 3**

Журнал основан в 1962 г.  
(до 2002 г. носил название «Лиственница»)  
Выходит 6 раз в год

*Главный редактор*

Братилова Наталья Петровна, д.с.-х.н. профессор

*Ответственный секретарь*

Коротков Александр Анатольевич, к.с.-х.н., доцент

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Авдеева** Елена Владимировна, д.с.-х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)  
**Алашкевич** Юрий Давыдович, д.т.н., профессор, академик Российской академии образования (РАО)  
(СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)  
**Бабич** Николай Алексеевич, д.с.-х.н., профессор (САФУ, Архангельск)  
**Бессчетнов** Владимир Петрович, д.б.н., профессор (НГСХА, Нижний Новгород)  
**Вараксин** Геннадий Сергеевич, д.с.-х.н.аук, профессор (Институт леса СО РАН, Красноярск)  
**Верховец** Сергей Владимирович, к.с.-х.н., доцент (проректор по перспективным проектам СФУ, Красноярск)  
**Выводцев** Николай Васильевич, д.с.-х.н., профессор (Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)  
**Ермолин** Владимир Николаевич, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)  
**Залесов** Сергей Вениаминович, д.с.-х.н., профессор (УГЛТУ, Екатеринбург)  
**Иванов** Валерий Александрович, д.с.-х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)  
**Кобаяси** Рёсукэ, к.с.-х.н. (Центр полевых биосферных исследований Севера, Университет Хоккайдо)  
**Казаков** Яков Владимирович, д.т.н. (САФУ, Архангельск)  
**Крутовский** Константин Валерьевич, профессор (Техасский агрономический университет, США)  
**Кузнецов** Борис Николаевич, д.х.н., профессор (ИХХТ СО РАН, Красноярск)  
**Матвеева** Римма Никитична, д.с.-х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)  
**Мельник** Пётр Григорьевич, к.с.-х.н., доцент (МГТУ им. Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет); старший научный сотрудник (Институт лесоведения Российской академии наук)  
**Муратова** Елена Николаевна, д.б.н., профессор (Институт леса СО РАН, Красноярск)  
**Нагимов** Зуфар Ягфарович, д.с.-х.н., профессор (УГЛТУ, Екатеринбург)  
**Нимц** Петер, профессор (Институт строительных материалов и физики древесины (IfB)  
Высшей швейцарской технической школы (ETH), Цюрих, Швейцария)  
**Огурцов** Виктор Владимирович, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)  
**Онучин** Александр Александрович, д.б.н., профессор (ИЛ СО РАН, Красноярск)  
**Пен** Роберт Зусьевич, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)  
**Плотников** Сергей Михайлович, д.т.н., профессор (ИрГУПС, Красноярск)  
**Прохоров** Валерий Николаевич, д.б.н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси  
(Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь)  
**Рязанова** Татьяна Васильевна, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)  
**Сафин** Руслан Рушанович, д.т.н., профессор (Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань)  
**Селиховкин** Андрей Витимович, д.б.н., профессор (СПбЛТА им. Кирова, Санкт-Петербург)  
**Стороженко** Владимир Григорьевич, д.б.н. (Институт лесоведения РАН, Москва)  
**Субоч** Георгий Анатольевич, д.х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)  
**Суховольский** Владислав Григорьевич, д.б.н., профессор (ИЛ СО РАН, Красноярск)  
**Усольцев** Владимир Андреевич, д.с.-х.н., профессор (УГЛТУ, Екатеринбург)  
**Шевелев** Сергей Леонидович, д.с.-х.н. профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)  
**Якубов** Харис Галиулович, д.б.н., профессор (МГУ, Москва)

# ***CONIFERS of the BOREAL AREA***

Theoretical and Applied Research Journal

## Volume XLIII, No. 3

The journal was founded in 1962  
(Prior to 2002 it had the title «Larch»)  
Issued 6 times a year

*Editor-In-Chief*

Dr. Natalia P. Bratilova, Professor

*Executive secretary*

PhD. Aleksandr A. Korotkov, Associate Professor

### EDITORIAL BOARD:

- Avdeeva** Elena V., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)  
**Alashkevich** Yuri D., Dr. Sc. in Engineering, Professor, Academician of the Russian Academy of Education (RAO) (Reshetnev University, Krasnoyarsk)  
**Babich** Nikolay A., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk)  
**Besschetnov** Vladimir P., Dr. Sc. in Biology, Professor (Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod)  
**Ermolin** Vladimir N., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)  
**Ivanov** Valery A., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)  
**Kobayashi** Ryosuke, Cand. Sc. in Agriculture (North Field Biosphere Research Center (Hokkaido University)  
**Kazakov** Yakov V., Dr. Sc. in Engineering, Associate Professor (Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk)  
**Krutovsky** Konstantin V., Professor (Texas A&M University, College Station, USA)  
**Kuznetsov** Boris N., Dr. Sc. in Chemistry, Professor (Institute of Chemistry and Chemical Technology, Krasnoyarsk)  
**Matveeva** Rimma N., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)  
**Melnik** Pyotr G., Cand. Sc. in Agriculture, Associate Professor (Bauman Moscow State Technical University (National Research University); Senior Researcher (Institute of Forestry of the Russian Academy of Sciences)  
**Muratova** Elena N. Dr. Sc. in Biology (Professor Institute of Forest, Krasnoyarsk)  
**Nagimov** Zufar Ya., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Ural State Forestry University, Ekaterinburg)  
**Niemz** Peter, Professor (Institute for Building Materials and Wood Physics (IfB) at Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, Switzerland)  
**Onurtsov** Victor V., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)  
**Onuchin** Alexandr A., Dr. Sc. in Biology, Professor (Sukachev Institute of Forest, Krasnoyarsk)  
**Pen** Robert Z., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)  
**Plotnikov** Sergey. M., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Krasnoyarsk)  
**Prokhorov** Valery V., Dr. Sc. in Biology, Professor, Associate Member of the National Academy of Sciences of Belarus (Institute of experimental botany of NAS of Belarus, Minsk, Belarus)  
**Ryazanova** Tatyana V., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)  
**Safin** Ruslan R., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Kazan National Research Technological University, Kazan)  
**Selikhovkin** Andrey V., Dr. Sc. in Biology, Professor (Saint-Petersburg State Forest-Technical Academy)  
**Shevelev** Sergei L., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)  
**Storojenko** Vladimir G., Dr. Sc. in Biology, Professor (Institute of Forest Sciences, Moscow)  
**Suboch** Georgii A., Dr. Sc. in Chemistry, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)  
**Soukhovolsky** Vladislav G., Dr. Sc. in Biology, Professor (Sukachev Institute of Forest, Krasnoyarsk)  
**Varaksin** Gennady S., Dr. Sc. in Agricultural (Professor Institute of Forest, Krasnoyarsk)  
**Vykhovets** Sergei V., Cand. Sc. in Agriculture, Docent (Vice-Rector for Advanced Projects of SFU, Krasnoyarsk)  
**Vyvodtsev** Nikolay V., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Pacific National University, Khabarovsk)  
**Usoltsev** Vladimir A., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Ural State Forestry University, Ekaterinburg)  
**Zalesov** Sergey V., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Ural State Forestry University, Ekaterinburg)  
**Yakubov** Haris H. Dr. Sc. in Biology, Professor (Moscow State University, Moscow)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ № ФС77-70531 от 25 июля 2017 г.  
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Certificate of Registration as a Mass Media Resource.  
Certificate: PI No. FC77-70531, dated 25 July 2017,  
given by The Federal Service for Supervision of Communications,  
Information Technology and Mass Media

---

Статьи в журнале публикуются бесплатно после обязательного рецензирования  
и при оформлении их в соответствии с требованиями редакции ([www.hbz.sibsau.ru](http://www.hbz.sibsau.ru)).

Журнал выходит 6 раз в год.

Электронная версия журнала представлена на сайте Научной электронной библиотеки  
(<http://www.elibrary.ru>) и сайте журнала (<https://hbz.sibsau.ru/>)

При перепечатке или цитировании материалов из журнала  
«Хвойные бореальной зоны» ссылка обязательна

Номер подписного индекса в каталоге «Книга-Сервис» Е63087, «Пресса России» 63087

---

#### **Учредитель и издатель**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М. Ф. Решетнева» (СибГУ им. М. Ф. Решетнева)

#### **Адрес учредителя и издателя**

Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М. Ф. Решетнева,  
Российская Федерация, 660037, Красноярск,  
проспект имени газеты «Красноярский рабочий», 31

#### **Адрес редакции**

Российская Федерация, 660049, Красноярск, просп. Мира, 82, каб. ц-01а  
Редакция журнала «Хвойные бореальной зоны»  
Тел. (391) 266-03-96, e-mail: [hbz@sibsau.ru](mailto:hbz@sibsau.ru), [www.hbz.sibsau.ru](http://www.hbz.sibsau.ru)

Address: Editorial office of the journal “Conifers of the Boreal Area”  
82, Mira Av., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation.  
Department of Forest Plantation  
Phone: (391) 266-03-96, e-mail: [hbz@sibsau.ru](mailto:hbz@sibsau.ru), [www.hbz.sibsau.ru](http://www.hbz.sibsau.ru)

---

Ответственный редактор А. А. Коротков.  
Корректор П. С. Бороздов. Оригинал-макет и верстка Л. В. Звонаревой.

Подписано в печать 23.06.2025. Дата выхода в свет 04.07.2025. Формат 70×108/8.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 13,4. Тираж 700 экз.  
Заказ 3589. С 1107/25. Цена свободная.

Редакционно-издательский отдел СибГУ им. М. Ф. Решетнева.  
660037, Красноярский край, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31.  
E-mail: [rio@mail.sibsau.ru](mailto:rio@mail.sibsau.ru). Тел. (391) 291-90-96.

Отпечатано в редакционно-издательском центре СибГУ им. М. Ф. Решетнева.  
660049, Красноярский край, г. Красноярск, просп. Мира, 82. Тел. (391) 222-73-28.

## Содержание

### БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ, ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<b>Татаринцев А. И., Аминев П. И.</b> К изучению влияния <i>Ips sexdentatus</i> Börner на состояние древостоев <i>Pinus sibirica</i> Du Tour в лесах юга Средней Сибири .....	7
<b>Безруких В. А., Авдеева Е. В., Цыганкова Н. В., Лигаева Н. А., Кузнецова О. А.</b> Экологические особенности лесостепных агроландшафтов южной части бореальной зоны Приенисейской Сибири .....	15
<b>Матвеева Р. Н., Комаров И. В.</b> Изменчивость 18-летнего семенного потомства привитых деревьев сосны кедровой сибирской разного географического происхождения .....	21
<b>Усольцев В. А., Терехов Г. Г.</b> Возрастная динамика биомассы насаждений кедра сибирского на Урале .....	28
<b>Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Попова С. В., Щерба Ю. Е.</b> Изменчивость 1–7-летних сеянцев сосны кедровой сибирской от рамет плюсового дерева 100/64, произрастающих на участке «ГСП» .....	37
<b>Брынцев В. А.</b> Рост и семеношение сосны кедровой сибирской в интродукционных культурах плантационного типа в Московской области .....	44
<b>Выводцев Н. В.</b> Определение комплексной спелости в дубовых древостоях .....	51
<b>Авдеева Е. В., Иванов Д. В.</b> Декоративность кустарников на объектах озеленения города Красноярска .....	59
<b>Куксин Г. В., Секерин И. М., Ерицов А. М., Залесов С. В.</b> Анализ фактической горимости лесов по федеральным округам Российской Федерации и пути ее минимизации .....	67

### ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

<b>Огурцов В. В., Орлов А. А., Дук Д. В.</b> Процессы накопления штабелей перед сушильными туннелями в условиях крупно-поточного производства пиломатериалов .....	76
--	----

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

<b>Захаров П. С., Артёмов А. В., Шкуро А. Е., Юрьев Ю. Л.</b> Исследование стойкости композитов на основе ацетата целлюлозы к воздействию плесневых грибов .....	81
--	----

<b>Авторская ссылка .....</b>	<b>88</b>
-------------------------------	-----------

# Contents

## BIOLOGY AND ECOLOGY, FORESTRY

<b>Tatarintsev A. I., Aminev P. I.</b> To study the effect of <i>Ips sexdentatus</i> Börner on the state of <i>Pinus sibirica</i> Du Tour stands in the forests of southern Central Siberia .....	7
<b>Bezrukikh V. A., Avdeeva E. V., Tsygankova N. V., Ligaeva N. A., Kuznetsova O. A.</b> Ecological features of forest-steppe agrolandscapes of the southern part of the boreal zone of Yenisei Siberia .....	15
<b>Matveeva R. N., Komarov I. V.</b> Variability of 18-year-old seed progeny of grafted <i>pinus sibirica</i> trees of different geographical origin .....	21
<b>Usoltsev V. A., Terekhov G. G.</b> Age dynamics of biomass of <i>Pinus sibirica</i> Du Tour stands in the Urals .....	28
<b>Matveeva R. N., Butorova O. F., Popova S. V., Shcherba Y. E.</b> Variability of 1–7-year-old seedlings of Siberian pine from the plus tree 100/64 ramets growing on the site “GSP” .....	37
<b>Bryntsev V. A.</b> Growth and seed production of siberian cedar pine in introduction crops of plantation type in Moscow region .....	44
<b>Vyvodtsev N. V.</b> Determination of complex ripeness in oak stands .....	51
<b>Avdeeva E. V., Ivanov D. V.</b> Decorativeness of shrubs at landscaping sites of Krasnoyarsk city .....	59
<b>Kuksin G. V., Sekerin I. M., Yeritsov A. M., Zalesov S. V.</b> Analysis of actual forest fire risk in the federal districts of the russian federation and ways to minimize it .....	67

## TECHNOLOGY OF HARVESTING AND MECHANICAL PROCESSING OF WOOD

<b>Ogurtsov V. V., Orlov A. A., Duk D. V.</b> Stack accumulation processes before drying tunnels in large-flow production of sawn timber .....	76
--	----

## CHEMICAL PROCESSING TECHNOGY

<b>Zakharov P. S., Artyomov A. V., Shkuro A. E., Yuryev Yu. L.</b> Investigation of the resistance of cellulose acetate composites against mould fungi .....	81
<b>Author’s link</b> .....	88

## К ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ *IPS SEXDENTATUS* BÖRNER НА СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЕВ *PINUS SIBIRICA* DU TOUR В ЛЕСАХ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ

А. И. Татаринцев, П. И. Аминев

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31  
E-mail: lespat@mail.ru

**Аннотация.** Цель работы – оценить влияние шестизубчатого короеда (*Ips sexdentatus* Börner) на состояние древостоев *Pinus sibirica* Du Tour в темнохвойных лесах на юге Средней Сибири. Объект исследований – действующий очаг короеда в темнохвойных насаждениях с преобладанием *P. sibirica* на территории Манского лесничества Красноярского края (Алтае-Саянский горно-таежный лесной район).

Выполнено лесопатологическое обследование насаждений на трех пробных площадях с последующей интегральной оценкой санитарного состояния древостоев, выявлена поврежденность кедровых древостоев шестизубчатым короедом по визуальным признакам с использованием стандартных показателей, использован статистический анализ эмпирических рядов распределения деревьев по диаметру.

Жизненное состояние древостоев всех элементов леса, включая кедр, сильно ослабленное, степень их нарушенности по величине текущего усыхания – средняя-сильная. Поврежденность древостоев кедра в очаге короеда – от слабой до сильной с преобладанием отработанных деревьев, доля стволового запаса заселенных деревьев менее 10 %. Шестизубчатый короед осваивает деревья любого размера пропорционально их представленности в строении кедрового элемента леса. В поврежденной короедом части кедровых древостоев преобладают утратившие жизнеспособность деревья, по значению интегрального показателя среднее состояние поврежденных деревьев – усохишие-погибишие. Доля заселенных живых деревьев 2–3 категорий составила 13–19 %, что указывает на повышение агрессивности ксилофага. Это обусловлено высокой его численностью на фоне предварительного нарушения устойчивости насаждений вследствие антропогенной деятельности, негативных изменений лесорастительных условий.

**Ключевые слова:** сосна кедровая сибирская, шестизубчатый короед, состояние насаждений, древесный опад, поврежденность древостоя, агрессивность короеда.

*Conifers of the boreal area.* 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 7–14

## TO STUDY THE EFFECT OF *IPS SEXDENTATUS* BÖRNER ON THE STATE OF *PINUS SIBIRICA* DU TOUR STANDS IN THE FORESTS OF SOUTHERN CENTRAL SIBERIA

A. I. Tatarintsev, P. I. Aminev

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
E-mail: lespat@mail.ru

**Annotation.** The aim of the work was to evaluate the influence of the six-toothed bark beetle (*Ips sexdentatus* Börner) on the state of *Pinus sibirica* Du Tour stands in dark coniferous forests in the south of Central Siberia. The object of research is an active bark beetle outbreak in dark coniferous plantations with a predominance of *P. sibirica* in the territory of the Mansky forestry district of the Krasnoyarsk Krai (Altai-Sayan mountain taiga forest region).

A forest pathology examination of plantings on three test areas was performed, followed by an integrated assessment of the sanitary condition of stands. The damage to cedar stands by a six-toothed bark beetle was revealed by visual signs using standard indicators, and statistical analysis of empirical tree diameter distribution series was used.

*The vital condition of stands of all forest elements, including cedar, is severely weakened, and the degree of their disturbance in terms of current shrinkage is medium to severe. The damage to cedar stands in the bark beetle outbreak ranges from weak to strong, with a predominance of used trees, and the share of the trunk stock of inhabited trees is less than 10%. The six-toothed bark beetle invades trees of any size in proportion to their representation in the structure of the cedar element of the forest. In the part of cedar stands damaged by bark beetle, trees that have lost their viability predominate. According to the integral indicator, the average condition of damaged trees is shrunken or dead. The proportion of living trees in 2–3 categories was 13–19 %, which indicates an increase in the aggressiveness of the xylophagus. This is due to its high number against the background of a preliminary violation of the stability of plantations due to anthropogenic activity, negative changes in forest conditions.*

**Keywords:** *Pinus sibirica* Du Tour, six-toothed bark beetle, condition of plantings, tree loss, damaged stands, aggressiveness of bark beetle.

## ВВЕДЕНИЕ

Насекомые-ксилофаги (стволовые вредители) – значимый эндогенный фактор развития и продуцирования древостоев в лесных экосистемах и зеленых насаждениях. Стволовые вредители дополнительно увеличивают степень ослабления насаждений (древостоев) в период временной или постоянной потери ими устойчивости [1]. Массовые нашествия ксилофагов, в частности короедов, могут приводить к гибели многих деревьев на обширных территориях, эта опасность возрастает в последние годы в регионах России и других странах [2–4]. Начало формирования очагов размножения стволовых вредителей обусловлено воздействием на насаждения ряда негативных абиотических и биотических факторов [1; 3–6].

К числу агрессивных видов короедов в пределах лесопокрываемых территорий своего естественного обитания относится шестизубчатый короед, иначе стенограф (*Ips sexdentatus* Börner) [6]. Короед-стенограф способен заселять деревья многих видов семейства Pinaceae, чаще р. *Pinus*, встречается по всей Евразии, включая страны Южной Азии [7–11]. Министерство сельского хозяйства США в 2023 году внесло этот вид в список приоритетных вредных организмов с высоким потенциалом инвазии [12]. Негативное воздействие шестизубчатого короеда на деревья дополнительно обусловлено заносом взрослыми жуками в ткани стволов фитопатогенных микромицетов [10; 13–15].

В темнохвойных лесах сибирских регионов основная кормовая древесная порода для шестизубчатого короеда – сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour). Значительные очаги стенографа с нарушением устойчивости древостоев зафиксированы в кедровниках Томской, Кемеровской, Иркутской областей, в горно-таежных лесах Хакасии [1; 5; 16–18]. Цель данной работы – оценить роль шестизубчатого короеда в ухудшении состояния и нарушении устойчивости древостоев *Pinus sibirica* Du Tour в темнохвойных лесах на юге Средней Сибири (Красноярского края). В соответствии с целью решались следующие задачи: на основе материалов лесопатологического обследования выполнить интегральную оценку санитарного состояния древостоев в действующем очаге шестизубчатого короеда; установить особенности накопления древесного отпада и оценить роль в этом процессе короеда-стенографа.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на территории Манского лесничества (южная часть Красноярского края), Крольского участкового лесничества, которое относится к Южно-Сибирской горной лесорастительной зоне, Алтае-Саянскому горно-таежному лесному району [19]. Объектом исследований явился действующий очаг шестизубчатого короеда (стенографа) в темнохвойных насаждениях с преобладанием сосны кедровой сибирской (далее – кедр) общей площадью около 200 га.

Материалами послужили данные лесопатологического обследования нарушенных насаждений (древостоев) на трех пробных площадях, заложенных в границах указанного очага короеда-стенографа. Основные лесоводственно-таксационные показатели, характеризующие обследованные насаждения, приведены в табл. 1. Пробные площади (ПП) представляли собой маршрутные ходы, вдоль которых осуществлялся сплошной пересчет деревьев в пределах ленты шириной 10 м.

В соответствии с принятой методикой [20; 21] для каждой лесобразующей породы дерева подразделялись по четырехсантиметровым ступеням толщины путем измерения диаметра стволов на высоте 1,3 м, а также категориям санитарного состояния. Категория санитарного состояния – это комплексная оценка жизненного состояния деревьев по визуальным признакам (густота и цвет кроны, наличие усохших ветвей в кроне, состояние коры и др.), в баллах: 1 – здоровые (без признаков ослабления); 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – утратившие жизнеспособность, в том числе свежий и старый сухостой (ветровал, бурелом) [22]. Для деревьев кедра фиксировали уровень их освоения короедом-стенографом по следующим градациям: незаселенные, заселенные, оработанные. Основанием для этого служило присутствие/отсутствие характерных признаков: свежая буровая мука на коре и у основания ствола; входные или многочисленные вылетные отверстия родительских или молодых особей соответственно; наличие молодых насекомых, ходов под корой. Всего на пробных площадях (в трех выделах) было пересчитано и осмотрено около 2380 деревьев, в том числе около 400 деревьев кедра.

**Таблица 1**  
**Характеристика насаждений на пробных площадях**

Лесоводственные показатели	Пробные площади		
	1 (73/1*)	2 (73/2)	3 (73/3)
Состав древостоя, тип леса	4К5П1Е, вейниково-крупнотравный	6К2П2Е, вейниково-крупнотравный	5К5П, вейниково-крупнотравный
Средний возраст для кедра, лет	320	320	320
Класс бонитета	3	3	4
Относительная полнота	0,7	0,6	0,6
Стволовой запас, м <sup>3</sup> /га	360	340	320

*Примечание.* \*Квартал/ выдел в пределах Крольского участкового лесничества КГУ «Манское лесничество».

Санитарное состояние насаждений на пробных площадях оценивали согласно данным лесопатологического перечета с использованием следующих показателей: распределение деревьев по категориям санитарного состояния (виталитетные спектры); средневзвешенные значения категории состояния древостоев; параметры древесного отпада. Среднюю категорию состояния древостоев по каждой породе (элементу леса) рассчитывали по формуле

$$K_{cp} = (P_1 \times K_1 + P_2 \times K_2 + P_3 \times K_3 + P_4 \times K_4 + P_5 \times K_5) / 100, \quad (1)$$

где  $P_i$  – доля деревьев каждой категории состояния, в % от стволового запаса;  $K_i$  – цифровое значение категории состояния деревьев (1 – без признаков ослабления, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5 – погибшие).

При  $K_{cp} \leq 1,5$  древостой в среднем не имеет видимых признаков ослабления;

при  $1,5 < K_{cp} \leq 2,5$  – древостой ослаблен;

при  $2,5 < K_{cp} \leq 3,5$  – сильно ослаблен;

при  $3,5 < K_{cp} \leq 4,5$  – усыхает;

при  $K_{cp} > 4,5$  – утратил жизнеспособность [22].

Жизненное состояние насаждения (древостой смешанного состава) на каждой пробной площади устанавливали в соответствии с вышеприведенной градацией по значению средневзвешенной категории состояния, которую рассчитывали по формуле

$$K_{cp, \text{нас}} = \sum (D_i \times K_{cp, i}) / 10, \quad (2)$$

где  $D_i$  – доля участия древесной породы в составе древостоя, в долях единицы;  $K_{cp, i}$  – значение средней категории состояния каждого элемента леса [22].

По величине текущего отпада (усыхающие деревья, свежий сухостой, ветровал, бурелом) судили о степени нарушения устойчивости насаждений. Насаждения с наличием текущего усыхания (отпада) разделяют на три степени нарушенности: слабая – с наличием текущего усыхания до 10 %, средняя – с наличием текущего усыхания 11–30 % и сильная – более 30 % [20].

Поврежденность древостоев кедра шестизубчатым короедом определяли, как долю (в %) стволового запаса заселенных и отработанных короедом деревьев от общего стволового запаса элемента леса (кедра). При этом участок леса, в котором запас древесины заселенных стволовыми вредителями деревьев пре-

вышает 10 %, считается очагом. При наличии запаса древесины поврежденных стволовыми вредителями деревьев от 11 до 20 % степень повреждения определяется как слабая, от 21 до 30 % – средняя, более 30 % – сильная [23].

Соотношение эмпирических рядов распределения деревьев по ступеням толщины оценивали по критерию  $\lambda$  (критерий Колмогорова–Смирнова), который рассчитывали по методике, изложенной в пособии Э. Н. Фалалеева, А. С. Смольянова [24].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам лесопатологического обследования (перечета деревьев) выявлены виталитетные спектры древостоев в очаге шестизубчатого короеда (табл. 2), которые являются базовой информацией для оценки их санитарного состояния. В распределении по категориям состояния стволовых запасов представленных элементов леса отмечается тенденция к левосторонней асимметрии с преобладанием деревьев худших категорий состояния (3-5) на всех пробных площадях. Относительный стволовой запас деревьев без признаков ослабления в пределах главного элемента леса (кедровый древостой) в среднем не превышает 10 %.

На основе виталитетных спектров выполнен расчет показателей санитарного состояния древостоев, в том числе по элементам леса (табл. 3). В соответствии с полученными значениями средневзвешенных категорий состояния ( $K_{cp}$ ,  $K_{cp, \text{нас}}$ ) древостой всех лесобразующих видов и в целом насаждений смешанного состава на обследованных участках являются сильно ослабленными. По абсолютной величине  $K_{cp}$  на пробных площадях 1 и 2 худшим состоянием отличается кедр, на ПП 3 – пихтовый древостой. Общий древесный отпад по всем элементам леса превышает 30 % от суммарного стволового запаса (составляет 39–49 %) (табл. 3). В текущий отпад (текущее усыхание) к настоящему времени по всем элементам леса в рассматриваемом лесном массиве вовлечено 18–30 % стволового запаса, что указывает на среднюю, по основным лесобразующим породам – ближе к сильной, степень нарушенности лесных насаждений.

Такое неблагоприятное санитарное состояние древостоев с преобладанием кедра обусловлено многими факторами. К числу основных эндогенных (внутрицелотических) факторов относятся дендрофильные организмы, в том числе деятельность насекомых-ксилофагов.

**Таблица 2**  
**Распределение стволового запаса деревьев по категориям состояния, %**

ПП	Элемент леса	Категории санитарного состояния деревьев				
		1 – без признаков ослабления	2 – ослабленные	3 – сильно ослабленные	4 – усыхающие	5 – погибшие
1	кедр	11,0	21,4	18,3	21,5	27,8
	пихта	12,2	24,9	22,9	21,1	18,9
	ель	15,4	20,8	21,1	18,0	24,7
2	кедр	8,2	19,3	27,0	29,7	15,8
	пихта	16,3	18,6	18,8	24,5	21,8
	ель	11,5	22,7	27,0	28,0	10,8
3	кедр	6,3	24,8	27,7	28,7	12,5
	пихта	2,6	26,0	27,9	29,3	14,2

**Таблица 3**  
**Показатели санитарного состояния древостоев**

ПП (формула состава древостоя)	Элемент леса	Показатели состояния древостоев, насаждений		Относительный запас древесного отпада, %	
		$K_{\text{ср}}$	$K_{\text{ср.нас}}$	общий отпад	текущий отпад
1 (4К5П1Е)	кедр	3,34	3,20	49,3	22,4
	пихта	3,10		40,0	23,2
	ель	3,16		42,7	18,0
2 (6К2П2Е)	кедр	3,26	3,20	45,5	29,7
	пихта	3,17		46,3	26,1
	ель	3,04		38,8	29,3
3 (5К5П)	кедр	3,16	3,22	41,2	30,0
	пихта	3,27		43,5	30,1

Среди ксилофагов на пихте, если доминируют виды р. *Monochamus*, инвазийный вид *Polygraphus proximus* Blandford (полиграф уссурийский), который выступает основной причиной современной деградации пихтарников на юге Сибири; на кедре (главной породе) доминирующий ксилофаг – шестизубчатый короед (*Ips sexdentatus*). Триггером повышения активности короеда-стенографа в изучаемых кедровниках явилось снижение их биологической устойчивости вследствие хронического воздействия на лесные биогеоценозы экзогенных факторов: современные климатические изменения с аридизацией лесорастительных условий, негативное изменение уровня грунтовых вод с нарушением гидрологического режима после строительства автомобильной магистрали Кускун – Минусинск. Дополнительные факторы первичного подъема численности короеда – синильный возраст кедровых древостоев, значительная захламленность порубочными остатками примыкающих придорожных территорий. Сказанное о вторичной роли шестизубчатого короеда в ослаблении и деградации насаждений в районе исследований согласуется с данными других специалистов [1; 3; 5; 6; 10; 16].

Общая поврежденность кедровых древостоев короедом-стенографом в обследованных насаждениях (по данным лесопатологического обследования) составляет 17–35 %, что подтверждает наличие очагов этого ксилофага (рис. 1). Отмечаются локальные очаги с разной степенью повреждения древостоев короедом. Так, поврежденность кедрового древостоя на пробных площадях: ПП 1 – сильная (35 %), ПП 2 – средняя (24 %), ПП 3 – слабая (17 %). Большинство поврежденных стенографом деревьев являются отработанными, заселенные деревья составляют менее 10 %.

На рис. 2 представлены ряды распределения деревьев по ступеням толщины в кедровом элементе леса и его части, поврежденной короедом. Сравнительный анализ приведенных по пробным площадям эмпирических рядов с использованием критерия Колмогорова-Смирнова ( $\lambda$ ) во всех случаях не выявил статистически значимых различий между сравниваемыми выборками. Следовательно, в пределах изучаемых кедровых древостоев короед-стенограф осваивает деревья всех размеров (диаметров) в соответствии с их представленностью в насаждении.

В виталитетных спектрах поврежденной стенографом части кедрового древостоя, максимально преобладают деревья пятой категории состояния (погибшие деревья): 67–77% (табл. 4). Это согласуется с выше приведенной информацией о преобладании отработанных короедом деревьев. На долю живых заселенных деревьев приходится 23–33 %. По среднему индексу состояния ( $K_{\text{ср.}} = 4,4–4,6$ ) поврежденная короедом часть древостоя относится к грациям усыхающий-погибший.

Следует отметить, что на фоне первичного ослабления кедровников выше приведенными экзогенными факторами шестизубчатый короед помимо деревьев критического состояния (4, 5 категории) начал заселять сырорастущие деревья третьей и даже второй категории состояния. Так, на долю деревьев этих категорий состояния среди поврежденных короедом приходится 13–19 %. Это указывает на возникновение резервации с повышенной численностью и возрастание агрессивности данного ксилофага в горно-таежных лесах района исследований, что ранее выявлено в кедровниках горных лесов Хакасии [17; 18].

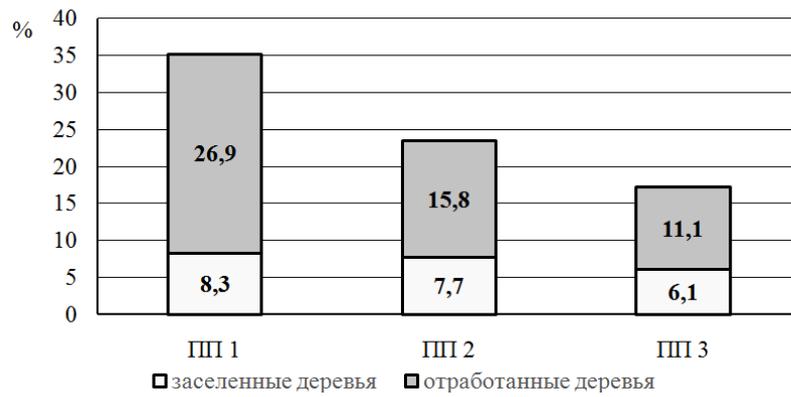


Рис. 1. Поврежденность древостоев кедр шестизубчатым короедом (доля от суммарного стволового запаса по породе)

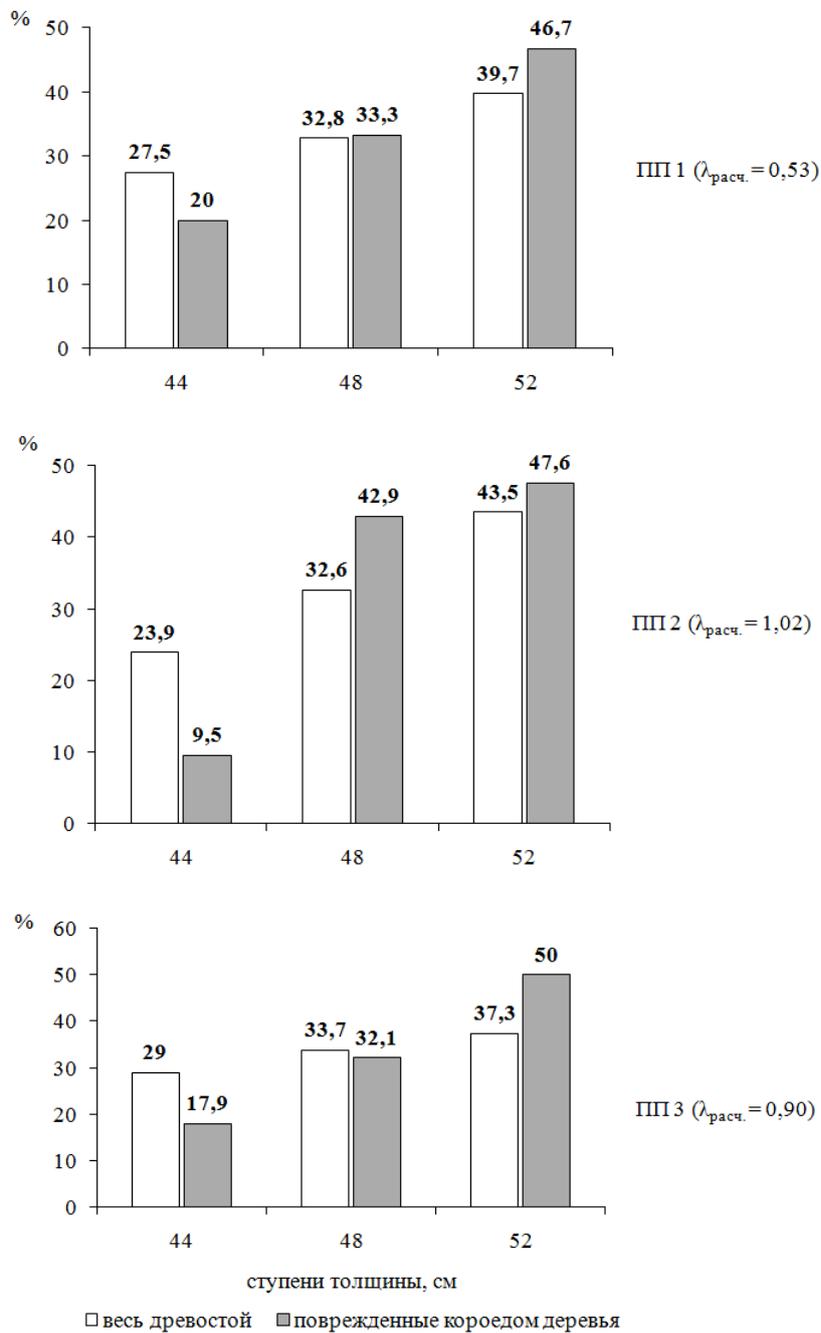


Рис. 2. Сравнительный анализ распределения деревьев кедр по ступеням толщины (при λ<sub>ст</sub> = 1,36)

**Таблица 4**  
**Виталитетные спектры и состояние поврежденной шестизубчатым короедом части кедровых древостоев**

ПП	Распределение стволового запаса поврежденных деревьев по категориям санитарного состояния, %					K <sub>ср</sub>
	1	2	3	4	5	
1	0	5,0	9,2	9,2	76,6	4,57
2	0	9,7	9,7	13,4	67,2	4,38
3	0	3,7	9,5	13,2	73,6	4,57

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В темнохвойных лесах района исследований доминирующий ксилофаг на сосне сибирской кедровой – *Ips sexdentatus* (шестизубчатый короед). Численность короеда повышается в кедровниках при снижении их биологической устойчивости вследствие негативных изменений лесорастительных условий. В результате анализа материалов обследования действующего очага короеда-стенографа установлено следующее:

1. Жизненное состояние насаждений с преобладанием кедра, в том числе древостоев представленных элементов леса, согласно значениям среднего индекса состояния – сильно ослабленное. Общий отпад деревьев превышает 40 %, по величине текущего усыхания степень нарушения устойчивости насаждений – средняя-сильная.

2. Поврежденность кедровых древостоев шести-зубчатым короедом – от слабой до сильной. Преобладают отработанные короедом деревья, их доля в 2–3 раза превышает относительный запас заселенных деревьев.

3. В насаждениях с нарушенной биологической устойчивостью короед заселяет и обрабатывает деревья кедра из всех ступеней толщины пропорционально их представленности в строении элемента леса.

4. Среди освоенных короедом-стенографом деревьев в анализируемом очаге преобладают утратившие жизнеспособность деревья (они же отработанные короедом), поврежденная рассматриваемым ксилофагом часть древостоя является усыхающей-погибшей.

5. С повышением численности популяции шести-зубчатого короеда возрастает его агрессивность, о чем свидетельствует успешное освоение им относительно жизнеспособных деревьев: доля заселенных деревьев 2–3 категорий составила 13–19 % в поврежденной части древостоя.

Таким образом, шестизубчатый короед в Алтае-Саянском горно-таежном лесном районе среди аборигенных видов-ксилофагов отличается повышенной вредоносностью по отношению к кедру, должен являться объектом мониторинга, при необходимости – проведения мероприятий по снижению численности.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ**

1. Бисирова Э. М. Очаги шестизубчатого короеда (*Ips sexdentatus* Börner) в припоселковых кедровниках Томской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2009. № 187. С. 55–61.

2. Özcan G. E., Sivrikaya F., Sakici O. E., Enez K. Determination of some factors leading to the infestation of *Ips sexdentatus* in Crimean pine stands // Forest Ecology and Management. 2022. Vol. 519. P. 120316. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120316.

3. Свердлов В. О., Карпенко Ю. О., Потоцька С. О. Влияние *Ips acuminatus* Gyll., *Ips sexdentatus* Börn. на лесные экосистемы регионального ландшафтного парка «Яловщина» (г. Чернигов) // Ukrainian Journal of Natural Sciences. 2023. № 6. С. 149–157. DOI: 10.32782/naturaljournal.6.2023.15.

4. Селиховкин А. В., Поповичев Б. Г., Мандельштам М. Ю., Алексеев А. С. Роль стволовых вредителей в изменении состояния хвойных лесов на северо-западе европейской части России // Лесоведение. 2023. № 3. С. 304–321. DOI: 10.31857/S0024114823 030099.

5. Исаева И. Л. О причинах первичного ослабления древостоев сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в районе локализации вспышки размножения вторичного стволового вредителя – короеда шести-зубчатого (*Ips sexdentatus* Börner) // Научные исследования в заповедниках и национальных парках Южной Сибири. Новосибирск. 2022. С. 9–11.

6. Sivrikaya F., Özcan G. E., Enez K., Sakici O. E. Comparative study of the analytical hierarchy process, frequency ratio, and logistic regression models for predicting the susceptibility to *Ips sexdentatus* in Crimean Pine forests // Ecological Informatics. 2022. Vol. 71. P. 101811. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2022.101811.

7. Fernández M. M. Colonization of fire-damaged trees by *Ips sexdentatus* (Börner) as related to the percentage of burnt crown // Entomologica Fennica. 2006. Vol. 17. No. 4. P. 381–386.

8. López S., Goldarazena A. Flight dynamics and abundance of *Ips sexdentatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in different sawmills from northern Spain: differences between local *Pinus radiata* (Pinales: Pinaceae) and southern France incoming *P. pinaster* // Psyche (New York). 2012. P. 145930. DOI: 10.1155/2012/145930.

9. Мазуров С. Г., Мазуров К. С. Жуки (Coleoptera) – стволовые вредители сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в зоне рекультивации Рождественского карьера // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Сидовича. 2014. № 12. С. 323–329.

10. Davydenko K., Vasaitis R., Elfstrand M., Menkis A., Meshkova V., Baturkin D. Fungal communities vectored by *Ips sexdentatus* in declining *Pinus sylvestris* in Ukraine: focus on occurrence and pathogenicity of Ophiostomatoid species // Insects. 2021. Vol. 12. No. 12. DOI: 10.3390/insects12121119.

11. Кулинич О. А., Чалкин А. А., Ряскин Д. И., Арбузова Е. Н., Козырева Н. И., Петров А. В. Распространение и карантинный статус короедов рода *Ips* для России и других стран мира // Защита и карантин растений. 2022. № 4. С. 27–31. DOI: 10.47528/1026-8634\_2022\_4\_27.

12. Dong Y., Hulcr J. *Ips sexdentatus* (Börner, 1767) // EDIS. 2024. Vol. 2024. No 1. DOI: 10.32473/edis-in1421-2024.
13. Jankowiak R. Ophiostomatoid fungi associated with *Ips sexdentatus* on *Pinus sylvestris* in Poland // Dendrobiology. 2012. Vol. 68. P. 43–54.
14. Середич М. О. Микофлора, асоційована з шестизубчатим короєм *Ips sexdentatus* (Börner) в умовах Білорусі // Доклади ТСХА. Сборник статей. 2021. С. 60–62.
15. Ramanenka M. O., Pantelev S. V., Sazonov A. A., Ivashchanka L. O. Microbiota of *Ips sexdentatus* (Börner, 1767) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Belarus // Entomological Review. 2023. Vol. 103. No. 5. P. 545–556. DOI: 10.31857/S036714452303005X.
16. Кобзарь В. Ф. Размножение короёда стенографа (*Ips sexdentatus* Börner.) в кедровых лесах, ослабленных низовыми пожарами // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. № 192. С. 134–142.
17. Исаева И. Л. Мониторинг вспышки размножения короёда шестизубчатого – *Ips sexdentatus* Börner. на сосне сибирской (участок «Малый Абакан» заповедника «Хакасский») // Успехи современного естествознания. 2018. № 12. С. 50–56.
18. Исаева И. Л. Современное состояние древостоев кедра в условиях вспышки массового размножения короёда шестизубчатого *Ips sexdentatus* Börner. в условиях высокогорной кедровой тайги (участок «Малый Абакан» заповедника «Хакасский») // Мониторинг состояния природных комплексов и многолетние исследования на особо охраняемых природных территориях. 2021. № 5. С. 103–108.
19. Приложение к приказу министерства лесного хозяйства Красноярского края от 13.09.2018 № 1343-од «Лесохозяйственный регламент Манского лесничества».
20. Мозолевская Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С. Методы лесопатологических обследований очагов стволовых вредителей и болезней леса. М. : Лесная промышленность, 1984. 152 с.
21. Приказ Министерства Природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 9 ноября 2020 года № 910 «Об утверждении Порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования».
22. Постановление правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 года № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах».
23. Приказ Министерства Природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 5 апреля 2017 года № 156 «Об утверждении Порядка осуществления государственного лесопатологического мониторинга».
24. Фалалеев Э. Н., Смольянов А. С. Математическая статистика. Красноярск: Издательство КГУ, 1981. 128 с.
2. Özcan G. E., Sivrikaya F., Sakici O. E., Enez K. Determination of some factors leading to the infestation of *Ips sexdentatus* in Crimean pine stands // Forest Ecology and Management. 2022. Vol. 519. P. 120316. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120316.
3. Sverdlov V. O., Karpenko Yu. O., Potots'ka S. O. Vliyanie *Ips acuminatus* Gyll., *Ips sexdentatus* Börn. na lesnyye ekosistemy regional'nogo landshaftnogo parka "Yalovshchina" (g. Chernigov) // Ukrainian Journal of Natural Sciences. 2023. № 6. S. 149–157. DOI: 10.32782/naturaljournal.6.2023.15.
4. Selikhovkin A. V., Popovichev B. G., Mandel'shtam M. Yu., Alekseyev A. S. Rol' stvolovykh vreditel' v izmenenii sostoyaniya khvoynykh lesov na severo-zapade yevropeyskoy chasti Rossii // Lesovedeniye. 2023. № 3. S. 304–321. DOI: 10.31857/S0024114823030099.
5. Isayeva I. L. O prichinakh pervichnogo oslableniya drevostoyev sosny sibirskoy (*Pinus sibirica* Du Tour) v rayone lokalizatsii vspyshki razmnozheniya vtorichnogo stvolovogo vreditelya – koroyeda shestizubchatogo (*Ips sexdentatus* Börner) // Nauchnyye issledovaniya v zapovednikakh i natsional'nykh parkakh Yuzhnoy Sibiri. Novosibirsk. 2022. S. 9–11.
6. Sivrikaya F., Özcan G. E., Enez K., Sakici O. E. Comparative study of the analytical hierarchy process, frequency ratio, and logistic regression models for predicting the susceptibility to *Ips sexdentatus* in Crimean Pine forests // Ecological Informatics. 2022. Vol. 71. P. 101811. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2022.101811.
7. Fernández M. M. Colonization of fire-damaged trees by *Ips sexdentatus* (Börner) as related to the percentage of burnt crown // Entomologica Fennica. 2006. Vol. 17. No. 4. P. 381–386.
8. López S., Goldarazena A. Flight dynamics and abundance of *Ips sexdentatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in different sawmills from northern Spain: differences between local *Pinus radiata* (Pinales: Pinaceae) and southern France incoming *P. pinaster* // Psyche (New York). 2012. P. 145930. DOI: 10.1155/2012/145930.
9. Mazurov S. G., Mazurov K. S. Zhuki (Coleoptera) – stvolovyye vrediteli sosny obyknovnoy (*Pinus sylvestris* L.) v zone rekul'tivatsii Rozhdestvenskogo kar'yera // Trudy Mordovskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika im. P. G. Smidovicha. 2014. № 12. S. 323–329.
10. Davydenko K., Vasaitis R., Elfstrand M., Menkis A., Meshkova V., Baturkin D. Fungal communities vectored by *Ips sexdentatus* in declining *Pinus sylvestris* in Ukraine: focus on occurrence and pathogenicity of Ophiostomatoid species // Insects. 2021. Vol. 12. No. 12. DOI: 10.3390/insects12121119.
11. Kulinich O. A., Chalkin A. A., Ryaskin D. I., Arbuzova Ye. N., Kozyreva N. I., Petrov A. V. Rasprostraneniye i karantinnyy status koroyedov roda *Ips* dlya Rossii i drugikh stran mira // Zashchita i karantin rasteniy. 2022. № 4. S. 27–31. DOI: 10.47528/1026-8634\_2022\_4\_27.
12. Dong Y., Hulcr J. *Ips sexdentatus* (Börner, 1767) // EDIS. 2024. Vol. 2024. No 1. DOI: 10.32473/edis-in1421-2024.

## REFERENCES

1. Bisirova E. M. Ochagi shestizubchatogo koroyeda (*Ips sexdentatus* Börner) v priposelkovykh kedrovnikakh Tomskoy oblasti // Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii. 2009. № 187. S. 55–61.

13. Jankowiak R. Ophiostomatoid fungi associated with *Ips sexdentatus* on *Pinus sylvestris* in Poland // Dendrobiology. 2012. Vol. 68. P. 43–54.

14. Seredich M. O. Mikoflora, assotsirovannaya s shestizubchatym koroyedom *Ips sexdentatus* (Börner) v usloviyakh Belarusi // Doklady TSKHA. Sbornik statey. 2021. S. 60–62.

15. Ramanenka M. O., Pantelev S. V., Sazonov A. A., Ivashchanka L. O. Micobiota of *Ips sexdentatus* (Börner, 1767) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Belarus // Entomological Review. 2023. Vol. 103. No 5. P. 545–556. DOI: 10.31857/S036714452303005X.

16. Kobzar' V. F. Razmnozheniye koroyeda steno-grafa (*Ips sexdentatus* Börner.) v kedrovyykh lesakh, oslablennykh nizovymi pozharami // Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii. 2010. № 192. S. 134–142.

17. Isayeva I. L. Monitoring vspyshki razmnozheniya koroyeda shestizubchatogo – *Ips sexdentatus* Börner. na sosne sibirskoy (uchastok “Malyy Abakan” zapovednika “Khakasskiy”) // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2018. № 12. S. 50–56.

18. Isayeva I. L. Sovremennoye sostoyaniye drevostoyev kedra v usloviyakh vspyshki massovogo razmnozheniya koroyeda shestizubchatogo *Ips sexdentatus* Börner. v usloviyakh vysokogornoy kedrovoy taygi (uchastok “Malyy Abakan” zapovednika “Khakasskiy”) // Monitoring sostoyaniya prirodnykh kompleksov i

mnogoletniye issledovaniya na osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriyakh. 2021. № 5. S. 103–108.

19. Prilozheniye k prikazu ministerstva lesnogo khozyaystva Krasnoyarskogo kraya ot 13.09.2018 № 1343-od “Lesokhozyaystvennyy reglament Manskogo lesnichestva”.

20. Mozolevskaya Ye. G., Katayev O. A., Sokolova E. S. Metody lesopatologicheskikh obsledovaniy ochagov stvolovykh vrediteley i bolezney lesa. M. : Lesnaya promyshlennost', 1984. 152 s.

21. Prikaz Ministerstva Prirodnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 9 noyabrya 2020 goda № 910 “Ob utverzhdenii Poryadka provedeniya lesopatologicheskikh obsledovaniy i formy akta lesopatologicheskogo obsledovaniya”.

22. Postanovleniye pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 9 dekabrya 2020 goda № 2047 “Ob utverzhdenii Pravil sanitarnoy bezopasnosti v lesakh”.

23. Prikaz Ministerstva Prirodnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 5 aprelya 2017 goda № 156 “Ob utverzhdenii Poryadka osushchestvleniya gosudarstvennogo lesopatologicheskogo monitoringa”.

24. Falaleyev E. N., Smol'yanov A. S. Matematicheskaya statistika. Krasnoyarsk : Izdatel'stvo KGU, 1981. 128 s.

© Татаринцев А. И., Аминев П. И., 2025

---

Поступила в редакцию 18.04.2025  
Принята к печати 20.05.2025

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОСТЕПНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

В. А. Безруких<sup>1</sup>, Е. В. Авдеева<sup>2</sup>, Н. В. Цыганкова<sup>3</sup>, Н. А. Лигаева<sup>4</sup>, О. А. Кузнецова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева  
Российская Федерация, 660049, Красноярск, ул. А. Лебедевой, 89

<sup>2</sup>Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31  
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

<sup>3</sup>КГБПОУ «Красноярский политехнический техникум»  
Российская Федерация, 660079, Красноярск, ул. Александра Матросова, д. 20

<sup>4</sup>Сибирский федеральный университет  
Российская Федерация, 660099, Красноярск, просп. Свободный, 79

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные особенности формирования агроландшафтов лесостепей южной части Приенисейской Сибири. Представлены природная и экологическая характеристики: Минусинской, Назаровской, Чебаково-Балахтинской, Сыдо-Ирбинской впадин. Представлена оценка климатических условий по таким характеристикам как годовое количество осадков, суммы средних суточных температур воздуха выше 10 °С, продолжительность безморозного периода, коэффициент континентальности, гидро-термический коэффициент, средняя температура января, среднемесячная июля, среднегодовая; подстилающих горных пород; почв, рельефа; растительности, возможность использования данных природных ресурсов для сельскохозяйственного производства ранних и среднеспелых сельскохозяйственных культур. По каждому району представлена лесистость с учетом лесополос, распаханность от общей площади агроландшафта, луга и степи от общей территории.

**Ключевые слова:** агроландшафт, районирование, лесостепи Приенисейской Сибири, Минусинская котловина, Назаровская впадина, Чебаково-Балахтинская впадина, Сыдо-Ирбинская впадина, Сыда, Туба.

*Conifers of the boreal area.* 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 15–20

## ECOLOGICAL FEATURES OF FOREST-STEPPE AGROLANDSCAPES OF THE SOUTHERN PART OF THE BOREAL ZONE OF YENISEI SIBERIA

V. A. Bezrukikh<sup>1</sup>, E. V. Avdeeva<sup>2</sup>, N. V. Tsygankova<sup>3</sup>, N. A. Ligaeva<sup>4</sup>, O. A. Kuznetsova<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafyev  
89, A. Lebedeva str., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation

<sup>2</sup>Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

<sup>3</sup>KSBPEI “Krasnoyarsk Polytechnic College”  
20, Alexandra Matrosova St., Krasnoyarsk, 660079, Russian Federation

<sup>4</sup>Siberian Federal University  
79, Svobodny Av., Krasnoyarsk, 660099, Russian Federation

**Annotation.** The article considers the main features for the formation of agrolandscapes of forest-steppes in the southern part of Yenisei Siberia. The natural and ecological characteristics of the Minusinsk, Nazarovo, Chebakovo-Balakhtinskaya, Sydo-Irbinskaya hollows are presented. An assessment of climatic conditions is presented based on such characteristics as annual precipitation, the sum of average daily air temperatures above 10 °C, the duration of the frost-free period, the continentality coefficient, the hydrothermal coefficient, the average January temperature, the average monthly July temperature, the average annual; underlying rocks; soils, relief; vegetation, the possibility of using these natural resources for agricultural production of early and mid-season crops. For each region, forest cover is presented taking into account forest belts, ploughed area from the total area of the agrolandscape, meadows and steppes from the total territory.

**Keywords:** agrolandscape, zoning, forest-steppes of Yenisei Siberia, Minusinsk basin, Nazarovskaya hollow, Chebakovo-Balakhtinskaya hollow, Sydo-Irbinskaya hollow, Syda, Tuba.

Агроландшафтное районирование необходимо для построения всей структуры сельскохозяйственного природопользования. Десятилетиями оно основывалось на принципах зонального районирования. В настоящее время разработана концепция оптимального воздействия на агроландшафт. Для этой цели были проведены агроландшафтное районирование края и агротехническая оценка геокомплексов различного ранга, требующих ограничения сельскохозяйственного производства или полного прекращения эксплуатации [1].

При ландшафтном районировании Красноярского края выделяются следующие территориальные единицы: физико-географические страны, ландшафтные области и агроландшафты (ландшафты). Агроландшафтное районирование проводится на основе физико-географического районирования. Агроландшафт отличается от природного ландшафта лишь тем, что он испытал на себе воздействие сельскохозяйственного производства и его компоненты нарушены, в той или иной степени.

В соответствии с ландшафтной концепцией поверхность Земли образуют взаимосвязанные соподчиненные природные территориальные комплексы (ПТК) различной величины и сложности: физико-географические страны, зоны, подзоны, ландшафты, местности, урочища, подурочища, фации. Местности, урочища, подурочища и фации являются морфологическими частями агроландшафта, образуя специфическую его структуру. Единицы более крупного ранга, чем агроландшафт, называются таксономическими физико-географическими единицами. Это деление связано с индивидуальностью таксономических единиц, их внутренним устройством, методикой выявления [2].

За последние годы учениками Н. А. Солнцева сделаны уточнения и дополнения в иерархии морфологических единиц. Кроме того, внесено много нового, экспериментального крупными учеными-ландшафтоведами Д. Л. Арманом, Ф. Н. Мильковым, А. Г. Исаченко, В. Б. Сочавой, С. В. Викторовым, Б. В. Виноградовым, Е. А. Востоковой и др. В основе метода исследования сельскохозяйственных территорий для целей агроландшафтного районирования лежит более глубокое изучение истории развития территории, что позволяет проследить зарождение геокомплексов различного ранга и последующее их обособление [3; 4].

Районирование территории осуществляется путем выявления объективно существующих природных территориальных единств. Основными принципами районирования, которыми часто пользуются географы, являются: зональный, генетической однородности, геологической и тектонической однородности (однородности литогенной основы), территориальной общности, структурной целостности, дискретности и индивидуальности и др. При выявлении геокомплексов, их дешифрировании и картографировании следует руководствоваться этими подходами [5; 6].

Агроприродный потенциал Приенисейской Сибири (включающий большую часть Средне-Сибирского плоскогорья, восточную часть Западно-Сибирской низменности и предгорья Алтая-Саянской горной

страны, представляющей существенную часть земельного и почвенного фонда России. Основную территорию Приенисейской Сибири занимает Красноярский край, относящийся к крупным производителям аграрной продукции в стране (его удельный вес в аграрном секторе Восточной Сибири составляет около половины: он производит около 50 % зерна, 40 % мяса и яиц и т. д.) [7; 8]. В данной статье рассмотрим агроландшафты Алтае-Саянской горной страны в пределах Минусинской межгорной котловины.

*Алтае-Саянская горная система* выделяется как физико-географическая страна. Между Западным и Восточным Саянами находится Минусинский межгорный прогиб с системой лесостепных и степных котловин и горными перемычками между ними. Абсолютные высоты в котловинах сильно варьируют от 300 до 800 м. В настоящее время на наиболее выровненных поверхностях прогиба степи распаханы. Частично бессистемными вырубками и действиями сельскохозяйственного производства сведена лесная растительность [9; 10]. Климат резко континентальный, засушливый, с холодной малоснежной зимой и теплым летом. Средняя температура января  $-19...-21^{\circ}\text{C}$ , июля  $21^{\circ}\text{C}$ . Количество осадков уменьшается от периферии котловин к центру – от 500–600 до 250–350 мм в год.

*Минусинский межгорный прогиб* отрогами делится на котловины: Назаровскую, Чебаково-Балахтинскую, Сыдино-Ербинскую и Южно-Минусинскую. Самая северная степь и лесостепь Алтае-Саянских гор расположены в Назаровской котловине. В степях Южно-Минусинской котловины преобладают ковыльно-типчаковые и разнотравно-луговые степи. В злаковых группировках господствуют ковыль, типчак, тонконог и змеевка. Агроландшафты степей и лесостепей в межгорном прогибе, как и в целом по Сибири, различаются по структуре, строению и климатическим параметрам.

Горные сооружения, между которыми расположен Минусинский прогиб, придают ветрам более определенное направление. Особенно это характерно для Южно-Минусинской котловины, куда прежде всего попадают воздушные массы, вырывающиеся из узкого коридора между Кузнецким Алатау и Западным Саяном. Господствующими ветрами в Южно-Минусинской котловине почти во все времена года являются юго-западные. В конце зимы и весной небольшую часть времени (до 20 %) дуют западные ветры. В летнее время наблюдаются частично северные и северо-восточные. Наиболее сильные ветры приходятся на весенний и осенний периоды [11].

Сложность геологического строения и большое разнообразие геоморфологических комплексов обуславливают значительную пестроту условий экзогенного рельефообразования в разных агроландшафтах Минусинского межгорного прогиба. В его пределах чередуются как низкогорные, так и равнинные агроландшафты. С экологической точки зрения нельзя не отметить, что на распаханых территориях Минусинского прогиба часто возникают «черные бури», которые наносят существенный ущерб сельскому хозяйству [3]. Во второй половине зеленой весны идет посев

овса. В центре степных котловин он начинается 14–18 мая. Всходы пшеницы появляются 19–24 мая. Сев кукурузы производят через 2–3 дня после сева овса. Полное лето наступает 7 июля. Картофель зацветает 24 июля. Восковая спелость ржи отмечается 2 августа, а пшеницы – 11–12 августа. Золотая осень наступает 4 сентября в сухой степи и 2 сентября в настоящей степи.

Агроландшафты Минусинского межгорного прогиба по своему строению и структуре весьма различаются. Можно отметить две закономерности в размещении агроландшафтов. Во-первых, располагаясь с юга на север в широтном направлении, агроландшафты различаются в зональном плане. Например, в Южно-Минусинской котловине, в ее юго-западной части, преобладают сухие степи, а в Назаровской котловине – лесостепи. В котловинах, как правило, агроландшафты в зональном плане размещаются концентрически: в центре котловины стенные агроландшафты, ближе к периферии – лесостепные, а по окраинам, в предгорьях – подтайга.

**Агроландшафты Назаровской впадины.** В Назаровской впадине нами выявлено два разных по строению и структуре ландшафта – Назаровский котловинно-равнинный и Холмогорский низкогорный.

**Назаровский** – равнины слабовсхолмленные с овражно-балочной сетью, с осиново-березовыми разнотравно-злаковыми колками на серых лесных почвах, с разнотравно-ковыльными степями и сельскохозяйственными угодьями на черноземах выщелоченных и обыкновенных. Расположен в котловине между грядами Арга и Солгонским и большей своей территорией совпадает с Назаровским районом. По природным условиям котловина относится к типичной северной лесостепи. Западная часть котловины несколько опущена по отношению к восточной, где расчлененность территории значительна. Территория сложена широкими плосковершинными увалами с S-образными склонами. Почвообразующие породы агроландшафта представлены покровными и лессовидными суглинками. Лесистость агроландшафта 15 % [13]. Почвенный покров образуют черноземы среднегумусные среднемошные выщелоченные и черноземы обыкновенные в сочетании с серыми лесными почвами. Леса в основном мелколиственные, по изредка встречаются сосновые по песчаным террасам и темнохвойные, но поймам небольших рек. Распаханность агроландшафта 70 %. Пастбища размещаются по лесным колкам и горным степям. Для данного агроландшафта необходимо подбирать высокоустойчивые сорта зерновых культур.

**Холмогорский** – денудационно-эрозионные структурные, холмисто-увалистые и волнистые низкогорья и равнины между ними, сложенные терригенно-карбонатными породами, с разнотравно-злаковыми луговыми степями и остепненными лугами и сельскохозяйственными угодьями на выщелоченных черноземах в сочетании с мелколиственными лесами на серых лесных почвах. Размещается в Шарыповском районе. Здесь часто чередуются куэстовые низкогорья и холмогорья с междукуэстовыми понижениями. Понижения освоены сельским хозяйством. Низкогорья

грядовые, с узкими водоразделами, с конусовидными и куполовидными вершинами, с березово-осиновыми и пихтовыми крупнотравными лесами на серых лесных почвах. Климатические условия характеризуются повышенным количеством атмосферных осадков – до 500 мм в год, суммами активных температур выше 10 °С от 1400 до 1600 °С, средними температурами января –18 °С, июля – от 16 до 18 °С [14]. Межгорные равнины с озерами освоены сельским хозяйством на 70 % площади агроландшафта. По продуктивности почвы агроландшафта относятся к достаточно продуктивным: 46 % от площади агроландшафта занимают хорошие почвы, 44 % – посредственные и 10 % – неудовлетворительные.

**Агроландшафты Чебаково-Балахтинской впадины.** В Чебаково-Балахтинской впадине сформировано три агроландшафта: Ужурский соотношение можно выразить как 1:3. На повышенных элементах рельефа наблюдается сильная и средняя эрозия.

**Кома-Кульчекский** – предгорья, сложенные терригенно-карбонатными и интрузивными породами, с мелколиственно-сосновыми злаково-разнотравными лесами на серых лесных почвах и злаково-разнотравными луговыми степями и полями на черноземах. Занимает правобережье Енисея, бассейны рек Кома и Убей. Размещается в центре Новоселовского района. Агроландшафт котловинно-низкогорный, лесостепной. Сельскохозяйственные угодья занимают 60 % его площади. Распаханность территории слабая – 15 %. Лесистость составляет 60 %. Сенокосы и пастбища занимают 50 % территории агроландшафта. Пониженная придолинная часть агроландшафта имеет холмисто-увалистый рельеф. В восточной части рельеф гористо-увалистый. Почвы – слабовыщелоченные среднемошные среднегумусные черноземы в сочетании с темно-серыми и серыми лесными почвами. Площадь пахотных угодий может быть увеличена на 40 % за счет распашки залежей и раскорчевки лесов. Расширению сельскохозяйственного производства способствуют экологические условия. Среднегодовая температура –1,9 °С, средняя температура января –21 °С, июля 17,7 °С. Сумма температур выше 10 °С составляет 1569 °С. Годовая сумма осадков 390 мм.

**Агроландшафт Сыдо-Ербинской впадины.** Сыдо-Ербинская впадина занимает незначительную площадь, в связи с чем здесь сформирован лишь один котловинный агроландшафт.

**Сыдо-Ербинский** – котловинный агроландшафт с денудационными увалисто-холмистыми равнинами, сложенными эффузивно-осадочными породами, с богато разнотравно-ковыльными степями и сельскохозяйственными угодьями. Занимает правобережье Енисея в южной части Новоселовского района. Агроландшафт большей частью степной. Лесистость с учетом лесополос менее 15 %. Распаханность территории агроландшафта 80 %, степей 5% от общей территории агроландшафта. Преобладает степной тип урочищ. Почвы являются высокоплодородными, неустойчивыми, размещаются на волнистых равнинах и покатых склонах. Эрозия слабая. Мощность гумусового горизонта 30 см. Содержание гумуса больше 4,5 %. Плодородие необходимо поддерживать удобрениями. Экологические

условия агроландшафта характеризуются суммами средних температур выше 10 °С до 1600–1800 °С: на равнинах – 1600–1700 °С, на склонах южной экспозиции – 1700–1800 °С. Продолжительность периода занимает западную часть котловины, Балахтинский – восточную, а Кома-Кульчекский размещается на правом берегу Енисея.

*Ужурский* – равнины куэстово-грядовые с балками и оврагами, сложенные терригенно-карбонатными породами, с разнотравно-ковыльными и мелкодерновинными степями на черноземах оподзоленных и обыкновенных и березовыми разнотравно-вейниковыми лесами на серых лесных почвах. Агроландшафт занимает большую часть Ужурского района – территорию от реки Черновка, притока Чулыма, до оз. Белое. Рельеф агроландшафта в северной части холмисто-сочный, в южной – холмисто-увалистый. Растительность представлена ассоциациями разнотравно-ковыльной степи, часто в сочетании с разнотравно-мелкодерновинными деградированными сообществами. Почвенный покров характеризуется господством черноземов обыкновенных с островками серых лесных почв. Фоновые почвы агроландшафта тяжелого гранулометрического состава. Распаханы преимущественно черноземы, покрывающие равнины и пологие склоны междуречий. Высокопродуктивные почвы занимают 80 % площади агроландшафта, посредственные почвы – 10 % [15].

*Балахтинский* – равнины, сложенные юрскими и терригенными породами, с лесостепными мелколиственно-сосновыми травяными лесами на серых лесных почвах и полями на выщелоченных и оподзоленных черноземах. Занимает западную половину Балахтинского района. Рельеф неоднородный. Встречаются равнины межкуэстовые с абсолютными высотами 350 м и возвышенные равнины с высотами поверхности 400–450 м.

Климат достаточно теплый и умеренно влажный, ГТК 1,2. За год выпадает 300–400 мм осадков. Сумма активных температур выше 10 °С не превышает 1569 °С. Средняя температура января –22,1 °С, июля 17,5 °С, средняя температура за год –1,9 °С. Испарение составляет 267 мм в год. Коэффициент континентальности достигает 88,9. Продолжительность безморозного периода не превышает 90–95 дней. Наибольшая залесенность характерна для низкогорных лесостепных территорий. Почвенный покров характеризуется господством южных бесструктурных малогумусных среднетощих оподзоленных черноземов и выщелоченных черноземов среднетощих и тучных. Лесистость в целом по агроландшафту достигает 60 %. Леса в основном мелколиственные травяные. Хороших почв с высоким неустойчивым плодородием меньше, чем ниже средних по качеству с невысоким неустойчивым плодородием. Их с температурами выше 10 °С 110–115 дней, безморозного периода – 100–105. Сумма осадков за год 400–430 мм, за май–июль – 160–180. Показатель сухости 1,9–1,7. Средняя многолетняя урожайность зерновых культур на госсортоучастках 14–17 ц/га [16].

*Агроландшафты Южно-Минусинской впадины.* В Южно-Минусинской впадине размещаются четыре

агроландшафта: в юго-западной части – Южно-Минусинский с эрозионно-денудационными равнинами, в северо-западной – Краснотуранский с холмисто-увалистыми равнинами и оврагами, в северо-восточной – Курагино-Идринский с эрозионно-денудационными структурными равнинами, в юго-восточной части – Каратузский с холмисто-увалистыми равнинами [17].

*Краснотуранский* – холмисто-увалистые равнины с оврагами, сложенные терригенно-карбонатными породами, с разнотравными степями и разнотравно-злаковыми остепненными лугами и сельскохозяйственными угодьями на черноземах выщелоченных, с мелко лиственными и сосновыми остепненными травяными лесами на серых и подзолистых почвах. Занимает котловину между устьями р. Тубы и Сыды и большей частью размещается в Боградском районе. В целом агроландшафт в большей степени степной. Климатические особенности следующие. Годовое количество осадков 400–430 мм, суммы средних суточных температур воздуха выше 10 °С от 1700 до 1800 °С, продолжительность безморозного периода от 90 до 105 дней, коэффициент континентальности 97,5, гидротермический коэффициент 1,5. Средняя температура января достигает –23,2 °С, среднемесячная июля 18,9 °С, среднегодовая –1,6 °С. Лесистость с учетом лесополос не превышает 10 %, распаханность – 55 % от общей площади агроландшафта. Лугов 0,5 % от общей территории, степей – 30. Урожайность зерновых – от 8,5 до 11,8 ц/га [8; 18].

*Южно-Минусинский* – эрозионно-денудационные структурные межгорные холмисто-увалистые равнины с балками и оврагами, с разнотравно-злаковыми степями и разнотравными лугами на черноземах и мелколиственными и сосновыми травяными лесами на дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Агроландшафт размещается в Минусинском и частично в Шушенском и Ермаковском районах. Сложен девонскими породами, занимает наиболее остепненную часть правобережья Южно-Минусинской котловины, расчленен древними ложбинами стока. Сверху агроландшафт сложен желто-палевыми лессами и средними лессовидными суглинками. Агроклиматические ресурсы характеризуются суммой средних суточных температур воздуха выше 10 °С от 1700 до 1900 °С. Суммы осадков за год варьируют от 400 до 490 мм. Это свидетельствует о том, что агроландшафт достаточно увлажненный (ГТК 1,3–1,8) [14]. Лесистость агроландшафта составляет 39 %, степей – 10 % от общей площади, распаханность территории агроландшафта 51 %. В целом он является лесостепным. Фон образуют черноземы обыкновенные в сочетании с серыми лесными почвами. Почв, пригодных для выращивания всех сельскохозяйственных культур, 50 % от распаханной территории. Эти почвы занимают равнины и пологие склоны. Мощность гумусового горизонта лучших почв 30 см, содержание гумуса более 6 %. Средние почвы с неустойчивым плодородием встречаются на 10 % площади распаханной земель. Большинство почв незначительно подвержены – эрозии. Среднедолголетняя урожайность зерновых культур в агроландшафте от 10 до 14 ц/га.

*Каратузский* – равнины холмисто-увалистые, сложенные карбонатными и терригенно-карбонатными – породами, перекрытыми сверху коричнево-палевыми лессовидными тяжелыми суглинками и редкими коричнево-бурыми глинами. В агроландшафте преобладают мелколиственные травяные и остепненные леса на серых лесных почвах, разнотравные луговые степи и сельскохозяйственные угодья на черноземах выщелоченных. Большой своей территорией агроландшафт входит в Краснотуранский район и частично – в Идринский. Лесистость в агроландшафте составляет 50 %. Леса мелколиственные травяные и остепненные. Фоновые почвы – черноземы выщелоченные и серые лесные. Средняя урожайность сельскохозяйственных культур 14–16 ц/га. Более 20 % распаханых земель – с ясно выраженным плоскостным и линейным смывом. В агроландшафте около 4 % территории требует мелиоративных противозерозионных мероприятий. Агроклиматические ресурсы характеризуются суммой средних суточных температур воздуха выше 10 °С от 1700 до 1600 °С, суммой осадков за год 430–550 мм, продолжительностью безморозного периода от 90 до 95 дней. Позднелетние заморозки возможны до 30 мая, а первые осенние заморозки – с 3 сентября. Средняя температура июля составляет 18,1 °С, января –21,8 °С, среднегодовая –1,2 °С. Гидротермический коэффициент варьирует от 1,8 до 2,2, что свидетельствует об избыточной увлажненности агроландшафта [17].

*Курагино-Идринский* – это эрозионно-денудационные структурные равнины, сложенные терригенно-карбонатными породами, перекрытыми сверху коричнево-палевыми лессовидными тяжелыми и средними суглинками, с березовыми разнотравно-злаковыми лесами на серых лесных почвах и сельскохозяйственными угодьями на черноземах оподзоленных. Расположен в междуречье рек Туба и Сыда. Южной частью 50 % площади размещается в Курагинском районе, а северной (50 %) – в Идринском. Вытянут относительно узкой полосой от Курагино до Идринского на расстояние до 75 км. Ширина агроландшафта 33 км. Сельским хозяйством он освоен на 75 % площади.

Климатические условия агроландшафта: сумма осадков за год 520 мм, сумма активных температур выше 10 °С составляет 1500–1600 °С, продолжительность безморозного периода 85–95 дней. Урожайность зерновых культур 17–16 ц/га. Потенциальная урожайность с учетом продуктивности климата 19,6–20,8 ц/га [9]. Степи разнотравно-злаковые встречаются изредка, в основном они распаханы. Леса преобладают березовые и осиново-березовые остепненные злаково-разнотравные и мелколесья с деградированным разнотравно-мятликовым покровом. Лесистость в агроландшафте не превышает 25 %. Фоновые почвы представлены черноземами оподзоленными и серыми лесными. Лучшие почвы с высоким устойчивым плодородием занимают не более 10 % площади агроландшафта, хорошие почвы с высоким неустойчивым плодородием – до 15 % агроландшафта, остальные почвы средние с невысоким и неустойчивым плодородием. Все эти особенности агроландшафтов опре-

деляют специфику земледелия и землеустройства по регионам края.

## ВЫВОДЫ

Минусинская впадина является местом древнейшей культуры земледелия, животноводства и металлургии. Природные и экологические условия выделенных агроландшафтов благоприятны для производства ранне и среднеспелых сортов сельскохозяйственных культур: яровой пшеницы, озимой ржи, овса, ячменя и корнеклубнеплодов. В агроландшафтах имеются перспективы расширения сельскохозяйственных возможностей в современных условиях. Таким образом, эколого-хозяйственное состояние агроландшафтов характеризуется не только территориальными изменениями экологического каркаса земель, но и факторами, влияющими на формирование особых структур производства (сельскохозяйственных, промышленных, селитбных, рекреационных и др.).

Сочетание экономических, природных и экологических факторов формирует специфическую систему агроприродного комплекса Приенисейской Сибири, которая должна опираться на наиболее прогрессивные программы региональной стратегии, что позволит осуществить комплексное использование всего спектра компонентов агроприродного потенциала региона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Ершов Ю. И., Москалев А. К., Степень Р. А. Земельные и лесные ресурсы Красноярского края, проблемы их рационального использования. Новосибирск : Изд-во СОРАН 2001. С. 19–27
2. Исаченко А. Г. Ландшафтное районирование России как основа для регионального эколого-географического анализа // Изв. РГО. 1996. Т. 128, вып. 5. С. 42–60.
3. Николаев В. А. Ландшафтно-географические аспекты изучения и оптимизации территориальной структуры сельскохозяйственных земель // Мелиорация ландшафтов. М. : МФ ГО СССР, 1988. С. 18–30.
4. Сочава Б. В. Тайга как тип природной среды // Южная тайга Приангарья. Л., 1969. С. 31–50.
5. Иванов К. И. Территориальные системы общественного производства: географические аспекты аграрно-промышленного комплексирования. М. : Мысль, 1975. 269 с.
6. Красноярова Б. А. Территориальная организация аграрного природопользования // География и природные ресурсы. 1997. № 2. С. 10–15.
7. Красноярский край в цифрах. Красноярск, 2005. С. 10.
8. Основы земельного законодательства СССР и союзных республик. М., 1989. 300 с.
9. Безруких В. А. Территориальная организация природопользования в условиях Приенисейской Сибири : монография ; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2008. 204 с.
10. Атлас. География России. М. : Дрофа, 2004. 47 с.
11. Лысанова Г. И. Ландшафтный анализ аграрного потенциала геосистем. Иркутск : Изд-во Ин-та геогр. СО РАН, 2001. 188 с.

12. Безруких В. А. Природные условия юго-восточной части Западной Сибири и Северо-Минусинских впадин // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Красноярского края. Вып. 8. Красноярск : КНИГИиМС, 2006. С. 133–143.

13. Алькова Е. Н. Опыт применения совмещенных коэффициентов расчлененности для характеристики рельефа природных территорий Алтае-Саянской горной страны // Изв. ВГО, 1975. Т. 107, вып. 4. С. 348–352.

14. Агроклиматические ресурсы Красноярского Края и Тувы. Л., 1974. 237 с.

15. Безруких В. А. Продуктивность почвенного покрова ландшафтов староосвоенных районов Красноярского края как экономическая предпосылка // Проблемы современной экономики : Евразийский международный научно-аналитический журнал. 2009. № 1 (29). С. 419–424.

16. Калеп Л. Л., Литвинова К. Н. К уточнению данных о земельных ресурсах сельскохозяйственной полосы юга Средней Сибири // География и природные ресурсы. 1984. № 8. С. 58–62.

17. Сляднев А. П., Сенников В. А. Агроклиматическая характеристика юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. Новосибирск, 1972. 170 с.

18. О состоянии и охране окружающей среды Красноярского края в 2006 году : Государственный доклад. Красноярск, 2007. 232 с.

#### REFERENCES

1. Ershov Yu. I., Moskalev A. K., Stepen' R. A. Zemel'nye i lesnye resursy Krasnoyarskogo kraja, problemy ih racional'nogo ispol'zovaniya. Novosibirsk : Izd-vo SORAN, 2001. S. 19–27.

2. Isachenko A.G. Landshaftnoe rajonirovanie Rossii kak osnova dlya regional'nogo ekologo-geograficheskogo analiza // Izv. RGO. 1996. Т. 128, вып. 5. С. 42–60.

3. Nikolaev V. A. Landshaftno-geograficheskie aspekty izucheniya i optimizacii territorial'noj struktury sel'skohozyajstvennyh zemel' // Melioraciya landshaftov. М. : MF GO SSSR, 1988. С. 18–30.

4. Sochava B. V. Tajga kak tip prirodnoj sredy // Yuzhnaya tajga Priangar'ya. L., 1969. С. 31–50.

5. Ivanov K. I. Territorial'nye sistemy obshchestvennogo proizvodstva: geograficheskie aspekty agrarno-

promyshlennogo kompleksirovaniya. М. : Mysl', 1975. 269 s.

6. Krasnoyarova B. A. Territorial'naya organizaciya agrarnogo prirodopol'zovaniya // Geografiya i prirodnye resursy. 1997. № 2. S.10–15.

7. Krasnoyarskij kraj v cifrah. Krasnoyarsk. 2005. S. 10.

8. Osnovy zemel'nogo zakonodatel'stva SSSR i soyuznyh respublik. М., 1989. 300 s.

9. Bezrukih V. A. Territorial'naya organizaciya prirodopol'zovaniya v usloviyah Prienisejskoj Sibiri : monografiya ; Krasnoyar.gos.ped.un-t im. V. P. Astaf'eva. Krasnoyarsk, 2008. 204 s.

10. Atlas. Geografiya Rossii. М. : Drofa, 2004. 47 s

11. Lysanova G. I. Landshaftnyj analiz agrarnogo potenciala geosistem. Irkutsk : Izd-vo In-ta geogr. SO RAN, 2001, 188 s.

12. Bezrukih V. A. Prirodnye usloviya yugovostochnoj chasti Zapadnoj Sibiri i Severo-Minusinskih vpadin // Problemy ispol'zovaniya i ohrany prirodnyh resursov Krasnoyarskogo kraja. Vyp. 8. Krasnoyarsk : KNIIGiMS. 2006. S. 133–143.

13. Al'kova E. N. Opyt primeneniya sovmeshchennyh koefficientov raschlenennosti dlya harakteristiki rel'efa prirodnyh territorij Altae-Sayanskoj gornoj strany // Izv. VGO, 1975. Т. 107, вып. 4. С. 348–352.

14. Агроклиматические ресурсы Красноярского Края и Тувы. Л., 1974. 237с.

15. Bezrukih V. A. Produktivnost' pochvennogo pokrova landshaftov staroosvoennyh rajonov Krasnoyarskogo kraja kak ekonomicheskaya predposylka // Problemy sovremennoj ekonomiki : Evrazijskij mezhdunarodnyj nauchno-analiticheskij zhurnal. 2009. № 1 (29). С. 419–424.

16. Kалеп Л. Л., Литвинова К. Н. К уточнению данных о земельных ресурсах сельскохозяйственной полосы юга Средней Сибири // География и природные ресурсы. 1984. № 8. С. 58–62.

17. Сляднев А. П., Сенников В. А. Агроклиматическая характеристика юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. Новосибирск, 1972. 170 с.

18. О состоянии и охране окружающей среды Красноярского края в 2006 году : Gosudarstvennyj доклад. Krasnoyarsk, 2007. 232 s.

© Безруких В. А., Авдеева Е. В., Цыганкова Н. В., Лигаева Н. А., Кузнецова О. А., 2025

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ 18-ЛЕТНЕГО СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА ПРИВИТЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Р. Н. Матвеева, И. В. Комаров

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31  
E-mail: komarovilya13@gmail.ru

**Аннотация.** На плантации «ЛЭП-2» создан участок с использованием посадочного материала второго поколения, выращенного из семян, собранных на гибридно-семенной плантации вегетативного происхождения. Черенки сосны кедровой сибирской были заготовлены в геошколе дендрария СибГУ им М. Ф. Решетнева с деревьев разного географического происхождения. Сопоставление показателей роста и репродуктивного развития 18-летнего семенного потомства проведено в вариантах бирюсинского, ермаковского, Коми, сверловского, томского, тюменского и ярцевского происхождения. Отмечается проявление географической и индивидуальной изменчивости по высоте, диаметру ствола, текущему приросту побега, длине хвои и вступлению в репродуктивную фазу развития. Наибольшие показатели по высоте, диаметру ствола, текущему приросту побега и длине хвои были у экземпляров сосны кедровой сибирской происхождения Коми. В каждом варианте были выделены быстрорастущие экземпляры, превышающие по высоте на 18,9–69,9 %, диаметру ствола на 23,7–76,3 % среднее значение по опыту. Наибольшее превышение по высоте имели экземпляры № 14-14 ермаковского, № 14-22 томского, № 15-25 тюменского и № 12-16 ярцевского происхождения. По длине хвои лидируют экземпляры № 14-14 ермаковского, № 14а-14 Коми, № 12-38 свердловского, № 14-22 томского, № 15-17 тюменского и № 12-16 ярцевского происхождения. К экземпляру раннего репродуктивного развития отнесен № 13-34 бирюсинского происхождения. Отселектированные деревья планируется размножить вегетативно для выращивания посадочного материала и его использования при создании плантаций, отличающихся интенсивностью роста, длиной хвои и ранним репродуктивным развитием.

**Ключевые слова:** сосна кедровая сибирская, географическое происхождение, второе поколение, семенное потомство клонов.

*Conifers of the boreal area.* 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 21–27

## VARIABILITY OF 18-YEAR-OLD SEED PROGENY OF GRAFTED PINUS SIBIRICA TREES OF DIFFERENT GEOGRAPHICAL ORIGIN

R. N. Matveeva, I. V. Komarov

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
E-mail: komarovilya13@gmail.ru

**Annotation.** A plot was created on the PTL-2 plantation using planting material of second generation from seeds collected on a hybrid seed plantation of vegetative origin. *Pinus sibirica* cuttings were prepared in the Geoschool of the Reshetnev Siberian State University Arboretum from trees of different geographic origin. A comparison of the growth and reproductive development indicators of 18-year-old seed progeny was carried out in the Biryusinsky, Ermakovsky, Komi, Sverlovsky, Tomsk, Tyumen and Yartsevo origin variants. The manifestation of geographic and individual variability in height, trunk diameter, current shoot growth, needle length and the entry into the reproductive phase of development is noted. The highest indicators for height, trunk diameter, current shoot growth and needle length were found in specimens of *Pinus sibirica* of Komi origin. In each variant, fast-growing specimens were identified, exceeding the average value for the experiment by 18.9–69.9 % in height and 23.7–76.3% in trunk diameter. The greatest excess in height was demonstrated by specimens No. 14-14 Ermakovsky, No. 14a-14 Komi, No. 14-22 Tomsk, No. 15-25 Tyumen and No. 12-16 Yartsevo origin. The specimens with the longest needles are No. 14-14 Ermakovsky, No. 14a-14 Komi, No. 12-38 Sverdlovsk, No. 14-22 Tomsk, No. 15-17 Tyumen and No. 12-16 Yartsevo origin. The specimens with early reproductive development include No. 13-34 Biryusinsky origin. The selected trees are planned to be propagated vegetatively for growing planting material and its use in creating plantations that differ in growth intensity, needle length and early reproductive development.

**Keywords:** *Pinus sibirica*, geographical origin, second generation, seed progeny of clones.

## ВВЕДЕНИЕ

При создании плантаций древесных видов уделяется большое внимание биоразнообразию и проведению отбора экземпляров по заданным признакам. Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) является ценной древесной породой. О полезных свойствах данного вида отмечено в литературных источниках. Так, В. А. Кирсанов [9] приводит биолого-экологическую характеристику сосны кедровой сибирской как главного образователя кедровых лесов на Урале и в Сибири. Биологические особенности сосны кедровой сибирской отражены в работах И. А. Бех, А. М. Данченко, И. В. Кибиш [1], Г. В. Крылова, Н. К. Таланцева, Н. Ф. Казаковой [10], Р. Н. Матвеевой, Н. П. Щербы [13], Е. В. Титова [19] и др. Сосна кедровая сибирская образует орехи, которые содержат макро- и микроэлементы, белки, жиры, углеводы, аминокислоты, витамины и другие ценные биологически активные вещества [14; 15]. Подчеркивается семенная, экологическая и стволовая продуктивность данного вида [1; 8; 9; 10; 13; 19]. Отмечается внутривидовая изменчивость сосны кедровой сибирской по росту, семеношению [2; 3; 5]. Имеется информация о проявлении географической изменчивости данного вида [6; 7]. Отмечается целесообразность создания плантаций целевого назначения с использованием потомств отобраных деревьев [11; 16; 17; 18; 20; 21; 22; 23; 24].

Целью наших исследований явилось отобранное экземпляры сосны кедровой сибирской в 18-летнем биологическом возрасте во втором поколении среди семенного потомства привитых деревьев в вариантах разного географического происхождения по интенсивности роста, длине хвои и репродуктивному развитию.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

На плантации «ЛЭП-2» произрастает семенное потомство с привитых деревьев сосны кедровой сибирской. В качестве привоя использовали черенки с деревьев разного географического происхождения, произрастающих в географической школе дендрария СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Прививки проведены на подрост сосны обыкновенной. С привитых растений были заготовлены шишки, выращен посадочный материал и пересажен на плантацию второго поколения «ЛЭП-2». Для сравнения показателей роста и репро-

дуктивного развития семенного потомства в 18-летнем возрасте были взяты экземпляры следующих географических происхождений: бирюсинское, ермаковское, Коми, свердловское, томское, тюменское и ярцевское. Место произрастания материнских деревьев при сборе семян для создания географической школы приведены в табл. 1.

Из семян клонов разного географического происхождения на «ГСП» был выращен посадочный материал и создана плантация «ЛЭП-2». Схема посадки 4×4 м. Программа исследований предусматривала анализ изменчивости биометрических показателей сосны кедровой сибирской в 18-летнем биологическом возрасте, проведение селекционной оценки и отбора экземпляров по интенсивности роста, длине хвои и раннему репродуктивному развитию. При проведении исследований применяли общепринятые методики. Высоту измеряли шестом с делениями, диаметр ствола – на высоте 10 см от поверхности почвы штангенциркулем, длину хвои – на текущем первом приросте побега с южной стороны дерева. При статистической обработке данных использовали программу Microsoft Excel. Уровень изменчивости установили по шкале С. А. Мамаева [1973]. Достоверность различий определяли по критерию фактическому ( $t_f$ ), сравнивая его с критерием табличным ( $t_{05}$ ) [Б. А. Доспехов, 1979].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 18-летнем возрасте потомство сосны кедровой сибирской разного географического происхождения во втором поколении на плантации «ЛЭП-2» имело высокий уровень изменчивости по высоте (табл. 2).

В результате проведенных исследований установлено, что средняя высота у сосны кедровой сибирской разного географического происхождения варьировала от 1,57 м до 2,29 м. Наибольшая высота была у экземпляров происхождения Коми, а наименьшая у деревьев ермаковского и бирюсинского происхождения.

Средний диаметр ствола по вариантам опыта у сосны кедровой сибирской разного географического происхождения варьировал от 3,1 до 4,2 см (табл. 3).

Наименьшее среднее значение по диаметру ствола зафиксировано у экземпляров в ермаковском варианте. Данный показатель составил 3,1 см, наибольшее – в варианте происхождения Коми. Уровень изменчивости диаметра ствола по вариантам опыта высокий.

**Таблица 1**  
**Место произрастания материнских деревьев сосны кедровой сибирской**

Географическое происхождение	Место произрастания
Бирюсинское	Красноярский край, Учебно-опытный лесхоз СибГУ, Бирюсинское лесничество
Ермаковское	Красноярский край, Ермаковский лесхоз, Ермаковское лесничество
Коми	Республика Коми, Троицко-Печерский лесхоз, Савиногорское лесничество
Свердловское	Свердловская область, Верхотурский лесхоз, Ступинское лесничество
Томское	Томская область, Томский лесхоз, Петуховское лесничество
Тюменское	Тюменская область, Кондинский леспромхоз
Ярцевское	Красноярский край, Ярцевский ЛПХ, Вороговское лесничество

По интенсивности роста, включая высоту и диаметр ствола, выделены следующие экземпляры (табл. 4).

Наибольшей высотой отличались экземпляры № 14а-14 происхождения Коми, № 15-25 тюменского и № 12-16 ярцевского. Высота у данных деревьев превышала 3 м.

Сопоставлен текущий прирост побега сосны кедровой сибирской разного географического происхождения. Данные приведены на рис. 1.

По длине текущего прироста побега среди экземпляров сосны кедровой сибирской наибольший показатель был у деревьев происхождения Коми, который составлял 41,8 см. Наименьшее среднее значение по

данному биометрическому показателю зафиксировано в варианте ермаковского происхождения – 32,6 см.

Сопоставлены показатели семенного потомства клонов сосны кедровой сибирской разного географического происхождения по длине хвои. Уровень изменчивости варьировал от среднего до высокого (табл. 5).

По длине хвои были выделены экземпляры, превышающие средние значения по опыту на 15 % и более (табл. 6).

Наибольшая длина хвои была у экземпляров происхождения ярцевского № 12-16, бирюсинского № 13-34, свердловского № 12-38 и тюменского № 15-37.

Таблица 2

Высота сосны кедровой сибирской разного географического происхождения, м

Географическое происхождение	$X_{cp}$	max	min	$\pm m$	$\pm \sigma$	$V, \%$	$P, \%$	$t_{\phi}$ при $t_{05}=2,01$	Уровень изменчивости
Бирюсинское	1,76	2,88	0,53	0,12	0,60	34,2	7,0	2,94	высокий
Ермаковское	1,57	2,83	0,59	0,13	0,60	38,3	8,6	4,00	высокий
Коми	2,29	3,33	1,12	0,13	0,59	25,9	5,8	–	высокий
Свердловское	2,01	3,31	0,97	0,12	0,59	29,7	5,9	1,56	высокий
Томское	2,04	2,81	1,24	0,11	0,44	21,8	5,5	1,47	высокий
Тюменское	2,09	3,18	1,21	0,16	0,59	28,3	7,8	0,95	высокий
Ярцевское	1,99	3,16	0,60	0,18	0,72	36,4	9,1	1,37	высокий

Таблица 3

Диаметр ствола у сосны кедровой сибирской в зависимости от географического происхождения, см

Географическое происхождение	$X_{cp}$	max	min	$\pm m$	$\pm \sigma$	$V, \%$	$P, \%$	$t_{\phi}$ при $t_{05}=2,01$	Уровень изменчивости
Бирюсинское	3,7	5,7	1,2	0,24	1,15	31,3	6,4	1,33	высокий
Ермаковское	3,1	5,0	1,4	0,22	0,97	30,9	6,9	3,02	высокий
Коми	4,2	6,1	1,3	0,29	1,29	30,6	6,9	–	высокий
Свердловское	4,0	6,9	1,7	0,26	1,32	33,1	6,6	0,51	высокий
Томское	4,0	6,7	1,5	0,37	1,47	37,1	9,3	0,43	высокий
Тюменское	3,9	6,0	1,7	0,39	1,41	36,2	9,3	0,62	высокий
Ярцевское	3,9	6,2	1,1	0,36	1,44	37,2	9,3	0,65	высокий

Таблица 4

Экземпляры, отличающиеся интенсивностью роста

Географическое происхождение	Номер дерева	Высота		Диаметр ствола	
		м	% к $X_{cp}$	см	% к $X_{cp}$
Бирюсинское	13-34	2,63	134,2	5,7	150,0
	13-42	2,37	120,9	4,7	123,7
Ермаковское	14-14	2,83	144,4	5,0	131,6
	14-13	2,33	118,9	4,8	126,3
Коми	14а-14	3,33	169,9	6,1	160,5
	14а-16	2,93	149,5	5,9	155,3
Свердловское	12-38	2,98	152,0	6,0	157,9
Томское	14-22	2,81	143,4	6,7	176,3
	15-10	2,70	137,8	5,7	150,0
	14-25	2,62	133,7	6,4	168,4
Тюменское	15-25	3,18	162,2	6,0	157,9
	15-28	2,65	135,2	5,6	147,4
	15-37	2,54	130,0	5,4	142,1
Ярцевское	12-16	3,16	161,2	6,2	163,2
	12-12	2,69	137,2	5,7	150,0
	12-6	2,56	130,6	4,8	126,3
Среднее значение по варианту		1,96	100,0	3,8	100,0

В 2024 году отмечено формирование шишки у экземпляра № 13-34 бирюсинского происхождения (рис. 2).

Были сопоставлены показатели роста экземпляра, сформировавшего его шишки в 18-летнем биологическом возрасте со средним значением (табл. 7).

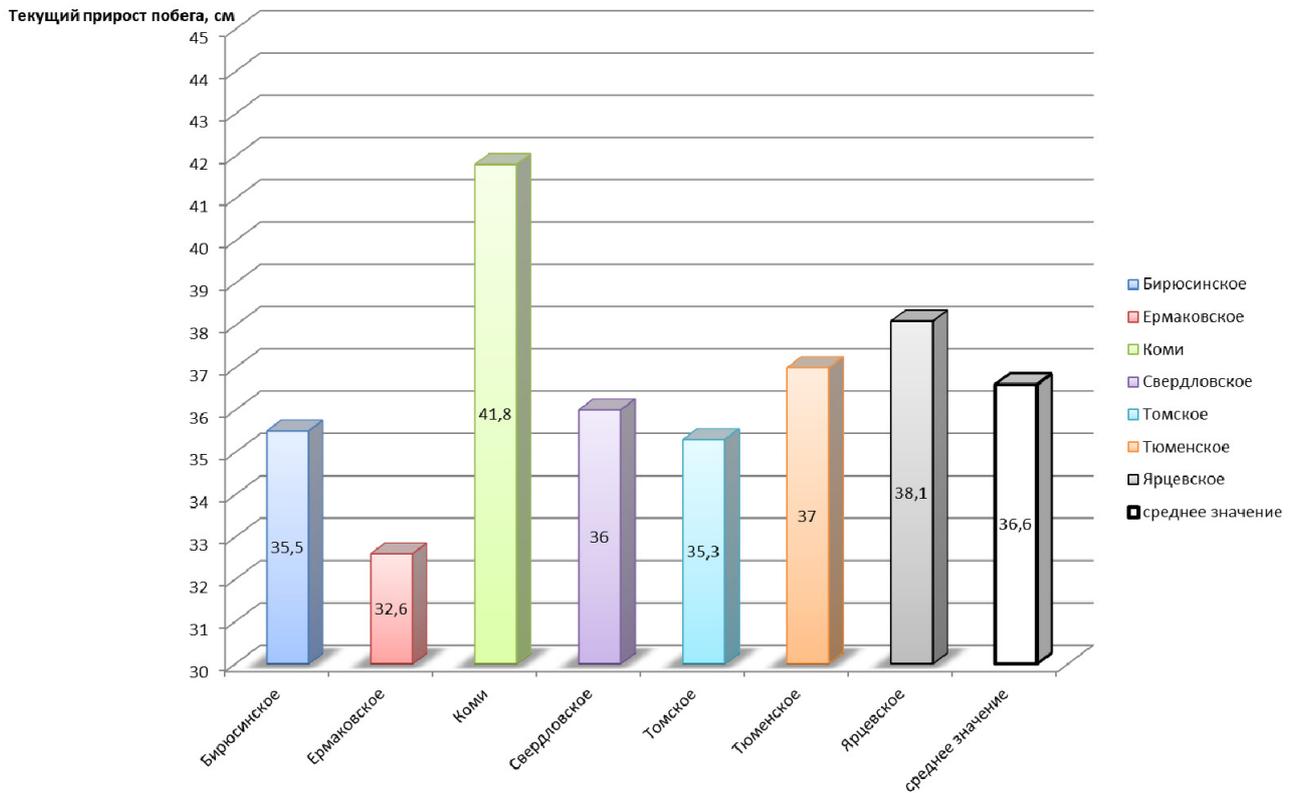


Рис. 1. Текущий прирост побега у экземпляров сосны кедровой сибирской, см

Таблица 5  
Длина хвои у сосны кедровой сибирской, см

Географическое происхождение	$X_{cp}$	max	min	$\pm m$	$\pm \sigma$	$V, \%$	$P, \%$	$t_{\phi}$ при $t_{05} = 2,01$	Уровень изменчивости
Бирюсинское	8,9	12,8	5,0	0,41	2,00	22,4	4,6	2,33	высокий
Ермаковское	8,6	12,1	6,2	0,35	1,58	18,3	4,1	3,08	средний
Коми	10,2	13,1	6,7	0,38	1,72	16,9	3,8	–	средний
Свердловское	8,8	12,5	5,5	0,36	1,78	20,2	4,0	2,69	средний
Томское	9,4	11,7	7,4	0,30	1,22	12,9	3,2	1,67	средний
Тюменское	9,5	12,1	6,7	0,45	1,62	16,9	4,7	1,19	средний
Ярцевское	9,0	12,9	5,0	0,56	2,24	24,9	6,2	1,76	высокий

Таблица 6  
Отселектированные длиннохвойные экземпляры сосны кедровой сибирской

Географическое происхождение	Номер дерева	Длина хвои	
		см	% к $X_{cp}$
Бирюсинское	13-34	12,1	131,5
	13-42	10,7	116,3
Ермаковское	14-14	12,1	131,5
	14a-18	11,5	125,0
Коми	14a-1	10,9	118,5
	14a-24	10,7	116,3
	12-38	12,5	135,9
Свердловское	12-26	11,3	122,8
	12-40	10,6	115,2
	14-22	11,7	127,2
Томское	14-25	10,8	117,4

Окончание табл. 6

Географическое происхождение	Номер дерева	Длина хвои	
		см	% к $X_{cp}$
Тюменское	15-37	12,1	131,5
	15-25	11,7	127,2
	15-27	10,8	117,4
	15-38	10,7	116,3
Ярцевское	12-16	12,9	140,2
	12-14	11,5	127,8
	12-7	11,2	124,4
	12-6	10,5	116,7
Среднее значение по опыту		9,2	100,0



№ 13-34

Рис. 2. Экземпляр, сформировавший шишку

Таблица 7  
Показатели роста экземпляра № 13-34

Географическое происхождение	Номер дерева	Высота		Диаметр ствола		Текущий прирост побега		Длина хвои на текущем приросте	
		м	% к $X_{cp}$	см	% к $X_{cp}$	см	% к $X_{cp}$	см	% к $X_{cp}$
Бирюсинское	13-34	2,63	149,4	5,7	154,0	51,7	145,6	12,1	136,0
Среднее значение по происхождению		1,76	100,0	3,7	100,0	35,5	100,0	8,9	100,0

Экземпляр раннего репродуктивного развития имел и наибольшие показатели по высоте (превышение на 49,4 %), диаметру ствола (на 54,0 %), текущему приросту побега (на 45,6 %) и длине хвои (на 36,0 %).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отселектированные экземпляры во втором поколении рекомендуется использовать для вегетативного размножения с целью создания целевых плантаций, отличающихся интенсивностью роста, экологической эффективностью и ранним репродуктивным развитием.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Бех И. А., Данченко А. М., Кибиш И. В. Сосна кедровая сибирская : учебное пособие. Томск : Томский государственный университет, 2004. 160 с.

2. Горошкевич С. Н. Динамика роста и плодоношения кедрового сибирского. Уровень и характер изменчивости признаков // Экология, 2008. № 3. С. 181–188.

3. Горошкевич С. Н. Метеорологическая обусловленность семеношения кедрового сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) // Лесной журнал. 2021. № 2. С. 56–69.

4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник для высших с.-х. учеб. заведений. Издание четвертое, переработанное и дополненное. Москва, 1979. 416 с.

5. Жук Е. А. Внутривидовая дифференциация кедрового сибирского по росту, семеношению и устойчивости к вредителям при выращивании на юге Томской области // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Барнаул : Алтайск. гос. ун-т, 2020. Т. 19. № 2. С. 198–201.

6. Изменчивость и отбор 42-45-летних деревьев сосны кедровой сибирской разного географического происхождения (зеленая зона г. Красноярска) / Н. П. Братилова, Р. Н. Матвеева, С. А. Орешенко, А. М. Пастухова. Красноярск : СибГТУ, 2013. 133 с.

7. Изменчивость кедровых сосен разного географического происхождения на опытных участках в пригородной зоне Красноярска / Н. П. Братилова, Р. Н. Матвеева, М. В. Гришлова, О. Ф. Буторова. Красноярск : СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2024. 188 с.

8. Ирошников А. И., Твеленев М. В. Изучение генофонда, интродукции и селекции кедровых сосен // Лесоведение. 2001. № 4. С. 62–68.

9. Кирсанов В. А. Биолого-экологическая характеристика кедрового сибирского как главного лесообразователя кедровых лесов // Воспроизводство кедровых лесов на Урале и в Западной Сибири. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1981. С. 3–12.

10. Крылов Г. В., Таланцев Н. К., Козакова Н. Ф. Кедр. Москва : Лесн. пром-сть, 1983. 214 с.

11. Кузнецова Г. В. Рост привитых деревьев кедровых сосен разного географического происхождения в Красноярской лесостепи // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2020. С. 50–53.

12. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. Москва : Наука, 1973. 284 с.

13. Матвеева Р. Н., Щерба Н. П. Биологические и экологические особенности сосны кедровой сибирской. Красноярск : СибГТУ, 2002. 70 с.

14. Матвеева Р. Н., Братилова Н. П., Кубрина С. М. Изменчивость сосны кедровой сибирской по аккумуля-

ции микроэлементов в хвое и семенах. Красноярск : СибГТУ, 2009. 96 с.

15. Матвеева Р. Н., Пастухова А. М., Карпухина И. В. Изменчивость сосны кедровой сибирской по семеношению, содержанию в семенах свободных аминокислот и жиров в географических плантационных культурах зеленой зоны г. Красноярска. Красноярск : СибГТУ, 2009. 162 с.

16. Отбор деревьев кедрового сибирского высокой репродуктивной способности на географической лесосеменной плантации / Р. Н. Матвеева, Л. И. Милотин, О. Ф. Буторова, Н. П. Братилова // Лесной журнал. 2017. № 2. С. 9–20.

17. Пастухова А. М. Рост полусибирского кедрового 16-летнего биологического возраста в условиях Караульного участкового лесничества. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2023. С. 173–179.

18. Соколова Е. Ю. Селекционная оценка и отбор деревьев сосны кедровой сибирской по их семенному потомству // Вестник КрасГАУ. 2013. № 8. С. 132–136.

19. Титов, Е. В. Селекция кедровых сосен : учебное пособие. Воронеж : Воронеж. гос. лесотехн. акад, 1999. 58 с.

20. Титов Е. В. Орехопродуктивные кедровые плантации и лесосады. Воронеж : ВГЛТУ, 2021. 267 с.

21. Титов Е. В. Создание коллекций ценного генофонда кедрового сибирского в Европейской части России // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений, СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2024. С. 120–122.

22. Щерба Ю. Е., Шенмайер Н. А., Коростелев А. С. Оценка 37-летних полусибирских плюсовых деревьев сосны кедровой сибирской по образованию микростробил // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. 41, № 1. С. 30–37.

23. Planation forests and biodiversity: an oxymoron or an opportunity? / E. G. Brockerhoff, H. Jactel, J. A. Parrotta, C. P. Quine, J. Sayer // Biodivers Conserv. 2008. No. 17. P. 925–951.

24. Wright S. Variability within and among natural populations // Evolution and Genetics of Populations VI u. Chicago, London : Univ. of Chicago Press, 1978. P. 580.

## REFERENCES

1. Bekh I. A., Danchenko A. M., Kibish I. V. Sosna kedrovaya sibirskaya : Uchebnoe posobie. Tomsk : Tomskij gosudarstvennyj universitet, 2004. 160 s.

2. Goroshkevich S. N. Dinamika rosta i plodonosheniya kedra sibirskogo. Uroven' i harakter izmenchivosti priznakov // Ekologiya, 2008. № 3. S. 181–188.

3. Goroshkevich S. N. Meteorologicheskaya obuslovlennost' semenosheniya kedra sibirskogo (*Pinus sibirica* Du Tour) // Lesnoj zhurnal, 2021. № 2. S. 56–69.

4. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniya) : uchebnyk dlya vysshih s.-h. ucheb. zavedenij. Izdanie chetvertoe, pererabotannoe i dopolnennoe. Moskva, 1979. 416 s.

5. Zhuk E. A. Vnutrividovaya differenciaciya kedra sibirskogo po rostu, semenosheniyu i ustojchivosty k

vrreditelyam pri vyrashchivanii na yuge Tomskoj oblasti // Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii. Barnaul: Altajsk. gos. un-t, 2020. T. 19. № 2. S. 198–201.

6. Izmenchivost' i otbor 42-45-letnih derev'ev sosny kedrovoj sibirskoj raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya (zelenaya zona g. Krasnoyarska) / N. P. Bratilova, R. N. Matveeva, S. A. Oreshenko, A. M. Pastuhova. Krasnoyarsk : SibGTU, 2013. 133 s.

7. Izmenchivost' kedrovyyh sosen raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya na opytnykh uchastkah v prigorodnoj zone Krasnoyarska / N. P. Bratilova, R. N. Matveeva, M. V. Grishlova, O. F. Butorova. Krasnoyarsk : SibGU im. M. F. Reshetneva, 2024. 188 s.

8. Iroshnikov A. I., Tvelenev M. V. Izuchenie genofonda, introdukcii i selekcii kedrovyyh sosen // Lesovezvedenie, 2001. № 4. S. 62–68.

9. Kirsanov V. A. Biologo-ekologicheskaya harakteristika kedra sibirskogo kak glavnogo lesobrazovatelya kedrovyyh lesov // Vosproizvodstvo kedrovyyh lesov na Urale i v Zapadnoj Sibiri. Sverdlovsk : UNC AN SSSR, 1981. S. 3–12.

10. Krylov G. V., Talancev N. K., Kozakova N. F. Kedr. Moskva : Lesn. prom-st', 1983. 214 s.

11. Kuznecova G. V. Rost privityh derev'ev kedrovyyh sosen raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya v Krasnoyarskoj lesostepi // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukcija drevesnyh rastenij, SibGU im. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk, 2020. S. 50–53.

12. Mamaev S. A. Formy vnutrividovoj izmenchivosti drevesnyh rastenij. Moskva : Nauka, 1973. 284 s.

13. Matveeva R. N., Shcherba N. P. Biologicheskie i ekologicheskie osobennosti sosny kedrovoj sibirskoj. Krasnoyarsk : SibGTU, 2002. 70 s.

14. Matveeva R. N., Bratilova N. P., Kubrina S. M. Izmenchivost' sosny kedrovoj sibirskoj po akumuljatsii mikroelementov v hvoe i semenah. Krasnoyarsk : SibGTU, 2009. 96 s.

15. Matveeva R. N., Pastuhova A. M., Karpuhina I. V. Izmenchivost' sosny kedrovoj sibirskoj po semeno-

sheniyu, soderzhaniyu v semenah svobodnyh aminokislot i zhиров v geograficheskikh plantacionnyh kul'turah zelenoj zony g. Krasnoyarska. Krasnoyarsk : SibGTU, 2009. 162 s.

16. Otbor derev'ev kedra sibirskogo vysokoj reproduktivnoj sposobnosti na geograficheskoy lesosemennoj plantacii / R. N. Matveeva, L. I. Milyutin, O. F. Butorova, N. P. Bratilova // Lesnoj zhurnal, 2017. № 2. S. 9–20.

17. Pastuhova A. M. Rost polusibov kedra sibirskogo 16-letnego biologicheskogo vozrasta v usloviyah Karaul'nogo uchastkovogo lesnichestva. Ekaterinburg : Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2023. S. 173–179.

18. Sokolova E. Yu. Selekcionnaya ocenka i otbor derev'ev sosny kedrovoj sibirskoj po ih semennomu potomstvu // Vestnik KrasGAU, 2013. № 8. S. 132–136.

19. Titov E. V. Selekcija kedrovyyh sosen : uchebnoe posobie. Voronezh : Voronezh. gos. lesotekhn. akad., 1999. 58 s.

20. Titov E. V. Orekhoproductivnyye kedrovyye plantacii i lesosady. Voronezh : VGLTU, 2021. 267 s.

21. Titov E. V. Sozdanie kollekcij cennogo genofonda kedra sibirskogo v Evropejskoj chasti Rossii // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukcija drevesnyh rastenij, SibGU im. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk, 2024. S. 120–122.

22. Shcherba Yu. E., Shenmajer N. A., Korostelev A. S. Ocenka 37-letnih polusibov plyusovyh derev'ev sosny kedrovoj sibirskoj po obrazovaniju mikrostrubil // Hvojnye boreal'noj zony, 2024. T. 41, № 1. S. 30–37.

23. Planation forests and biodiversity: an oxymoron or an opportunity? / E. G. Brockerhoff, H. Jactel, J. A. Parrotta, C. P. Quine, J. Sayer // Biodivers Conserv., 2008. No. 17. P. 925–951.

24. Wright S. Variability within and among natural populations // Evolution and Genetics of Populations VI u. Chicago, London : Univ. of Chicago Press, 1978. P. 580.

© Матвеева Р. Н., Комаров И. В., 2025

## ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА БИОМАССЫ НАСАЖДЕНИЙ КЕДРА СИБИРСКОГО НА УРАЛЕ

В. А. Усольцев<sup>1,3\*</sup>, Г. Г. Терехов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уральский государственный лесотехнический университет  
Российская Федерация, 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

<sup>2</sup>Ботанический сад УрО РАН

Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а

<sup>3</sup>Уральский государственный экономический университет  
Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/ Народной Воли, 62/45

\*E-mail: Usoltsev50@mail.ru

**Аннотация.** Биомасса лесных насаждений играет важную роль в процессе связывания атмосферного углерода, однако масштабы поглощения углерода лесами по-прежнему остаются спорными, отчасти из-за неопределенностей в оценке лесной биомассы и содержания в ней углерода. Из основных лесобразующих пород Евразии наименьший объем фактических значений надземной биомассы в существующей базе данных приходится на 5-хвойные сосны (подрод *Haploxydon Pilg.*). Эти данные были в разное время получены для территории Сибири и Дальнего Востока, а для Урала подобные материалы отсутствуют. В предлагаемом исследовании по материалам 22 пробных площадей, заложенных авторами в культурах и естественных древостоях кедров сибирского (*Pinus sibirica Du Tour*) в возрасте от 17 до 118 лет, разработана рекурсивная система регрессионных моделей надземной биомассы (т/га) по фракционному составу, описывающая ее зависимость от основных таксационных показателей древостоев, с коэффициентами детерминации от 0,94 до 0,99. На их основе впервые для кедровников Урала получена таблица биологической продуктивности по фракциям надземной биомассы. Сопоставление полученной таблицы с ранее составленными таблицами биопроductивности на основе таблиц хода роста модальных и нормальных кедровников показало наличие существенных расхождений. По-видимому, при оценке биомассы и углерод депонирующей способности кедровников Урала предпочтение следует оказывать предложенным моделям и таблице. Они, в отличие от ранее опубликованных таблиц, дают возможность совмещать их с разными наборами таксационных показателей, получаемых при инструментальной таксации, а также при осуществлении государственного учета кедровников.

**Ключевые слова:** *Pinus sibirica Du Tour*, уральский регион, регрессионные модели, биомасса древостоев, таблицы биологической продуктивности.

*Conifers of the boreal area.* 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 28–36

## AGE DYNAMICS OF BIOMASS OF *PINUS SIBIRICA* DU TOUR STANDS IN THE URALS

V. A. Usoltsev<sup>1,3\*</sup>, G. G. Terekhov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ural State Forest Engineering University

37, Siberian tract, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation

<sup>2</sup>Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

202a, 8 Marta Str., Yekaterinburg, 620144, Russian Federation

<sup>3</sup>Ural State University of Economics

62/45, 8 Marta str./ Narodnaya Volya, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation

\*E-mail: Usoltsev50@mail.ru

**Annotation.** The biomass of forest stands plays an important role in the process of atmospheric carbon sequestration, however, the extent of carbon uptake by forests remains controversial, partly due to uncertainties in the assessment of forest biomass and its carbon content. Of the main forest-forming species in Eurasia, the five-needled pines (subgenus *Haploxydon Pilg.*) account for the smallest volume of empirical values of aboveground biomass in the existing database. These data were obtained on the territory of Siberia and the Far East, but there are no similar materials for the Urals. In the proposed study, based on the materials of 22 sample plots established in plantations and natural stands of Siberian pine (*Pinus sibirica Du Tour*) aged 17 to 118 years, a recursive system of regression models of aboveground biomass (t per ha) by component composition was developed, describing its dependence on the main taxation indicators of stands with coefficients of determination from 0.94 up to 0.99. Based on them, for the first time, a table of biological productivity by components of aboveground biomass was obtained for *Pinus sibirica* forests in the Urals. A comparison of the obtained table with previously compiled tables of biological productivity based on yield

tables of modal and normal *Pinus sibirica* forests showed their significant discrepancies. Apparently, when assessing the biomass and carbon deposition capacity of *Pinus sibirica* forests in the Urals, a preference should be given to the proposed models and the table. Unlike the previously published tables, the suggested models and the table make their possible to combine with different sets of taxation indicators obtained by instrumental taxation, as well as when carrying out state accounting of *Pinus sibirica* forests.

**Keywords:** *Pinus sibirica* Du Tour, Ural region, regression models, biomass of stands, tables of biological productivity.

## ВВЕДЕНИЕ

Биомасса лесных насаждений играет важную роль в процессе связывания атмосферного углерода. Однако масштабы поглощения углерода лесами по-прежнему остаются спорными, отчасти из-за неопределенностей в оценке лесной биомассы и содержания углерода [25]. Более того, с позиций «теории глобальной экологической устойчивости» утверждается, что изменение климата нельзя остановить с помощью существующих ныне методов [26].

Биомассу древостоя можно оценить на двух уровнях детализации: на уровне отдельных деревьев и на уровне древостоя. Для уровня деревьев наиболее распространенным подходом является использование аллометрических уравнений, позволяющих оценить биомассу деревьев по легко измеряемым показателям, например, по диаметру ствола на высоте груди и в некоторых случаях с добавлением высоты и возраста дерева [21; 22; 23; 31; 34]. Они используются для оценки биомассы древостоя как суммы прогнозируемой биомассы отдельных деревьев [20]. Подобные модели требуют больших затрат времени и средств, но обеспечивают достаточно высокую точность оценки биомассы, особенно на локальном уровне.

При оценке возрастной динамики биомассы на уровне древостоев можно выделить, по крайней мере, два метода. При первом из них оценка биомассы древостоев проводится с использованием моделей их возрастной динамики, построенных непосредственно на основе данных о биомассе, полученных на серии пробных площадей в древостоях разного возраста (forest chronosequence) [1; 2; 7; 9; 33]. В подобных случаях выравнивание эмпирических данных выполнялось в основном лишь по задаваемому возрасту. Поскольку возрастная динамика биомассы определяется кроме возраста другими таксационными показателями, был предложен метод рекурсивной «цепочки» моделей – основной и вспомогательных. Основная модель включала в качестве независимых переменных массообразующие показатели древостоев. Вспомогательные модели представлены зависимостями густоты от возраста, затем – запаса от густоты и возраста, и последняя подставлялась в основную модель, где в качестве независимых переменных участвовали возраст (задаваемый), густота и запас (расчетные) [29]. В качестве разновидности метода представлена последовательность вспомогательных моделей зависимости средней высоты древостоя от возраста, затем – среднего диаметра от возраста и высоты, затем – густоты от возраста, средней высоты и среднего диаметра, и последняя подставлялась в основную модель биомассы, включающую в качестве независимых

переменных выше обозначенные массообразующие показатели [5; 10; 30]. Подобные модели по показателям детерминации адекватны исходным данным, но для оценки их фактической адекватности необходима проверка по независимым выборкам данных, что пока неосуществимо вследствие отсутствия подобных независимых данных.

При втором методе моделирования возрастной динамики биомассы древостоев в качестве зависимой переменной модели иногда используется конверсионно-объемный коэффициент как отношение биомассы той или иной фракции к запасу стволовой древесины [4; 16], а в качестве независимых переменных в модель включаются те же массообразующие показатели, что входят в ранее опубликованные традиционные таблицы хода роста древостоев (ТХР). В этом случае возможны два варианта. В первом из них рассчитывается последовательность вспомогательных и основной модели. Вспомогательные модели в качестве независимых переменных включают массообразующие показатели названных традиционных ТХР, и по ним описываются зависимости запаса, густоты и среднего диаметра от возраста и класса бонитета, которые затем подставляются в основные модели биомассы, включающие в качестве независимых переменных выше названные массообразующие показатели из ТХР [27; 28]. При втором варианте переводной коэффициент биомассы по ее фактическим данным рассчитывается в зависимости от возраста, среднего диаметра, средней густоты и средней высоты [11; 13] или в зависимости от возраста, класса бонитета и относительной полноты [18; 19; 24]. Полученные модели конверсионно-объемных коэффициентов биомассы табулируют непосредственно по массообразующим показателям ТХР и получают таблицы биологической продуктивности древостоев. Модели конверсионно-объемных коэффициентов по показателям детерминации обычно адекватны исходным данным, но фактическая точность таблиц биологической продуктивности должна определяться с учетом ошибок двоякого рода: ошибок моделей для оценки биомассы на пробных площадях и ошибок, имеющих место при составлении ТХР, – что на современном этапе не практикуется.

Цель настоящего исследования – по фактическим данным авторов, полученным на пробных площадях Среднего Урала, разработать модели биомассы древостоев кедра сибирского, или сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), и на их основе составить таблицу биологической продуктивности кедровников Урала.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Специфика лесного фонда по кедровникам Урала состоит в том, что кедр в молодом возрасте представлен культурами, а в приспевающем и спелом возрастах абсолютно преобладают естественные древостои. Молодой кедр в естественном состоянии на Урале встречается иногда в составе редин в нагорном и зеленомошном типах леса или в виде незначительной примеси в смешанных мелколиственных молодняках, формирующихся после гарей и вырубок (устное сообщение канд. биол. наук Н. В. Танцырева). Соответственно наши исходные данные представлены древостоями: в культурах в возрасте от 15 до 46 лет (9 пробных площадей) и в естественных древостоях с примесью хвойных и лиственных – в возрасте от 82 до 118 лет (13 пробных площадей) (табл. 1).

Исходные данные о биомассе культур получены на пробных площадях, заложенных в подзоне южнотаежных лесов Среднеуральской горной провинции [6] на территории Билимбаевского и Нижнесергинского

лесничеств Свердловской области (56°–57° с. ш., 59°–60° в. д.) (рис. 1).

Биомасса естественных кедровников определена на пробных площадях, заложенных в темнохвойных насаждениях Западно-Сибирской равнинной лесной области (С), Зауральской холмисто-предгорной провинции (VI), среднетаежному округу (б) (200–250 м над ур. м.) [6] на территории Новолялинского лесничества Свердловской области, расположенного на восточном макросклоне Среднего Урала (59° с. ш., 60°–61° в. д.) (рис. 2).

В культурах было взято шесть модельных деревьев на каждой пробной площади в пределах диапазона варьирования диаметра ствола с последующим фракционированием биомассы, сушкой до абсолютно сухого состояния и расчетом биомассы на 1 га согласно методике, изложенной ранее [14]. Методика взятия и обработки модельных деревьев в спелых кедровниках была опубликована ранее [15]. Шишки на модельных деревьях не были учтены ввиду их отсутствия – в культурах по причине молодого возраста, а в спелых древостоях по причине неурожайного года.

**Таблица 1**  
**Характеристика исходных данных биомассы и таксационных показателей кедровых древостоев\***

№ п/п	Состав	<i>A</i>	<i>N</i> /1000	<i>D</i> <sub>ср</sub>	<i>H</i> <sub>ср</sub>	<i>M</i>	<i>P</i> <sub>с</sub>	<i>P</i> <sub>в</sub>	<i>P</i> <sub>х</sub>	<i>P</i> <sub>а</sub>
1	10К	17	3,301	4,8	3,4	15,4	6,1	5,5	3,50	16,5
2	10К	17	3,340	5,4	4,1	20,0	6,8	5,2	4,48	18,1
3	10К	23	3,658	5,7	4,7	26,9	9,6	4,0	2,83	17,5
4	10К	24	1,676	6,1	5,2	15,8	5,8	2,4	1,67	11,0
5	10К	24	1,244	5,5	4,9	10,4	3,9	1,6	0,87	7,2
6	10К	25	2,620	6,9	5,8	27,6	13,1	4,9	3,03	23,4
7	10К	25	2,564	9,0	7,1	76,3	18,4	11,5	5,88	39,2
8	10К	27	1,638	5,8	5,7	16,4	6,2	1,8	0,96	10,2
9	10К	46	2,015	13,5	13,1	190	76,6	21,5	6,37	112,8
10	6К2С2Б	82	1,257	18,0	15,8	297	177	24,7	14,0	215,8
11	8К2Б+П	87	0,678	20,0	16,9	243	86,5	9,7	4,63	100,7
12	5К3Б2П	87	1,083	21,6	17,7	478	180	22,2	9,60	211,6
13	8К1П1С	90	1,121	22,2	17,7	430	150	16,7	9,11	175,8
14	7К2П1Б	90	1,258	18,6	19,8	394	139	15,5	7,60	162,4
15	7К2П1Б	93	1,483	19,4	21,3	548	187	21,1	9,75	217,6
16	6К2П1С1Б	99	0,282	42,7	20,2	473	170	19,4	9,41	199,2
17	8К1П1Б	101	1,358	18,5	16,8	506	161	16,7	7,57	185,6
18	7К2П1Б	103	1,045	20,6	21,1	400	141	16,1	8,15	165,0
19	6К2П2Б	103	0,967	22,3	23,3	449	165	19,7	8,77	193,3
20	7К2П1Б	107	1,471	20,4	21,2	567	193	22,6	11,2	226,9
21	6К2П1С1О	109	0,875	24,0	29,6	482	165	19,1	9,94	193,5
22	6К3П1Б	118	0,916	20,3	24,4	313	111	14,5	7,80	132,9

*Примечания.* \* *A* – возраст древостоя, лет; *N* – число деревьев на 1 га; *D*<sub>ср</sub> – средний диаметр ствола на высоте груди, см; *H*<sub>ср</sub> – средняя высота древостоя, м; *M* – запас, м<sup>3</sup>/га; *P*<sub>с</sub>, *P*<sub>в</sub>, *P*<sub>х</sub>, *P*<sub>а</sub> – соответственно биомасса ствола в коре, ветвей, хвой и надземная в абсолютно сухом состоянии, т/га.



Рис. 1. Культуры кедров сибирского на пробных площадях в Нижне-Сергинском лесничестве в возрасте 17 (слева) и 46 (справа) лет. Фото В. А. Усольцева



Рис. 2. Места закладки пробных площадей в кедровниках Новолялинского лесничества (отмечены кружками, слева) и 103-летний кедровник состава 7К2П1Б+С+Е с запасом 400 м<sup>3</sup>/га, III класс бонитета, ягодниковая группа типов леса (пробная площадь № 8, справа). Фото В. А. Усольцева

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При моделировании возрастной динамики биомассы кедр сибирского за основу взята методика построения аналогичных моделей и таблиц возрастной динамики биомассы ивы и ольхи серой в Архангельской области как рекурсивной системы связанных регрессионных уравнений [5; 10]. В данном исследовании рекурсивная система моделей имеет общий вид:

$$\begin{aligned} \ln H_{cp} &= a_0 + a_1(\ln A) \rightarrow \\ \rightarrow \ln D_{cp} &= a_0 + a_1(\ln A) + a_2(\ln H_{cp}) \rightarrow \\ \rightarrow \ln(N/1000) &= a_0 + a_1(\ln A) + a_2(\ln D_{cp}) + a_3(\ln H_{cp}) \rightarrow \\ \rightarrow \ln M &= a_0 + a_1(\ln A) + a_2(\ln D_{cp}) + a_3(\ln N/1000) \rightarrow \\ \rightarrow \ln P_s &= a_0 + a_1(\ln A) - a_2(\ln A)^2 + a_3(\ln D_{cp}) + \\ &+ a_4(\ln N/1000); \\ \ln P_b &= a_0 + a_1(\ln A) + a_2(\ln D_{cp}) + a_3(\ln N/1000); \\ \ln P_f &= a_0 + a_1(\ln A) - a_2(\ln A)^2 + a_3(\ln D_{cp}) + \\ &+ a_4(\ln N/1000); \\ \ln P_a &= a_0 + a_1(\ln A) + a_2(\ln D_{cp}) + a_3(\ln N/1000). \quad (1) \end{aligned}$$

Поскольку известно, что культуры и естественные древостои могут с возрастом по-разному реагировать на изменение внешних условий [32], на предварительном этапе была предпринята попытка выявить степень достоверности различия системы моделей (1) для культур и естественных кедровников. С этой целью модели (1) были дополнены бинарной переменной [3], кодирующей принадлежность исходных данных к культурам или естественным древостоям. Оказалось, что из восьми анализируемых показателей для шести из них бинарная переменная была статистически не значима на уровне вероятности  $p < 0,05$  (от 0,03 до 1,8, что меньше  $t_{05} = 2,0$ ). В результате бинарная переменная была исключена из структуры моделей (1), и дальнейший анализ выполнен по совмещенному массиву исходных данных.

Согласно рекурсивному принципу построения взаимозависимых моделей [17], второе звено системы (1) должно включать зависимость  $\ln D_{cp} = a_0 + a_1(\ln A) + a_2(\ln H_{cp})$ . Однако вследствие мультиколлинеарности  $A$  и  $H_{cp}$  вторая независимая переменная оказалась статистически не значимой и была исключена из расчета модели. По аналогичной причине оказались статистически не значимыми переменные  $A$  и  $H_{cp}$  в третьем звене системы, и рассчитана зависимость  $\ln(N/1000) = a_0 - a_2(\ln D_{cp})$ . В окончательном виде в системе моделей (1), полученных посредством

многофакторного регрессионного анализа, приведены только коэффициенты регрессии, значимые на уровне вероятности  $p < 0,05$  и выше. При этом их свободный член скорректирован на логарифмическое преобразование (табл. 2).

О степени адекватности системы моделей (1) можно судить по соотношению эмпирических и расчетных значений надземной биомассы древостоев (рис. 3).

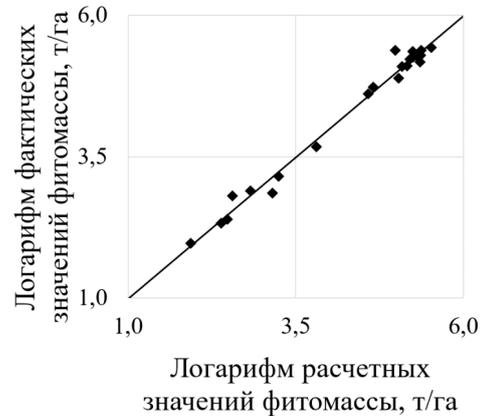


Рис. 3. Соотношение фактических и расчетных значений надземной биомассы кедровников Урала

Путем последовательного табулирования системы моделей (1) в направлении, показанном стрелками, получена таблица биологической продуктивности кедровников Урала (табл. 3).

Ранее по материалам базы данных о биомассе 135 пробных площадей, заложенных в древостоях кедр сибирского и корейского (*Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.) [12], были рассчитаны регрессионные модели конверсионно-объемных коэффициентов для фракций биомассы для подрода 5-хвойных кедров в целом. Для Урала фактические данные на тот период отсутствовали, и модели были рассчитаны по исходным данным названных двух видов кедр, полученным на территории Сибири и Дальнего Востока. Независимые переменные моделей включали основные таксационные показатели древостоев пробных площадей. Модели были дифференцированы по экорегионам Урала, Сибири и Дальнего Востока, и их коэффициенты детерминации для различных фракций биомассы варьировали в диапазоне от 0,91 до 0,99 [13].

Таблица 2  
Характеристика рекурсивной системы моделей (1)

Зависимая переменная	Регрессионные коэффициенты					adjR <sup>2</sup> *	SE*
	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> (lnA)	a <sub>2</sub> (lnA) <sup>2</sup>	a <sub>3</sub> (lnD <sub>cp</sub> )	a <sub>4</sub> ln(N/1000)		
ln H <sub>cp</sub>	-1,3381	0,9536		-	-	0,966	0,13
ln D <sub>cp</sub>	-0,8241	0,8562		-	-	0,905	0,20
ln (N/1000)	2,2927	-		-0,7316	-	0,639	0,35
ln M	-3,9977	0,6978		2,2309	1,0534	0,993	0,12
ln P <sub>s</sub>	-8,9040	2,9422	-0,2746	2,0272	1,0016	0,990	0,14
ln P <sub>b</sub>	-2,8141	-0,4049	-	2,4657	1,1965	0,948	0,20
ln P <sub>f</sub>	5,6336	-5,0163	0,5896	2,3289	1,1334	0,938	0,19
ln P <sub>a</sub>	-3,1563	0,3457	-	2,2047	1,0672	0,984	0,15

Примечание. \* adjR<sup>2</sup> – коэффициент детерминации, скорректированный на число переменных; SE – стандартная ошибка уравнения.

**Таблица 3**  
**Возрастная динамика надземной биомассы древостоев кедров сибирского на Урале**

A, лет	H <sub>ср</sub> , м	D <sub>ср</sub> , см	N/1000, экз/га	M, м <sup>3</sup> /га	Биомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га*			
					Ps	Pb	Pf	Pa
20	4,6	5,7	2,771	21,1	7,4	4,4	3,0	14,8
30	6,7	8,1	2,149	46,5	18,6	6,5	3,1	28,2
40	8,8	10,3	1,795	81,5	34,1	8,6	3,5	46,2
50	10,9	12,5	1,561	125,8	52,9	10,6	4,1	67,7
60	13,0	14,6	1,392	179,5	74,2	12,6	4,9	91,7
70	15,1	16,7	1,264	242,3	97,3	14,6	5,9	117,9
80	17,1	18,7	1,163	314,3	121,8	16,6	7,1	145,5
90	19,2	20,7	1,080	395,4	147,2	18,6	8,5	174,3
100	21,2	22,6	1,011	485,5	173,3	20,6	10,1	204,0
110	23,2	24,5	0,952	584,5	199,9	22,5	11,9	234,4
120	25,2	26,4	0,902	692,5	226,7	24,5	14,0	265,2

*Примечание.* \* Значение надземной биомассы Pa получено сложением расчетных значений биомассы ствола в коре, ветвей и листвы.

Региональные модели для Урала были совмещены с ТХР нормальных и модальных кедровников путем табулирования их по таксационным показателям соответствующих ТХР, и результаты полученных совмещенных таблиц хода роста по биомассе кедровников были опубликованы в сборнике таблиц биологической продуктивности лесобразующих пород Северной Евразии [13]. Представляет интерес сравнение данных таблиц биологической продуктивности нормальных и модальных кедровников Урала с данными табл. 3.

ТХР нормальных кедровников были составлены для водораздельного северо- и среднетаежного среднегорного высотного пояса Урала (500–700 м над ур. м.) Е. П. Смолоноговым и П. Ф. Трусовым (цит. по: [8]). Их показатели средней высоты и густоты были существенно ниже соответствующих показателей табл. 3. В итоге запас стволовой древесины в таблицах биологической продуктивности, совмещенных с ТХР нормальных кедровников, оказался ниже по отношению к запасам табл. 3 в 4–10 раз в диапазоне возраста от 40 до 120 лет, а надземная биомасса в том же возрастном диапазоне – ниже в 2–5 раз.

ТХР модальных кедровников были составлены для долгомошно-мелкотравного типа леса равнинного средне- и южнотаежного Урала Е. П. Смолоноговым с соавторами (цит. по: [8]). Запас в таблице биологической продуктивности, совмещенной с названной ТХР, оказался в возрасте 20 лет выше на 30 %, а в возрасте 120 лет – ниже в 3,3 раза по отношению к соответствующим показателям табл. 3. Соответственно надземная биомасса в возрасте 20 лет оказалась выше в 1,8 раза, а в возрасте 120 лет – ниже в 2 раза по отношению к соответствующим показателям табл. 3.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по материалам 9 пробных площадей, заложенных в культурах кедров сибирского в возрасте от 17 до 46 лет и 13 пробных площадей, заложенных в естественных кедровниках в возрасте от 82 до 118 лет, разработана рекурсивная система регрессионных моделей надземной биомассы (т/га) по фракционному составу, описывающих ее зависимость от

основных таксационных показателей древостоев. Моделирование с применением бинарной переменной, кодирующей принадлежность данных к культурам или естественным древостоям, показало отсутствие статистической значимости бинарной переменной на уровне вероятности  $p < 0,05$  (от 0,03 до 1,8, что меньше  $t_{05} = 2,0$ ). Дальнейший регрессионный анализ, выполненный по совмещенному массиву исходных данных, показал, что таксационные показатели, включенные в модели качестве независимых переменных, объясняют изменчивость фракций надземной биомассы на уровне от 94 до 99 %.

Путем последовательного табулирования системы моделей биомассы для кедровников Урала впервые по собственным данным авторов получена таблица биологической продуктивности по фракциям надземной биомассы. Сопоставление полученных таблиц с ранее составленными таблицами биопродуктивности на основе ТХР модальных и нормальных кедровников показало наличие существенных расхождений. Повидимому, при оценке биомассы и углерод депонирующей способности кедровников Урала предпочтительнее следует оказывать предложенным моделям и таблицам, которые, в отличие от ранее опубликованных таблиц, дают возможность совмещать их с разными наборами таксационных показателей, получаемых при инструментальной таксации, а также при осуществлении государственного учета кедровников.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Боханова Н. С. Эскиз таблиц биологической продуктивности пойменных дубрав // Вопросы таксации и лесоустройства. М. : ЦБНТИ, 1971. С. 8–10.
2. Габделхаков А. К. Фитомасса липняков лесостепи Башкирского Предуралья : автореф. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук : Айдар Кавилович Габделхаков, 06.03.02. Йошкар-Ола, 1997. 24 с.
3. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М. : Статистика, 1973. 392 с.
4. Замолотчиков Д. Г., Уткин А. И., Коровин Г. Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // Лесоведение. 1998. № 3. С. 84–93.

5. Карабан А. А., Усольцев В. А., Третьяков С. В. и др. Возрастная динамика биомассы древостоев ольхи серой в условиях Архангельской области // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 2. С.177–178. DOI: 10.51318/FRET.2024.89.2.019.
6. Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
7. Красиков И. И. Динамика надземной фитомассы лиственных древостоев Южной Эвенкии // Лиственница и ее комплексная переработка : межвуз. сб. науч. тр. Красноярск : СибТИ, 1987. С. 23–27.
8. Лесотаксационный справочник для лесов Урала. М. : Госкомлес СССР, 1991. 483 с.
9. Макаренко А. А., Маленко А. А. Структура фитомассы молодняков сосны ленточных боров Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1984. № 6. С. 79–82.
10. Возрастная динамика биомассы ивняков Архангельской области / А. А. Парамонов, В. А. Усольцев, С. В. Третьяков и др. // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 19–29. DOI 10.51318/FRET.2022.27.41.002.
11. Усольцев В. А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. Екатеринбург : УрО РАН, 1998. 541 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3224>).
12. Усольцев В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2001. 708 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3280>).
13. Усольцев В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2002. 762 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3302>).
14. Усольцев В. А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург : УрО РАН, 2007. 636 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3281>).
15. Количественная и квалиметрическая составляющие биологической продуктивности кедровников Урала / В. А. Усольцев, И. С. Лазарев, В. В. Крудышев, Н. В. Сенчило // Сборник научных трудов ученых и специалистов факультета экономики и управления УГЛУ. Вып. 3. Екатеринбург: УГЛУ, 2012. С. 261–270.
16. Использование регрессионной модели при анализе конверсионно-объемных коэффициентов фитомассы ольхи в географических градиентах Евразии // Лесной вестник / В. А. Усольцев, И. С. Цепордей, А. А. Карабан и др. // Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 2. С. 156–165. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-156-165.
17. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. М. : Статистика, 1977. 200 с.
18. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы) / А. З. Швиденко, Д. Г. Щепаченко, С. Нильссон и др. М. : МПР РФ, 2006. 803 с.
19. Щепаченко Д. Г., Швиденко А. З., Шалаев В. С. Биологическая продуктивность и бюджет углерода лиственных лесов Северо-Востока России. М. : МГУЛ, 2008. 296 с.
20. Temporal variations and distribution of carbon stocks in aboveground biomass of radiata pine and maritime pine pure stands under different silvicultural alternatives / M. Balboa-Murias, R. Rodríguez Soalleiro, A. Merino et al. // Forest Ecology and Management. 2006. Vol. 237. P. 29–38.
21. Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate / D. I. Forrester, I. H. H. Tachauer, P. Annighoefer et al. // Forest Ecology and Management. 2017. Vol. 396. P. 160–175.
22. Picard N., Saint-André L., Henry M. Manual for building tree volume and biomass allometric equations from field measurement to prediction. FAO, Rome, 2012. 215 p.
23. Saldarriaga J. G., West D. C., Tharp M. L. et al. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela // Journal of Ecology. 1988. Vol. 76, No. 4. P. 938–958.
24. Schepaschenko D., Moltchanova E., Shvidenko A. et al. Improved estimates of biomass expansion factors for Russian forests // Forests. 2018. Vol. 9. Article 312.
25. Sileshi G. W. A critical review of forest biomass estimation models, common mistakes and corrective measures // Forest Ecology and Management. 2014. Vol. 329. P. 237–254.
26. Somogyi Z. Theory of global environmental sustainability. University of Sopron, Forest Research Institute, Hungary, 2024. 52 p. <https://scientia.hu/honnantudod/theory-of-global-environmental-sustainability/>.
27. Usoltsev V. A. Principles and methods of compiling stand bioproductivity tables // Soviet Forest Sciences. 1988. No. 2. P. 23–32. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3302>).
28. Usoltsev V. A., Hoffmann C. W. A preliminary crown biomass table for even-aged *Picea abies* stands in Switzerland // Forestry. 1997. Vol. 70. No. 2. P. 103–112.
29. Augmentative modeling: A pattern for *Populus* spp. stand biomass in the Eurasia under the influence of climate change / V. A. Usoltsev, S. O. R. Shobairi, I. S. Tsepordey et al. // Journal of Climatology & Weather Forecasting. 2020a. Vol. 8, No. 3. Article 259. Doi: 10.35248/2332-2594.2020.8.259.
30. Usoltsev V. A., Shobairi O., Chasovskikh V. P. Additive allometric model of *Quercus* spp. stand biomass for Eurasia // Ecological Questions. 2020b. Vol. 31 (2). P. 39–46. DOI: 10.12775/EQ.2020.012.
31. Additive model of above-ground biomass of larch single-trees related to age, DBH and height, sensitive to temperature and precipitation in Eurasia / V. A. Usoltsev, S. O. R. Shobairi, I. S. Tsepordey et al. // Journal of Applied Sciences & Environmental Management. 2020c. Vol. 24 (10). P. 1759–1766. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v24i10.8>.
32. Are there differences in the response of natural stand and plantation biomass to changes in temperature and precipitation? A case for two-needled pines in Eurasia / V. A. Usoltsev, O. Shobairi, I. S. Tsepordey et al. // Journal of Resources and Ecology. 2020d. Vol. 11, No. 4. P. 331–341. DOI: 10.5814/j.issn.1674-764x.2020.04.001.
33. Usoltsev V. A., Vanclay J. K. Stand biomass dynamics of pine plantations and natural forests on dry

steppe in Kazakhstan // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 1995. Vol. 10. P. 305–312.

34. Patterns of biomass and carbon distribution across a chronosequence of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) forests / J. Zhao, F. Kang, L. Wang et al. // *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9 (4). Article e94966.

## REFERENCES

1. Bohanova N. S. Eskiz tablic biologicheskoy produktivnosti pojmyennyh dubrav // *Voprosy taksacii i lesoustrojstva*. M. : CBNTI, 1971. S. 8–10.

2. Gabeldakov A. K. Fitomassa lipnyakov lesostepi Bashkirskogo Predural'ya : avtoreferat dis. ... kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk : Ajdar Kavilovich Gabeldakov, 06.03.02. Joshkar-Ola, 1997. 24 s.

3. Drejper N., Smit G. Prikladnoj regressionnyj analiz. M. : Statistika, 1973. 392 s.

4. Zamolodchikov D. G., Utkin A. I., Korovin G. N. Opredelenie zapasov ugleroda po zavisimym ot vozrasta nasazhdenij konverzionno-ob'emnym koefitsientam // *Lesovedenie*. 1998. № 3. S. 84–93.

5. Vozrastnaya dinamika biomassy drevostoev ol'hi seroj v usloviyah Arhangel'skoj oblasti / A. A. Karaban, V. A. Usol'cev, S. V. Tret'yakov i dr. // *Lesa Rossii i hozyajstvo v nih*. 2024. № 2. S. 177–178. DOI: 10.51318/FRET.2024.89.2.019.

6. Kolesnikov B. P., Zubareva R. S., Smolonogov E. P. Lesorastitel'nye usloviya i tipy lesov Sverdlovskoj oblasti. Sverdlovsk : UNC AN SSSR, 1973. 176 s.

7. Krasikov I. I. Dinamika nadzemnoj fitomassy listvennichnyh drevostoev Yuzhnoj Evenkii // *Listvennica i ee kompleksnaya pererabotka : mezhvuz. sb. nauchn. trudov*. Krasnoyarsk : SibTI, 1987. S. 23–27.

8. Lesotaksacionnyj spravochnik dlya lesov Urala. M. : Goskomles SSSR, 1991. 483 s.

9. Makarenko A. A., Malenko A. A. Struktura fitomassy molodnyakov sosny lentochnyh borov Kazahstana // *Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki Kazahstana*. 1984. № 6. S. 79–82.

10. Vozrastnaya dinamika biomassy ivnyakov Arhangel'skoj oblasti / A. A. Paramonov, V. A. Usol'cev, S. V. Tret'yakov i dr. // *Lesa Rossii i hozyajstvo v nih*. 2023. № 1. S. 19–29. DOI 10.51318/FRET.2022.27.41.002.

11. Usol'cev V. A. Formirovanie bankov dannyh o fitomasse lesov. Ekaterinburg : UrO RAN, 1998. 541 s. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3224>).

12. Usol'cev V. A. Fitomassa lesov Severnoj Evrazii: baza dannyh i geografiya. Ekaterinburg : Izd-vo UrO RAN, 2001. 708 s. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3280>).

13. Usol'cev V. A. Fitomassa lesov Severnoj Evrazii: normativy i elementy geografii. Ekaterinburg : Izd-vo UrO RAN, 2002. 762 s. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3302>).

14. Usol'cev V. A. Biologicheskaya produktivnost' lesov Severnoj Evrazii: metody, baza dannyh i ee prilozheniya. Ekaterinburg : UrO RAN, 2007. 636 s. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3281>).

15. Kolichestvennaya i kvalimetriceskaya sostavlyayushchie biologicheskoy produktivnosti kedrovnikov Urala / V. A. Usol'cev, I. S. Lazarev, V. V. Krudyshev,

N. V. Senchilo // *Cbornik nauchnyh trudov uchenykh i specialistov fakul'teta ekonomiki i upravleniya UGLTU*. Vyp. 3. Ekaterinburg : UGLTU, 2012. S. 261–270.

16. Ispol'zovanie regressionnoj modeli pri analize konversi-onno-ob'emnyh koefitsientov fitomassy ol'hi v geograficheskikh gradientah Evrazii / V. A. Usol'cev, I. S. Cepordej, A. A. Karaban i dr. // *Lesnoj vestnik / Forestry Bulletin*, 2024. T. 28. № 2. S. 156–165. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-156-165.

17. Chetyrkin E. M. Statisticheskie metody prognozirovaniya. M. : Statistika, 1977. 200 s.

18. Tablicy i modeli hoda rosta i produktivnosti nasazhdenij osnovnyh lesoobrazuyushchih porod Severnoj Evrazii (normativno-spravochnye materialy) / A. Z. Shvidenko, D. G. Shchepashchenko, S. Nil'sson i dr. M. : MPR RF, 2006. 803 s.

19. Shchepashchenko D. G., Shvidenko A. Z., Shalaev V. S. Biologicheskaya produktivnost' i byudzhety ugleroda listvennichnyh lesov Severo-Vostoka Rossii. M. : MGUL, 2008. 296 s.

20. Temporal variations and distribution of carbon stocks in aboveground biomass of radiata pine and maritime pine pure stands under different silvicultural alternatives / M. Balboa-Murias, R. Rodríguez Soalleiro, A. Merino et al. // *Forest Ecology and Management*. 2006. Vol. 237. P. 29–38.

21. Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate / D. I. Forrester, I. H. H. Tachauer, P. Annighoefer et al. // *Forest Ecology and Management*. 2017. Vol. 396. P. 160–175.

22. Picard N., Saint-André L., Henry M. Manual for building tree volume and biomass allometric equations from field measurement to prediction. FAO, Rome, 2012. 215 r.

23. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela / J. G. Saldarriaga, D. C. West, M. L. Tharp et al. // *Journal of Ecology*. 1988. Vol. 76. No. 4. P. 938–958.

24. Improved estimates of biomass expansion factors for Russian forests / D. Schepaschenko, E. Moltchanova, A. Shvidenko et al. // *Forests*. 2018. Vol. 9. Article 312.

25. Sileshi G. W. A critical review of forest biomass estimation models, common mistakes and corrective measures // *Forest Ecology and Management*. 2014. Vol. 329. P. 237–254.

26. Somogyi Z. Theory of global environmental sustainability. University of Sopron, Forest Research Institute, Hungary, 2024. 52 p. <https://scientia.hu/honnan tudod/theory-of-global-environmental-sustainability/>.

27. Usoltsev V. A. Principles and methods of compiling stand bioproductivity tables // *Soviet Forest Sciences*. 1988. No. 2. P. 23–32. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3302>).

28. Usoltsev V. A., Hoffmann C. W. A preliminary crown biomass table for even-aged *Picea abies* stands in Switzerland // *Forestry*. 1997. Vol. 70. No. 2. P. 103–112.

29. Augmentative modeling: A pattern for *Populus* spp. stand biomass in the Eurasia under the influence of climate change / V. A. Usoltsev, S. O. R. Shobairi, I. S. Tsepordej et al. // *Journal of Climatology & Weather*

Forecasting. 2020a. Vol. 8. No. 3. Article 259. Doi: 10.35248/2332-2594.2020.8.259.

30. Usoltsev V. A., Shobairi O., Chasovskikh V. P. Additive allometric model of *Quercus* spp. stand biomass for Eurasia // *Ecological Questions*. 2020b. Vol. 31 (2). P. 39–46. DOI: 10.12775/EQ.2020.012.

31. Usoltsev V. A., Shobairi S. O. R., Tsepordey I. S. et al. Additive model of above-ground biomass of larch single-trees related to age, DBH and height, sensitive to temperature and precipitation in Eurasia // *Journal of Applied Sciences & Environmental Management*. 2020s. Vol. 24 (10). P. 1759–1766. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v24i10.8>.

32. Usoltsev V. A., Shobairi O., Tsepordey I. S. et al. Are there differences in the response of natural stand and

plantation biomass to changes in temperature and precipitation? A case for two-needled pines in Eurasia // *Journal of Resources and Ecology*. 2020d. Vol. 11, No. 4. P. 331–341. DOI: 10.5814/j.issn.1674-764x.2020.04.001.

33. Usoltsev V. A., Vanclay J. K. Stand biomass dynamics of pine plantations and natural forests on dry steppe in Kazakhstan // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 1995. Vol. 10. P. 305–312.

34. Zhao J., Kang F., Wang L. et al. Patterns of biomass and carbon distribution across a chronosequence of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) forests // *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9 (4). Article e94966.

© Усольцев В. А., Терехов Г. Г., 2025

---

Поступила в редакцию 09.01.2025  
Принята к печати 20.05.2025

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ 1–7-ЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ОТ РАМЕТ ПЛЮСОВОГО ДЕРЕВА 100/64, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА УЧАСТКЕ «ГСП»

Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова\*, С. В. Попова, Ю. Е. Щерба

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31

\*E-mail: butorova.olga@mail.ru

**Аннотация.** Большое внимание уделяется созданию плантационных культур целевого назначения, в том числе сосны кедровой сибирской на урожайность и стволовую продуктивность. В связи с этим актуальны исследования, направленные на изучение полиморфизма хвойных видов, проведение отбора ценных экземпляров для размножения и выращивания сортового посадочного материала. Цель исследований: изучить изменчивость и отселектировать сеянцы сосны кедровой сибирской от рамет плюсового дерева № 100/64, произрастающих на гибридно-семенной плантации (ГСП) кафедры селекции и озеленения СибГУ им. М. Ф. Решетнева, расположенной на территории Караульного лесничества Учебно-опытного лесхоза. Маточное плюсовое дерево, произрастающее в Колыванском лесничестве Новосибирской области, было аттестовано по семенной продуктивности в 1977 году и размножено прививкой в 1988 году. Для изучения изменчивости семенного потомства были отселектированы в 2017 году урожайные раметы № 7-18 и 22-17. У сеянцев измеряли биометрические показатели (высоту, текущий прирост побега, диаметр стволика, длину первичной, пучковой хвои, семядолей), определяли количество первичной хвои, семядолей. Установлено достоверное различие между раметами по длине семядолей, высоте сеянцев, текущему приросту побега, длине первичной, пучковой хвои. Между высотой, диаметром стволика, приростом и длиной хвои наблюдается значительная связь как в 5-летнем, так и в 7-летнем возрасте. Отселектированы сеянцы по интенсивности роста и длине хвои. Выделенные растения рекомендуется использовать для создания лесосеменных плантаций.

**Ключевые слова:** сосна кедровая сибирская, плюсовое дерево, рамета, сеянцы, изменчивость, корреляция, отбор.

*Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 37–43*

## VARIABILITY OF 1–7-YEAR-OLD SEEDLINGS OF SIBERIAN PINE FROM THE PLUS TREE 100/64 RAMETS GROWING ON THE SITE “GSP”

R. N. Matveeva, O. F. Butorova\*, S. V. Popova, Y. E. Shcherba

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

\*E-mail: butorova.olga@mail.ru

**Annotation.** Much attention is paid to the creation of plantation crops for special purposes, including Siberian pine for yield and stem productivity. In this regard, research aimed at studying the polymorphism of coniferous species, selecting valuable specimens for reproduction and cultivation of varietal planting material is relevant. The aim of the research was to study the variability and select seedlings of Siberian pine from the ramets of the plus tree No 100/64 growing on a hybrid-seed plantation (GSP) of the Department of Breeding and Landscaping of the Siberian State University named after M. F. Reshetnev, located on the territory of the Karaulny forestry of the Educational and Experimental Forestry. The mother plus tree, growing in the Kolyvansky forestry of the Novosibirsk region, was certified for seed productivity in 1977 and propagated by grafting in 1988. To study the variability of seed progeny, yield ramets No 7-18 and 22-17 were selected in 2017. In seedlings, biometric indicators were measured (height, current shoot growth, trunk diameter, length of primary, tufted needles, cotyledons), the number of primary needles and cotyledons was determined. A significant difference between ramets in the length of cotyledons, the height of seedlings, the current growth of the shoot, and the length of primary needles has been established. There is a significant relationship between the height, trunk diameter, growth and length of needles both at 5 and 7 years of age. Seedlings were selected according to the intensity of growth and the length of needles. The selected plants are recommended for the creation of forest seed plantations.

**Keywords:** Siberian pine, plus tree, rameta, seedlings, variability, correlation, selection.

## ВВЕДЕНИЕ

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) – это уникальная орехоплодная древесная порода, являющаяся основным лесообразующим видом Сибири. Она характеризуется высоким уровнем полиморфизма. Большое внимание уделяется созданию плантационных культур целевого назначения на урожайность и стволовую продуктивность [9; 13; 14; 20 и др.].

По вопросу выращивания селекционного посадочного материала сосны кедровой сибирской имеются работы многих авторов [5; 6; 11; 16; 21; 22; 23; 26; 27 и др.].

В связи с этим актуальны исследования, направленные на изучение полиморфизма хвойных видов, проведение отбора ценных форм для размножения и выращивания сортового посадочного материала [10; 15; 25; 28 и др.]. Для этих целей целесообразно использовать посадочный материал с ценными генетико-селекционными свойствами. Проявление генетических признаков плюсовых деревьев и их клонов в конкретных условиях произрастания определяется путем изучения семенного потомства [2–4; 14; 19 и др.]. Поэтому особое внимание уделяется применению методов ранней диагностики [7; 8; 18; 19; 24 и др.].

**Цель исследований:** изучить изменчивость сеянцев сосны кедровой сибирской от рамет плюсового дерева № 100/64, произрастающих на гибридно-семенной плантации (ГСП) кафедры селекции и озеленения СибГУ им. М. Ф. Решетнева, расположенной на территории Караульного лесничества Учебно-опытного лесхоза.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования явилось семенное потомство рамет плюсового дерева, произрастающего в Колыванском лесничестве Новосибирской области, аттестованного по семенной продуктивности в 1977 году и размноженного прививкой в 1988 году. Раметы были посажены на гибридно-семенной плантации (ГСП) в Караульном лесничестве Учебно-опытного лесхоза СибГУ. Проанализирована изменчивость 1–7-летнего семенного потомства отселектированных в 2017 году урожайных рамет № 7-18 и 22-17.

У сеянцев измеряли высоту, текущий прирост побега, диаметр стволика, длину первичной, пучковой хвои, семядолей, определяли количество первичной, пучковой хвои, семядолей. Уровень изменчивости показателей оценивали по шкале С. А. Мамаева [17]. Достоверность различий устанавливали по *t*-критерию. Данные обрабатывали статистически с использованием программ Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Однолетние сеянцы в семьях рамет № 7-18 и 22-17 имели среднюю высоту 4,2±0,39 см и 5,2±0,40 см при высоком и очень высоком уровнях варьирования. По высоте, количеству первичной хвои и длине семядолей однолетние сеянцы раметы № 22-17 отличались более высокими значениями, превышая растения в варианте № 7-18 по высоте на 23,8 %, количеству первичной хвои – на 23,5 %, длине семядолей – на 19,2 %, но достоверное различие подтверждается только по длине семядолей.

В двухлетнем возрасте сеянцы раметы № 22-17 имели большую высоту, текущий прирост побега, длину хвои, чем сеянцы раметы № 7-18 (рис. 1).

Средняя высота двухлетних сеянцев от раметы № 22-17 превышала на 32,1 %, приросту – на 46,7 %, длине хвои – на 47,4 % показатели растений от раметы № 7-18. Достоверность различий подтверждается статистически ( $t_{\Phi} > t_{05}$ ). Коэффициент изменчивости варьировал от 11,4 % (диаметр стволика) до 37,4 % (длина хвои). То есть по высоте и длине хвои уровень вариации высокий; текущему приросту побега и диаметру стволика – средний и высокий.

Трехлетние сеянцы имели среднюю высоту 8,2 и 9,3 см. Достоверное различие между семьями подтвердилось только по текущему приросту побега. Высота и длина верхушечных почек характеризовались средним уровнем изменчивости, по приросту – высоким, по длине хвои – средним и высоким

В четырехлетнем возрасте высота, длина хвои, диаметр стволика, количество почек сеянцев раметы № 22-17 были больше, чем у сеянцев раметы № 7-18. Установлено, что сеянцы раметы № 22-17 в четырехлетнем возрасте имели высоту на 36,8 % больше, диаметр стволика – на 36,4 % в сравнении с сеянцами раметы № 7-18 (рис. 2).

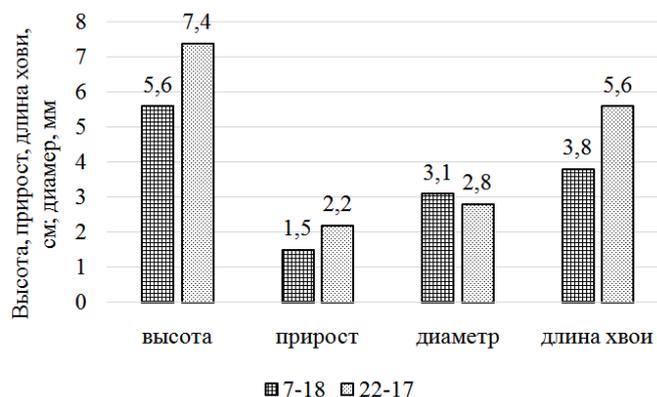


Рис. 1. Показатели двухлетних сеянцев рамет плюсового дерева № 100/64 урожая 2017 года

В четырехлетнем возрасте сеянцы рамыты № 7-18 отличались более длинной хвоей (6,8 см), что на 19,3 % больше, чем в варианте 22-17 при среднем и высоком уровнях варьирования. Коэффициент изменчивости равен от 13,4 до 37,6 %. Наибольшая изменчивость отмечена по количеству верхушечных почек.

У пятилетних сеянцев высота, диаметр стволика, длина хвои рамыты № 7-18 и № 22-17 не имели существенных различий. Достоверное превышение установлено только по текущему приросту побега: в потомстве рамыты № 7-18 прирост был на 46,2 % больше, чем у семьи № 22-17 ( $t_{\phi} > t_{05}$ ).

Коэффициент изменчивости показателей сеянцев рамыты № 7-18 равен 5,6–31,9 %, рамыты № 22-17 – 17,6–24,4 %.

Определено наличие корреляции между изучаемыми показателями (табл. 1).

Между высотой, приростом и диаметром стволика; приростом и длиной хвои наблюдается значительная связь, длиной хвои и диаметром стволика – умеренная.

Динамика роста сеянцев в 1–5-летнем возрасте приведена на рис. 3.

Установлено, что к 2-летнему возрасту высота сеянцев увеличилась на 33,3–42,3 %, к 3-летнему возрасту – на 24,3–46,4 %, 4-летнему – на 6,1–28,0 %, 5-летнему – на 10,1–46,0 %. Интенсивный рост сеянцев рамыты № 22-17 сохраняется в течение пяти лет.

Высота шестилетних сеянцев разных рамыты варьировала от 7,0 до 31,6 см при средних значениях 18,1 и 20,6 см. Сеянцы рамыты № 22-17 имели большие значения по всем показателям. Высота сеянцев в семье рамыты № 22-17 была больше на 13,8 %, диаметр стволика – на 18,3 %, количество верхушечных почек – на 20,0 %, длина хвои – на 9,2 %. Достоверность различий между вариантами по высоте, диаметру стволика, длине хвои подтверждается статистически ( $t_{\phi} > t_{05}$ ). Коэффициент варьирования изменяется от 19,3 % (длина хвои) до 68,9 % (текущий прирост побега), что свидетельствует о средней, высокой и очень высокой вариации показателей.

Средняя высота 7-летнего семенного потомства составила 27,5 и 31,9 см. Сеянцы рамыты № 22-17 имеют высоту на 16,0 % больше, чем рамыты № 7-18. Варьирование в семье 7-18 высокое, 22-17 – среднее (табл. 2).

По диаметру стволика различие между семьями составляет 7,5 % и не подтверждается статистически ( $t_{\phi} < t_{05}$ ).

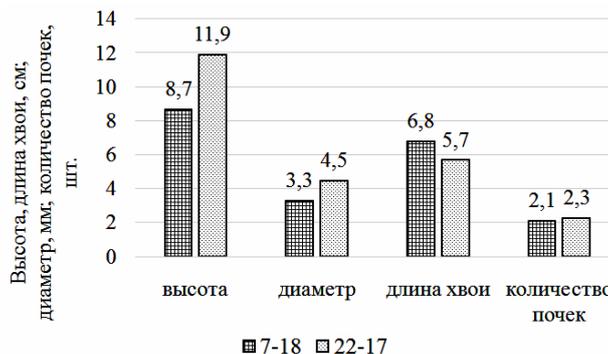
Текущий прирост побега сеянцев в варианте № 22-17 больше на 38,5 %, уровень варьирования высокий и очень высокий.

По количеству верхушечных почек, длине почек, длине хвои сеянцы в сравниваемых семьях не имеют достоверных различий (табл. 3).

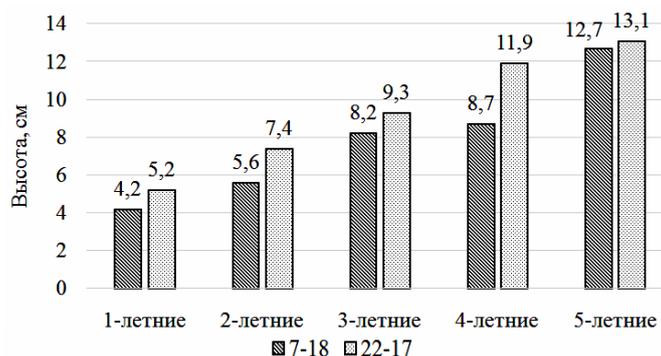
Проведено ранжирование сеянцев по высоте (рис. 4).

**Таблица 1**  
Коэффициенты корреляции между показателями пятилетних сеянцев

Показатель	<i>r</i>	Степень тесноты связи
Высота и диаметр стволика	0,567	значительная
Прирост и диаметр стволика	0,647	значительная
Прирост и длина хвои	0,610	значительная
Длина хвои и диаметр стволика	0,321	умеренная



**Рис. 2.** Показатели 4-летних сеянцев



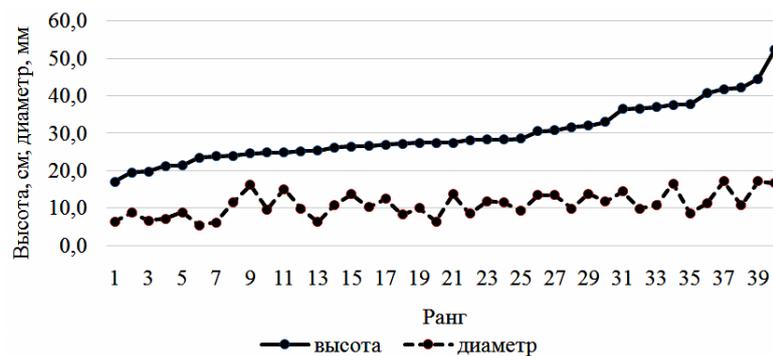
**Рис. 3.** Динамика роста сеянцев 1–5-летнего возраста

**Таблица 2**  
**Показатели 7-летних сеянцев**

Номер раметы (семьи)	$X_{cp}$	$\pm m$	$V, \%$	$t_{\phi}$ при $t_{05} = 2,02$
Высота, см				
7-18	27,5	2,12	34,5	1,73
22-17	31,9	1,39	19,5	–
Диаметр стволика, мм				
7-18	10,6	0,77	32,6	0,79
22-17	11,4	0,65	25,4	–
Текущий прирост, см				
7-18	5,2	0,50	67,3	2,37
22-17	7,2*	0,68	49,5	–

**Таблица 3**  
**Количество, длина почек и хвои у 7-летних сеянцев**

Номер раметы (семьи)	$X_{cp}$	$\pm m$	$V, \%$	$t_{\phi}$ при $t_{05} = 2,02$
Количество почек, шт.				
7-18	4,6	0,42	57,4	0,72
22-17	5,0	0,36	32,2	–
Длина почек, см				
7-18	1,3	0,08	27,1	–
22-17	1,2	0,06	22,3	1,01
Длина хвои, см				
7-18	7,2	0,50	31,4	0,63
22-17	7,6	0,38	22,2	–



**Рис. 4. Высота и диаметр стволика 7-летних сеянцев**

Высота растений изменяется от 17,0 до 52,4 см, диаметр стволика колеблется от 5,4 до 17,2 см.

На рис. 5, 6 показаны динамика роста сеянцев, текущего прироста и длины хвои.

Среди семенного потомства выделены быстрорастущие (высота на 20 % и более), длиннохвойные (10,8–12,2 см) экземпляры, которые рекомендуются для последующего размножения (табл. 5).

Наибольшее превышение по высоте отмечено у сеянца № 12 раметы 7-18 (76,4 %). У потомства раметы 22-17 превышение установлено у сеянцев № 18

(49,8 %) и № 10 (42,1 %) в сравнении со средним значением по опыту.

Отселектированы семилетние сеянцы по длине хвои (табл. 6).

Выделены сеянцы, у которых превышение в сравнении со средним значением составило 23,0–51,4 % (потомство раметы 7-18), 39,2–45,9 % (потомство раметы 22-17 сеянца).

Коэффициенты корреляции и теснота связи между показателями сеянцев в 7-летнем возрасте согласуются с данными, полученными в пятилетнем возрасте (табл. 8).

**Таблица 5**  
**Отселектированные семилетние сеянцы по высоте**

Номер раметы (семьи)	Номер сеянца	Высота		Номер раметы (семьи)	Номер сеянца	Высота	
		см	% превышения			см	% превышения
7-18	12	52,4	76,4	22-17	18	44,5	49,8
	11	41,8	40,7		10	42,2	42,1
	5	33,0	11,1		3	40,7	37,0
Среднее значение по опыту						29,7	100,0

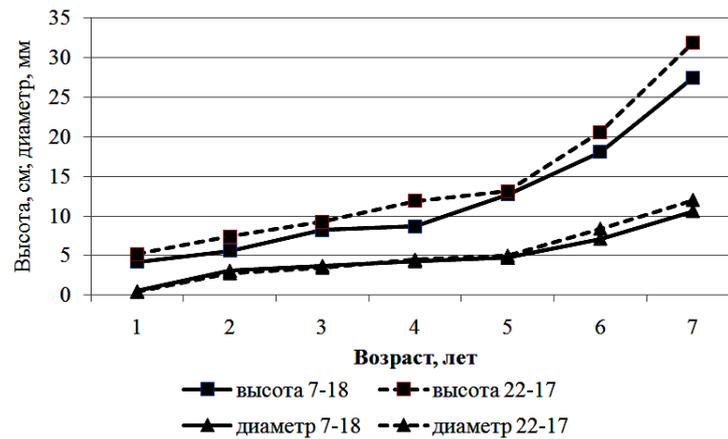


Рис. 5. Динамика роста сеянцев разных рамет

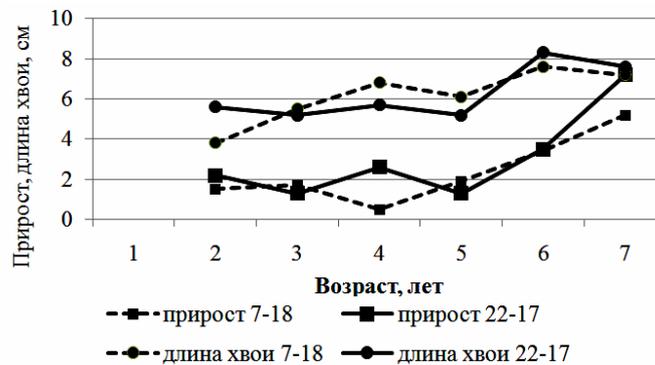


Рис. 6. Динамика текущего прироста и длины хвои 2-7-летних сеянцев

Таблица 6  
Отселектированные семилетние сеянцы по длине хвои

Номер раметы (семьи)	Номер сеянца	Длина хвои		Номер раметы (семьи)	Номер сеянца	Длина хвои	
		см	% превышения			см	% превышения
7-18	14	12,2	51,4	22-17	14	10,8	45,9
	20	9,3	25,7		11	10,5	41,9
	8	9,1	23,0		18	10,3	39,2
Среднее значение по опыту						7,4	100,0

Таблица 7  
Коэффициенты корреляции между показателями семилетних сеянцев

Показатель	$r$	Степень тесноты связи
Высота и диаметр стволика	0,584	значительная
Прирост и диаметр стволика	0,521	значительная
Прирост и длина хвои	0,541	значительная
Длина хвои и диаметр стволика	0,256	слабая

Подтвердилась тесная корреляционная зависимость между высотой, диаметром стволика, приростом и длиной хвои. Между длиной хвои и диаметром стволика корреляционная связь слабая.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований проанализирована изменчивость сеянцев сосны кедровой сибирской разных рамет одного клона (100/64). Выявлено значительное варьирование всех показателей в 1-7-летнем возрасте. По ряду показателей отмечено преимущество сеянцев от раметы № 22-17. Наибольшее

различие установлено по высоте растений и длине хвои. Имеется зависимость между высотой сеянцев, диаметром стволика, приростом и длиной хвои. Отселектированы сеянцы по высоте и длине хвои. Выделенные растения рекомендуется использовать для создания лесосеменных плантаций вегетативного происхождения целевого назначения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Бабиц Н. А., Хамитов Р. С. Рост сеянцев сосны кедровой сибирской в потомстве деревьев разных половых типов // Лесной журнал. 2018. № 1. С. 29–36.

2. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н., Орнатский А. Н. Селекционно-генетические аспекты лесного семеноводства // Труды факультета лесного хозяйства Нижегородской ГСХА. 2011. С. 5–34.

3. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н., Горелов А. Н. Индекс неидентичности в сравнительной оценке плюсовых деревьев сосны обыкновенной в архивах клонов в Нижегородской области // Сельские территории – основа развития страны: современное состояние, проблемы и перспективы. Нижний Новгород, 2022. С. 20–26.

4. Братилова Н. П., Орешенко С. А. Отбор ценных биотипов сосны кедровой сибирской по показателям их семенного потомства // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск : СибГУ, 2009. С. 10–13.

5. Особенности роста семенного потомства отселектированных по урожайности клонов сосны кедровой сибирской разного географического происхождения в условиях юга Средней Сибири / Н. П. Братилова, Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, Ю. Е. Щерба, А. Г. Кичильдеев, В. В. Комарницкий // Хвойные бореальной зоны. 2016. Т. XXXVII, № 5-6. С. 294–297.

6. Эндогенная изменчивость показателей роста и надземной фитомассы сосны кедровой корейской в искусственных насаждениях пригородной зоны Красноярска / Н. П. Братилова, В. Н. Калагин, А. В. Мантулина [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. 41, № 6. С. 459–465.

7. Брынцев В. А., Храмова М. И., Индивидуальная и семейственная изменчивость сеянцев сосны кедровой сибирской, выращенных из семян интродукционной популяции // Лесной вестник. 2011. № 5. С. 4–11.

8. Брынцев В. А., Храмова М. И. Изменчивость семенного потомства сосны кедровой сибирской при интродукции // Лесной журнал. 2013. № 6. С. 38–49.

9. Воробьева М. В., Жигулин Е. В., Залесов С. В., Коростелева М. В. Использование сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в озеленении г. Екатеринбург // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 7 (109). Ч. 1. С. 132–136.

10. Ганичев Г. П. Платационное выращивание лесных ресурсов // Лесной вестник. 2014. № 3. С. 43–46.

11. Данченко А. М., Кабанова С. А. Оценка роста полусибирского потомства сосны кедровой сибирской в открытом грунте и теплице // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. XXIV, № 2–3. С. 174–178.

12. Дроздов И. И. Исследования по выращиванию кедра сибирского во Владимирской области // Лесное хозяйство. 1970. № 10. С. 39–40.

13. Земляной А. И. О восстановлении кедровых лесов и создании селекционных плантаций кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) // ГЕО-Сибирь-2011. Новосибирск, 2011. Т. 3, ч. 2. С. 163–165.

14. Ирошников А. И., Твеленев М. В. Изучение генофонда, интродукции и селекции кедровых сосен // Лесоведение. 2001. № 4. С. 62–68.

15. Кривцов А. Е. О перспективах развития лесного селекционного семеноводства // Лесное хозяйство. 2001. № 1. С. 40.

16. Кузнецова Г. В. Межпопуляционная изменчивость размера шишек и массы семян сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica* Du Tour) // Хвойные бореальной зоны. 2022. Т. XL, № 5. С. 369–373.

17. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. Москва : Наука, 1972. 384 с.

18. Маслаков Е. Л., Маркова И. А., Шестакова Т. А. О возможности ранней диагностики быстрорастущих деревьев-лидеров // Лесоведение. 2001. № 1. С. 25–31.

19. Матвеева Р. Н., Батырев А. Ф., Мочалова Т. Н. Фотосинтетическая поверхность всходов – диагностический признак быстроты роста сеянцев кедра сибирского // Ресурсо- и энергосберегающие технологии в лесной промышленности. Красноярск : СТИ, 1988. С. 28–29.

20. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф. Генетика, селекция, семеноводство кедра сибирского. Красноярск : СибГТУ, 2000. 243 с.

21. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф. Исследования по выращиванию сосны кедровой сибирской за многолетний период // Хвойные бореальной зоны. 2022. Т. 40, № 5. С. 374–380.

22. Пастухова А. М. Изменчивость трехлетнего семенного потомства кедра сибирского от материнских растений разного географического происхождения // Вестник КрасГАУ. 2011. № 4. С. 95–98.

23. Смирнов Н. А. Выращивание посадочного материала для лесовосстановления. Москва : Лесная промышленность, 1981. С. 55–59.

24. Титов Е. В. Генетико-селекционная обусловленность показателей урожайности у кедра сибирского // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск, 1999. С. 13–14.

25. Титов Е. В. Районирование целевых плантаций // Цифровые технологии в лесной отрасли. Воронеж, 2022. С. 92–98.

26. Хамитов Р. С., Андропова М. А., Антонов А. М. Изменчивость сосны кедровой сибирской по урожайности шишек в условиях интродукции // Лесной журнал. 2018. № 3. С. 84–91.

27. Щерба Ю. Е., Кожухова М. Е. Меж- и внутрисемейная изменчивость 6-летних сеянцев *Pinus sibirica* Du Tour – потомств рамет плюсового дерева 94/58 // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск: СибГУ, 2023. С. 233–237.

28. Bauhus J., Schmerbeck J. Silvicultural options to enhance and use forest plantation biodiversity // Earth Ecosystem Goods. 2012. Pp. 96–128.

## REFERENCES

1. Babich N. A., Hamitov R. S. Rost seyancev sosny kedrovoy sibirskoj v potomstve derev'ev raznyh polovoj tipov // Lesnoj zhurnal. 2018. № 1. S. 29–36.
2. Besschetnov V. P., Besschetnova N. N., Ornat'skij A. N. Selekcionno-geneticheskie aspekty lesnogo semenovodstva // Trudy fakul'teta lesnogo hozyajstva Nizhegorodskoj GSHA. 2011. S. 5–34.
3. Besschetnov V. P., Besschetnova N. N., Gorelov A. N. Indeks neidentichnosti v sravnitel'noj ocenke plyusovoj derev'ev sosny obyknovennoj v arhivah klonov v Nizhegorodskoj oblasti // Sel'skie territorii – osnova

razvitiya strany: sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy. Nizhnij Novgorod, 2022. S. 20–26.

4. Bratilova N. P., Oreshenko S. A. Otkor cennyh biotipov sosny kedrovoj sibirskoj po pokazatelyam ih semennogo potomstva // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnyh rastenij. Krasnoyarsk : SibGU, 2009. S. 10–13.

5. Bratilova N. P., Matveeva R. N., Butorova O. F., Shcherba Yu. E., Kichkil'deev A. G., Komarnickij V. V. Osobennosti rosta semennogo potomstva otektirovannyh po urozhajnosti klonov sosny kedrovoj sibirskoj raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya v usloviyah yuga Srednej Sibiri // Hvojnye boreal'noj zony. 2016. T. XXXVII, № 5-6. S. 294–297.

6. Endogennaya izmenchivost' pokazatelej rosta i nadzemnoj fitomassy sosny kedrovoj korejskoj v iskustvennyh nasazhdeniyah prigorodnoj zony Krasnoyarska / N. P. Bratilova, V. N. Kalagin, A. V. Mantulina [i dr.] // Hvojnye boreal'noj zony. 2023. T. 41, № 6. S. 459–465.

7. Bryncev V. A., Hramova M. I., Individual'naya i semejstvennaya izmenchivost' seyancev sosny kedrovoj sibirskoj, vyrashchennyh iz semyan introdukcionnoj populyacii // Lesnoj vestnik. 2011. № 5. S. 4–11.

8. Bryncev V. A., Hramova M. I. Izmenchivost' semennogo potomstva sosny kedrovoj sibirskoj pri introdukcii // Lesnoj zhurnal. 2013. № 6. S. 38–49.

9. Vorob'eva M. V., Zhigulin E. V., Zalesov S. V., Korosteleva M. V. Ispol'zovanie sosny sibirskoj (*Pinus sibirica* Du Tour) v ozelenenii g. Ekaterinburga // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2021. № 7 (109). Ch. 1. S. 132–136.

10. Ganichev G. P. Plantacionnoe vyrashchivanie lesnyh resursov // Lesnoj vestnik. 2014. № 3. S. 43–46.

11. Danchenko A. M., Kabanova S. A. Ocenka rosta polusibovogo potomstva sosny kedrovoj sibirskoj v otkrytom grunte i teplice // Hvojnye boreal'noj zony. 2007. T. XXIV, № 2–3. S. 174–178.

12. Drozdov I. I. Issledovaniya po vyrashchivaniyu kedra sibirskogo vo Vladimirskoj oblasti // Lesnoe hozyajstvo. 1970. № 10. S. 39–40.

13. Zemlyanoy A. I. O vosstanovlenii kedrovyyh lesov i sozdaniy selekcionnyh plantacij kedra sibirskogo (*Pinus sibirica* Du Tour) // GEO-Sibir'-2011. Novosibirsk, 2011. T. 3. Ch. 2. S. 163–165.

14. Iroshnikov A. I., Tvelenev M. V. Izuchenie genofonda, introdukcii i selekcii kedrovyyh sosen // Lesovedenie. 2001. № 4. S. 62–68.

15. Krivcov A. E. O perspektivah razvitiya lesnogo selekcionnogo semenovodstva // Lesnoe hozyajstvo. 2001. № 1. S. 40.

16. Kuznecova G. V. Mezhpopyacionnaya izmenchivost' razmera shishek i massy se-myan sosny sibirskoj kedrovoj (*Pinus sibirica* Du Tour) // Hvojnye boreal'noj zony. 2022. T. XL, № 5. S. 369–373.

17. Mamaev S. A. Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnyh rastenij. Moskva : Nauka, 1972. 384 s.

18. Maslakov E. L., Markova I. A., Shestakova T. A. O vozmozhnosti rannej diagnostiki bystrorastushchih derev'evlidersov // Lesovedenie. 2001. № 1. S. 25–31.

19. Matveeva R. N., Batyrev A. F., Mochalova T. N. Fotosinteticheskaya poverhnost' vskhodov – diagnosticheskij priznak bystrotы rosta seyancev kedra sibirskogo // Resurso- i energosberegayushchie tekhnologii v lesnoj promyshlennosti. Krasnoyarsk : STI, 1988. S. 28–29.

20. Matveeva R. N., Butorova O. F. Genetika, selekciya, semenovodstvo kedra sibirskogo. Krasnoyarsk : SibGTU, 2000. 243 s.

21. Matveeva R. N., Butorova O. F. Issledovaniya po vyrashchivaniyu sosny kedrovoj sibirskoj za mnogoletnij period // Hvojnye boreal'noj zony. 2022. T. 40, № 5. S. 374–380.

22. Pastuhova A. M. Izmenchivost' trekhletnego semennogo potomstva kedra si-birskogo ot materinskih rastenij raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya // Vestnik KrasGAU. 2011. № 4. S. 95–98.

23. Smirnov N. A. Vyrashchivanie posadochnogo materiala dlya lesovosstanovleniya. Moskva: Lesnaya promyshlennost', 1981. S. 55–59.

24. Titov E. V. Genetiko-selekcionnaya obuslovlennost' pokazatelej urozhajno-sti u kedra sibirskogo // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnyh rastenij. Krasnoyarsk, 1999. S. 13–14.

25. Titov E. V. Rajonirovanie celevyyh plantacij // Cifrovye tekhnologii v lesnoj otrasli. Voronezh, 2022. S. 92–98.

26. Hamitov R. S., Andronova M. A., Antonov A. M. Izmenchivost' sosny kedrovoj sibirskoj po urozhajnosti shishek v usloviyah introdukcii // Lesnoj zhurnal. 2018. № 3. S. 84–91.

27. Shcherba Yu. E., Kozhuhova M. E. Mez- i vnutrisemejnaya izmenchivost' 6-letnih seyancev *Pinus sibirica* Du Tour – potomstv ramet plyusovogo dereva 94/58 // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnyh rastenij. Krasnoyarsk : SibGU, 2023. S. 233–237.

28. Bauhus J., Schmerbeck J. Silvicultural options to enhance and use forest plantation biodiversity // Earth Ecosystem Goods. 2012. Rp. 96–128.

© Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф.,  
Попова С. В., Щерба Ю. Е., 2025

Поступила в редакцию 27.03.2025  
Принята к печати 20.05.2025

## РОСТ И СЕМЕНОШЕНИЕ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ В ИНТРОДУКЦИОННЫХ КУЛЬТУРАХ ПЛАНТАЦИОННОГО ТИПА В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ\*

В. А. Брынцев

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН  
Российская Федерация, 127276, г. Москва, ул. Ботаническая, 4  
E-mail: bryntsev@mail.ru

**Аннотация.** Для сосны кедровой сибирской при интродукции семеношение и возможность селекции по признакам семеношения во многом зависит от условий выращивания. Нами были проведены исследования роста и семеношения в интродукционных культурах плантационного типа с густотой посадки 0,4 тыс. шт/га. В культурах не было конкуренции за свет между деревьями, что способствовало максимальному развитию кроны и генеративных органов. Исследования показали, что в насаждении отмечается высокая сохранность и хорошее состояние деревьев. Деревья развивают широкую крону, протяженную до земли, рано вступают в генеративную стадию развития. Большинство параметров параметров шишек и семян в интродукционной популяции мало отличаются от таковых в ареале вида, за исключением количества семян в шишке, которых в исследуемых культурах меньше, что можно объяснить молодостью насаждения, недоопылением и высоким уровнем самоопыления. Самым изменчивым признаком было количество шишек на дереве. Этот признак может быть использован при отборе на раннее вступление в стадию семеношения и высокую семенную продуктивность. Установлено, что деревья разных половых типов отличались количеством шишек на дереве и процентом полнозернистых семян в шишке. При проведении селекционных мероприятий преимущество надо отдавать деревьям с женской сексуализацией и деревьям дающих относительно большое число генеративных органов обоего пола. Целесообразно оставлять в насаждении деревья мужской сексуализации для обеспечения в насаждении перекрестного опыления.

**Ключевые слова:** сосна кедровая сибирская, интродукция, семеношение, половые типы деревьев.

*Conifers of the boreal area.* 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 44–50

## GROWTH AND SEED PRODUCTION OF SIBERIAN CEDAR PINE IN INTRODUCTION CROPS OF PLANTATION TYPE IN MOSCOW REGION

V. A. Bryntsev

Main Botanical Garden named after N. V. Tsitsin Russian Academy of Sciences  
4, Botanicheskaya St., Moscow, 127276, Russian Federation  
E-mail: bryntsev@mail.ru

**Annotation.** For Siberian stone pine, seed production and the possibility of selection based on seed production traits during introduction largely depend on growing conditions. We studied growth and seed production in introduced plantation-type crops with a planting density of 0.4 thousand pcs/ha. There was no competition for light between the trees in the crops, which contributed to the maximum development of the crown and generative organs. The studies showed that the plantation is characterized by high preservation and good condition of the trees. The trees develop a wide crown extending to the ground and enter the generative stage of development early. Most parameters of cones and seeds in the introduced population differ little from those in the species range, with the exception of the number of seeds in a cone, which is lower in the studied crops. That can be explained by the youth of the plantation, insufficient pollination and a high level of self-pollination. The most variable trait was the number of cones on a tree. This feature can be used in selection for early entry into the seed-bearing stage and high seed productivity. It was found that trees of different sexual types differed in the number of cones on the tree and the percentage of full-grained seeds in the cone. When conducting selection activities, preference should be given to trees with female sexualization and trees producing a relatively large number of generative organs of both sexes. It is advisable to leave trees of male sexualization in the plantation to ensure cross-pollination.

**Keywords:** Siberian stone pine, introduction, seed production, sexual types of trees.

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ГБС РАН по теме № 122042700002-6.

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences on topic No. 122042700002-6.

## ВВЕДЕНИЕ

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) является ценным интродуцентом для Европейской части России. В первую очередь интерес представляет семеношение этой породы в новых условиях. Во-первых, семеношение является одним из важных признаков успешной адаптации интродуцента в новых условиях. Во-вторых, семеношение, получение «кедровых орешков», это одна из целей интродукции, направлений селекции в новых условиях, основа для создания первичной семенной базы. В-третьих, семена, собранные с интродукционных культур, необходимы для выращивания нового акклиматизированного поколения и создание на его основе вторичной семенной базы интродуцента [1].

Семеношение сосны кедровой сибирской и селекция по этому признаку активно изучалась и изучается в ареале вида [3; 5; 9; 13; 14; 18; 19]. Отмечается, что отбор следует вести по прямому признаку – семеношению. Отбор может вестись по общей урожайности, по структурным признакам урожая и комбинированно [10]. Большинство признаков, характеризующих репродукцию сосны кедровой сибирской, довольно устойчивы [11]. А. И. Ирошников [4] отмечал, в частности, что размеры шишек сосны кедровой сибирской в разные годы не изменяются. С. А. Мамаев [7] указывал на высокую стабильность в параметрах семян в разные годы, что облегчает проведение отбора.

Важным признаком является раннее вступление деревьев в половую репродукцию [11], молодые кедровники представляют интерес для выявления деревьев с ранним началом семеношения [3]. Отбор в возрасте 20–30 лет деревьев, устойчиво вступивших в генеративную фазу, является отбором на раннее начало семеношения.

В регионе интродукции семеношение сосны кедровой сибирской привлекало внимание исследователей [1; 15; 16; 17]. Однако объем информации по этой проблеме еще явно недостаточный и тема остается актуальной. Семеношение интродуцента во многом зависит от условий его выращивания [3]. Только при максимально благоприятных условиях для развития деревьев и формирования урожая можно эффективно проводить селекционную оценку и отбор наиболее ценных особей, что часто недооценивается в интродукционной практике.

Целью исследований было изучение роста и семеношения деревьев сосны кедровой сибирской при отсутствии конкуренции в интродукционных культурах плантационного типа, определении возможных направлений селекции для создания семенных плантаций и ПЛСУ в регионе интродукции.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования были чистые сплошные лесные культуры сосны кедровой сибирской площадью 3,7 га, расположенные на юге Московской области в подзоне тенистых широколиственных лесов, район северной части Среднерусской возвышенности с мощным покровом лёссовидных суглинков [6]. Почвы светло-серые лесные, среднесуглинистые. Тип усло-

вий местопроизростания С<sub>2</sub>. Рельеф ровный, напочвенный покров злаки, сныть. Культуры созданы на землях из-под сельскохозяйственного пользования, после сплошной обработки почвы, посадкой под лопату 4-летних (2+2) саженцев. Размещение 5×5 м, густота посадки 0,4 тыс. шт/га. Биологический возраст деревьев на момент исследования 28 лет.

В лесных культурах измерялись высота деревьев, диаметр на высоте 1,3 м, протяженность кроны по стволу, диаметр кроны. Определялось сохранность и состояние деревьев.

Весной, в период образования мужских и женских стробилов и начала пыления, определялась принадлежность деревьев к половым типам. Половые типы выделялись по методике С. А. Мамаева [8]:

А – абсолютное преобладание женских генеративных органов;

Б – абсолютное преобладание мужских генеративных органов;

В – явное преобладание женских генеративных органов;

Г – явное преобладание мужских генеративных органов;

Д – малое число генеративных органов;

Е – относительно большое число генеративных органов обоего пола;

Ж – генеративных органов не образуется.

В конце вегетации подеревно были собраны шишки. Определялось: количество шишек на дереве, длина и ширина шишек, количество нормально развитых семенных чешуй, масса шишки и семян в шишке, количество семян в шишке, масса 1000 шт. семян. Количество полнозернистых семян определялось рентгенографическим методом.

Статистическая обработка полученных данных проводилась на компьютере в программе Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследуемых культурах была высокая сохранность деревьев, которая составляла 92 %, состояние деревьев: хороших – 97 %, удовлетворительных – 3 %. Отмечается более 80 % деревьев вступивших в стадию семеношения. Показатели роста сосны кедровой сибирской в насаждении приведены в табл. 1.

В данном насаждении при свободном стоянии деревья не затеяют друг друга. В насаждении нет конкуренции за свет. Это сказывается на развитии кроны, можно отметить большой диаметр кроны и ее протяженность фактически до земли (табл. 1).

Сравнение показателей данных культур плантационного типа (густота посадки 0,4 тыс. шт/га) с другими интродукционными культурами того же возраста (густота посадки 7–8 тыс. шт/га) показало, что они имеют сходную высоту деревьев, но культуры плантационного типа значительно превышают густые по диаметру ствола, диаметру и протяженности кроны, у них значительно ниже показатель относительной высоты ствола (Н/Д) и значительно выше показатель относительной протяженности кроны (В/Н).

Корреляционная связь между морфологическими признаками в культурах плантационного типа приведена в табл. 2.

Как видно из табл. 2, связь между большинством показателей среднего уровня достоверная на 95 % уровне значимости (кроме связи высоты с диаметром кроны). Сильная связь отмечается между высотой и протяженностью кроны. Это обусловлено тем, что крона простирается фактически до земли, занимая весь ствол.

Сравнение показателей корреляционной связи между морфологическими признаками у культур плантационного типа (густота посадки 0,4 тыс. шт/га) и более густыми интродукционными культурами того же возраста (густота посадки 7–8 тыс. шт/га) показало, что в культурах плантационного типа корреляционные связи существенно ниже. Это связано с отсутствием конкуренции между деревьями, при которой деревья пытаются обогнать другие по росту в высоту за счет ослабления других ростовых процессов. В культурах плантационного типа, где нет конкуренции, ростовые процессы разных векторов ствола и кроны менее зависимы друг от друга.

Характеристика семян и шишек в интродукционных культурах сосны кедровой сибирской приведены в табл. 3. Для сравнения приведены средние характеристики шишек и семян в ареале вида, взятые из литературных источников [4; 2; 12].

Сравнение средних данных табл. 3 показывает, что шишки данной интродукционной популяции соответствуют шишкам в ареале вида по ширине, но уступают им по длине. Ниже у интродукционной популяции и количество нормально развитых семенных чешуй, а масса 1000 шт. семян больше и превосходит ее в ареале вида. Указанные отклонения могут носить как модификационный характер, так и, вероятнее, имеют генетическую природу и являются проявлением эффекта основателя. Низкие показатели количества семян в шишке и полнотелности, по всей вероятности, связаны с молодостью насаждения, недоопылением и высоким уровнем самоопыления.

**Таблица 1**  
Показатели роста сосны кедровой сибирской в культурах плантационного типа

Признаки	Статистические показатели		
	<i>M</i>	<i>m</i>	<i>V</i> , %
Высота (Н), м	6,1	0,09	15
Диаметр ствола (Д), см	16,0	0,39	23
Диаметр кроны, м	4,1	0,09	21
Протяженность кроны (В), м	5,9	0,09	15
Н/Д	40	0,82	20
В/Н	0,96	0,004	4

Примечание: *M* – среднее арифметическое; *m* – ошибка средней; *V* – коэффициент вариации.

**Таблица 2**  
Показатели корреляционной связи между морфологическими признаками в культурах плантационного типа

Связь между признаками	Показатели связи		
	<i>r</i>	<i>m<sub>r</sub></i>	<i>t<sub>r</sub></i>
Высота – Диаметр ствола	0,59	0,15	3,9
Высота – Диаметр кроны	0,34	0,18	1,8
Высота – Протяженность кроны	0,90	0,08	11,2
Диаметр ствола – Диаметр кроны	0,67	0,14	4,7
Диаметр ствола – Протяженность кроны	0,61	0,15	4,0
Диаметр кроны – Протяженность кроны	0,37	0,18	2,1

Примечание: *r* – коэффициент корреляции; *m<sub>r</sub>* – ошибка коэффициента корреляции; *t<sub>r</sub>* – эмпирический критерий Стьюдента, *t<sub>0,95</sub>* = 2.

**Таблица 3**  
Сравнение характеристик шишек и семян сосны кедровой сибирской

Признаки	При интродукции		В ареале вида
	<i>M</i>	<i>V</i> , %	
Количество шишек на дереве, шт.	9,2	91	
Длина шишки, см	5,7	16	6,5
Ширина шишки, см	4,7	11	4,7
Масса шишки, г	46,7	32	
Нормально развитых семенных чешуй, шт.	45	24	51
Количество семян в шишке, шт.	31	36	80
Масса семян в шишке, г	9,1	43	20
Масса 1000 шт. семян, г	290	19	250
Количество полнотелых семян, %	71	26	

Отбор по количественным признакам требует оценки амплитуды их изменчивости [8]. Для эффективного отбора прежде всего необходима высокая степень фенотипической изменчивости селекционного признака. Как видно из табл. 3, наиболее изменчивым признаком является количество шишек на дереве. Согласно классификации С. А. Мамаева [7], такая изменчивость (91 %) относится к очень высокому уровню, поэтому отбор по этому признаку будет наиболее эффективным. Высокая индивидуальная изменчивость количества шишек на дереве присуща сосне кедровой сибирской и в естественном ареале вида [3].

Изменчивость шишек по длине и ширине находится на низком уровне. Уровень изменчивости шишек по их массе высокий, однако, как показали наблюдения, масса шишки не определяется количеством семян в ней, и более тяжелая шишка может нести меньшее количество семян. Важными признаками являются количество семян в шишке и полнотелость семян. На целесообразность отбора по количеству шишек и выходу семян из шишек указывают А. И. Земляной и Т. П. Некрасова [3]. Однако в исследуемых культурах ввиду молодого их возраста режим опыления деревьев окончательно еще не установился. Отбор по количеству семян в шишке в данном возрасте нецелесообразен.

Таким образом, в молодых, только вступивших в стадию семеношения культурах, наиболее эффективным надо признать отбор индивидуумов с наибольшим количеством шишек на дереве.

При отборе имеет значение изучение корреляционных связей между признаками и определение возможности применения отбора по косвенным признакам. Нами был проведен корреляционный анализ между морфологическими признаками и количеством шишек на дереве (табл. 4).

**Таблица 4**  
**Связь количества шишек на дереве с морфологическими признаками деревьев**

Морфологические признаки	Показатели связи		
	$r$	$m_r$	$t_r$
Высота	0,06	0,17	0,3
Диаметр ствола на 1,3 м	0,14	0,17	0,9
Диаметр кроны	0,30	0,16	1,9
Н/Д	-0,20	0,17	1,2
В/А	-0,17	0,17	1,0

Как видно из табл. 4, связь количества шишек на дереве с высотой и диаметром ствола отсутствует, с относительной высотой (Н/Д) и относительным показателем кроны (В/А) она слабая и недостоверная. Связь количества шишек на дереве с диаметром кроны, согласно шкале С. А. Мамаева [8], имеет среднюю тесноту, и уровень ее достоверности достаточно высокий. Это указывает на то, что при отборе следует отдавать предпочтение ширококромным деревьям.

В исследуемых культурах было проведено изучение сексуализации деревьев и определены половые типы по методике С. А. Мамаева [8] (рис. 1). Хотя исследованное насаждение очень молодое и недавно вступило в генеративную фазу развития, половые ти-

пы в нем выделяются уже достаточно четко. Ряд деревьев (15 %) еще не вступили в генеративную фазу (тип Ж). Деревьев с абсолютным преобладанием женских (тип А) и мужских (тип Б) генеративных органов в насаждении нет. Преобладали в насаждении деревья (52 %) с малым числом генеративных органов (тип Д). Деревьев с относительно большим числом генеративных органов обоего пола (тип Е) было относительно немного (13 %). Деревьев с явным преобладанием женских генеративных органов (тип В) было 13 %, с явным преобладанием мужских генеративных органов (тип Г) – 7 %.

В исследуемом насаждении уклонения в сторону мужской или женской сексуализации отмечаются у 20 % деревьев. В естественных кедровниках Урала С. А. Мамаев [7] выделяет 50 % таких деревьев. Такое расхождение с ареалом вида можно объяснить изменениями в процессах сексуализации при интродукции, на возможность которых указывал В. И. Некрасов [12]. Возможно и другое объяснение, С. А. Мамаев проводил исследования в спелых естественных древостоях, где растения находились в жестких экологических условиях и половые типы во многом являлись свойствами фенотипического характера, они сформировались в результате длительного специфического развития особи в онтогенезе [7]. В исследуемых нами культурах растения развивались в условиях, исключая конкуренцию между особями, и отклонения в их сексуализации обусловлено только генотипом.

Характеристики семеношения у деревьев разных половых типов в исследуемых культурах приведены на рис. 2, 3, 4.

Как видно из рис. 2, наибольшее количество шишек образуется у деревьев с явным преобладанием женских генеративных органов (половой тип В). У деревьев других половых типов количество шишек в 2–6 раз меньше.

По количеству семян в шишке существенных различий между половыми типами не наблюдается (рис. 3). По количеству полнотелых семян лучшие показатели (86 %) у деревьев с явным преобладанием женских генеративных органов (половой тип В). По этому признаку резко выделяется тип Г (с явным преобладанием мужских генеративных органов), у которого этот показатель примерно в 2 раза ниже, чем у других половых типов. Это связано с высокой степенью самоопыления у деревьев этого полового типа, которое приводит к образованию пустых семян.

Принадлежность деревьев к определенным половым типам должно учитываться при проведении селекционных мероприятий на семенных плантациях и формировании ПЛСУ. При формировании ПЛСУ, в насаждениях, вступивших в генеративную фазу развития, разреживание должно вестись за счет деревьев, не образующих генеративных органов (половой тип Ж), и деревьев с малым числом генеративных органов (половой тип Д). Особую ценность представляют деревья женской сексуализации (половой тип В), которые имеют лучшие показатели: большое количество шишек на дереве и высокую полнотелость семян.

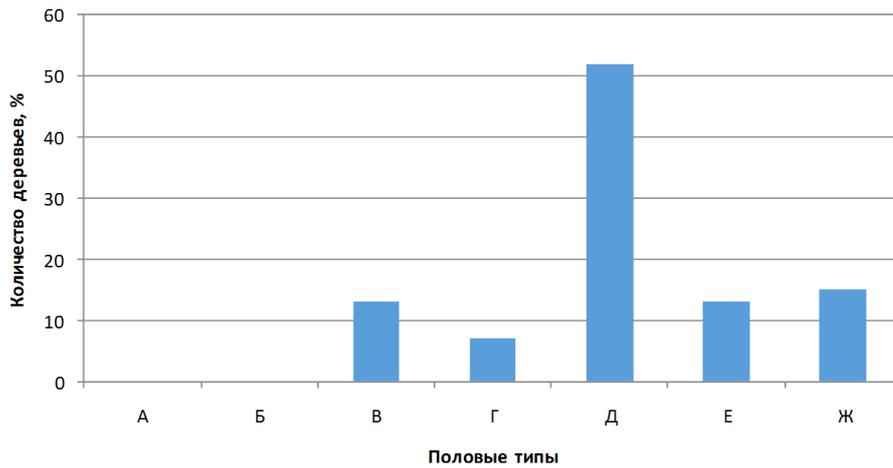


Рис. 1. Распределение деревьев в насаждении по половым типам

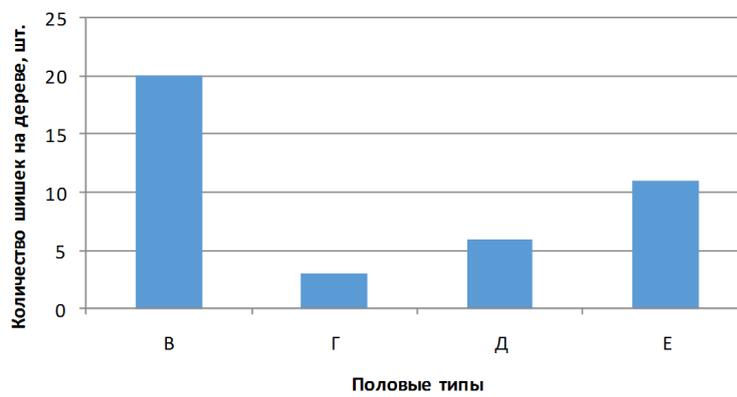


Рис. 2. Среднее количество шишек у деревьев разных половых типов

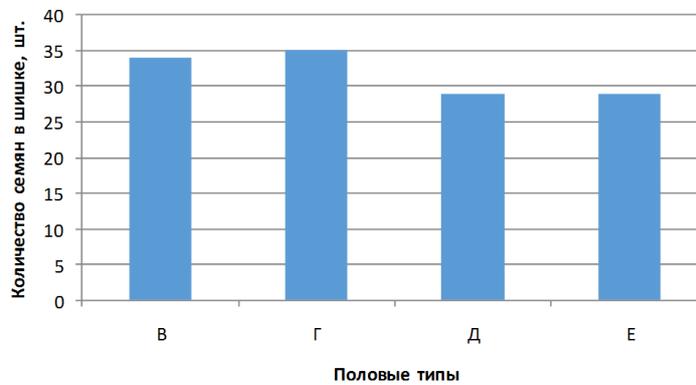


Рис. 3. Среднее количество семян в шишке у деревьев разных половых типов

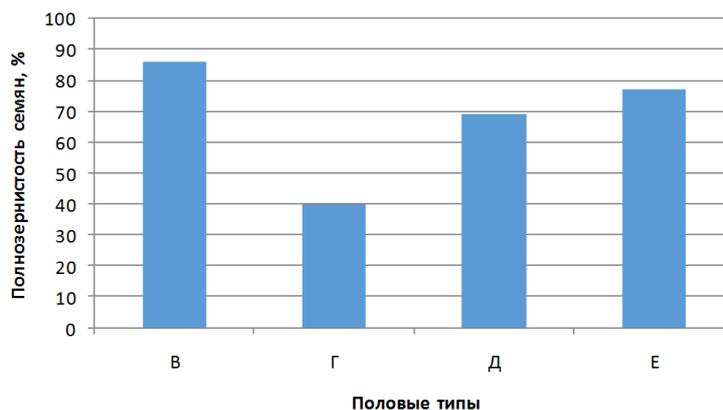


Рис. 4. Средняя полнозернистость семян у деревьев разных половых типов

Такие деревья должны в первую очередь отбираться как семенные, и им должны быть созданы наиболее благоприятные условия. Другая часть семенников должна отбираться из деревьев полового типа Е. Деревьев с преобладанием мужских генеративных органов (половой тип Г) немного – 7 %, их имеет смысл оставлять для создания в насаждении благоприятного пыльцевого режима и обеспечения перекрестного опыления.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание при интродукции насаждений сосны кедровой сибирской плантационного типа с низкой густотой посадки (0,4 тыс. шт/га) показало свою перспективность. Отмечается высокая сохранность, хорошее состояние деревьев. Деревья развивают широкую крону, протяженную до земли, рано вступают в генеративную стадию развития. Отмечаются значимые корреляционные связи между параметрами ствола и кроны.

Шишки и семена интродукционной популяции мало отличаются от параметров шишек и семян в ареале вида, однако количество семян в шишке в исследуемых культурах значительно ниже, чем в ареале, что, по всей вероятности, связано с молодостью насаждения, недоопылением и высоким уровнем самоопыления.

Самым изменчивым генеративным признаком было количество шишек на дереве. Этот признак может быть использован при отборе на раннее вступление в стадию семеношения и высокую семенную продуктивность. Отмечается средняя корреляционная связь между количеством шишек на дереве и диаметром кроны. Диаметр кроны перспективен как косвенный признак при отборе на семенную продуктивность.

Большое значение имеет выделение в насаждении деревьев разных половых типов. Выделение половых типов и отбор наиболее продуктивных деревьев следует проводить в урожайные годы. Деревья разных половых типов отличались количеством шишек на дереве и процентом полнозернистых семян в шишке.

При проведении селекционных мероприятий преимущество надо отдавать деревьям с женской сексуализацией и деревьям дающих относительно большое число генеративных органов обоего пола. Целесообразно выделять, отмечать и оставлять в насаждении деревья мужской сексуализации для обеспечения в насаждении перекрестного опыления. При отборе целесообразна вырубка деревьев, не образующих генеративные органы и с малым числом генеративных органов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Лесосеменная база для интродукционных культур кедра сибирского / В. А. Брынцев, И. И., Дроздов О. Ю. Храмова, М. И. Храмова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 3. С. 21–23.

2. Влияние густоты посадки на репродуктивное развитие и рост сосны кедровой сибирской / М. В. Гришлова, Н. П. Братилова, Н. А. Шенмайер, В. Н. Калагин, А. В. Мантулина // Хвойные бореальной зоны.

2022. Т. XL, № 4. С. 276–279. DOI: 10.53374/1993-0135-2022-4-276-279.

3. Земляной А. И., Некрасова Т. П. Методика отбора плюсовых деревьев кедра сибирского на семенную продуктивность. М., 1980. 22 с.

4. Ирошников А. И. Изменчивость некоторых морфологических признаков и эколого-физиологических свойств кедра сибирского // Селекция древесных пород Восточной Сибири. М. : Наука, 1964. С. 44–57.

5. Киргизов Н. Я. Изменчивость шишек и семян кедра на Рудном Алтае // Лесные экосистемы в условиях континентального климата. Красноярск, 1987. С. 91–94.

6. Курнаев С. Ф. Дробное лесорастительное районирование Нечерноземного центра. М. : Наука, 1982. 120 с.

7. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М. : Наука, 1972. 384 с.

8. Мамаев С. А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // Труды Института экологии растений и животных. 1975. Вып. 94. С. 3–15.

9. Изменчивость семян, однолетних сеянцев из отселектированных шишек сосны кедровой сибирской алтайского происхождения / Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, С. Н. Дырдин, С. В. Попова, П. А. Чувашов, Е. В. Митюшина // Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. XXXVII, № 3-4. С. 229–234.

10. Методика отбора плюсовых деревьев кедра сибирского на урожайность Горном Алтае. Воронеж, 1984. 19 с.

11. Селекция лесных пород / П. И. Молотков, Н. Н. Патлай и др. М. : Лесная промышленность, 1982. 223 с.

12. Некрасов В. И. Теоретические основы семеношения древесных растений при интродукции // Лесное хозяйство. 1978. № 2. С. 64–66.

13. Некрасова Т. П. Биологические основы семеношения кедра сибирского. Новосибирск : Наука, 1972. 174 с.

14. Пастухова А. М. Перспективность отбора полусибов кедра сибирского по интенсивности роста в раннем возрасте // Лесной журнал. 2017. № 5. С. 73–81. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.5.73.

15. Путенихина К. В. Плодоношение и семенное возобновление кедра сибирского в лесных культурах в Башкирии. Актуальные проблемы лесного комплекса. 2014. № 39. С. 78–70.

16. Романов Е. М., Лазарева С. М., Бродников С. Н. Семеношение сосны сибирской в Марийском Заволжье // Вестник ПГТУ. 2015. № 3. С. 34–41.

17. Хамитов Р. С., Баранова С. А. Индивидуальная изменчивость урожайности семян сосны кедровой сибирской в условиях интродукции. Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. XXXVII, № 6. С. 443–447.

18. Отбор 31-летних полусибов раннего репродуктивного развития в дендрарии СибГУ им. М. Ф. Решетнева / Ю. Е. Щерба, Н. А. Шенмайер, С. Н. Дырдин, А. С. Иванов // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2019. Т. 22. С. 229–232.

19. Zhuk E., Goroshkevich S. Growth and Reproduction in *Pinus sibirica* Ecotypes from Western

Siberia in a Common Garden Experiment. *New Forests*, 2018, vol. 49, no 2, pp. 159–172.

## REFERENCES

1. Lesosemennaya baza dlya introdukcionnyh kul'tur kedra sibirskogo / V. A. Bryncev, I. I. Drozdov, O. Yu. Hramova, M. I. Hramova // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik*. 2012. № 3. S. 21–23.
2. Vliyanie gustomy posadki na reproduktivnoe razvitiye i rost sosny kedrovoj sibirskoj / M. V. Grishlova, N. P. Bratilova, N. A. Shenmajer, V. N. Kalagin, A. V. Mantulina // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2022. T. XL, № 4. S. 276–279. DOI: 10.53374/1993-0135-2022-4-276-279.
3. Zemlyanoy A. I., Nekrasova T. P. Metodika otbora plyusovyh derev'ev kedra sibirskogo na semennuyu produktivnost'. M., 1980. 22 s.
4. Iroshnikov A. I. Izmenchivost' nekotoryh morfologicheskikh priznakov i ekologo-fiziologicheskikh svojstv kedra sibirskogo // *Selekciya drevesnyh porod Vostochnoj Sibiri*. M. : Nauka, 1964. S. 44–57.
5. Kirgizov N. Ya. Izmenchivost' shishek i semyan kedra na Rudnom Altae // *Lesnye ekosistemy v usloviyah kontinental'nogo klimata*. Krasnoyarsk, 1987. S. 91–94.
6. Kurnaev S. F. Drobnoe lesorastitel'noe rajonirovanie Nechernozemnogo centra. M. : Nauka, 1982. 120 s.
7. Mamaev S. A. Formy vnutrividovoj izmenchivosti drevesnyh rastenij. M. : Nauka, 1972. 384 s.
8. Mamaev S. A. Osnovnye principy metodiki issledovaniya vnutrividovoj izmenchivosti drevesnyh rastenij // *Trudy Instituta ekologii rastenij i zhivotnyh*. Vyp. 94, 1975. S. 3–15.
9. Izmenchivost' semyan, odnoletnih seyancev iz otselektirovannyh shishek sosny kedrovoj sibirskoj altajskogo proiskhozhdeniya / R. N. Matveeva, O. F. Butorova, S. N. Dyrdin, S. V. Popova, P. A. Chuvashov, E. V. Mityushina // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2019. T. XXXVII, № 3-4. S. 229–234.
10. Metodike otbora plyusovyh derev'ev kedra sibirskogo na urozhajnost' Gornom Altae. Voronezh. 1984. 19 s.
11. Selekcija lesnyh porod / P. I. Molotkov, N. N. Patlaj i dr. M. : *Lesnaya promyshlennost'*, 1982. 223 s.
12. Nekrasov V. I. Teoreticheskie osnovy semenosheniya drevesnyh rastenij pri introdukcii // *Lesnoe hozyajstvo*. 1978. № 2. S. 64–66.
13. Nekrasova T. P. Biologicheskie osnovy semenosheniya kedra sibirskogo. Novosibirsk : Nauka, 1972. 174 s.
14. Pastuhova A. M. Perspektivnost' otbora polusibov kedra sibirskogo po intensivnosti rosta v rannem vozraste // *Lesnoj zhurnal*. 2017. № 5. S. 73–81. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.5.73.
15. Putenihina K. V. Plodonoshenie i semennoe vozobnovlenie kedra sibirskogo v lesnyh kul'turakh v Bashkirii // *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2014. № 39. S. 78–70.
16. Romanov E. M., Lazareva S. M., Brodnikov S. N. Semenoshenie sosny sibirskoj v Marijskom Zavolzh'e // *Vestnik PGU*. 2015. № 3. S. 34–41.
17. Hamitov R. S., Baranova S. A. Individual'naya izmenchivost' urozhajnosti semyan sosny kedrovoj sibirskoj v usloviyah introdukcii // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2019. T. XXXVII, № 6. S. 443–447.
18. Otkor 31-letnih polusibov rannego reproduktivnogo razvitiya v dendrarii SIBGU im. M. F. Reshetneva / Yu. E. Shcherba, N. A. Shenmajer, S. N. Dyrdin, A. S. Ivanov // *Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnyh rastenij*. 2019. T. 22. S. 229–232.
19. Zhuk E., Goroshkevich S. Growth and Reproduction in *Pinus sibirica* Ecotypes from Western Siberia in a Common Garden Experiment. *New Forests*, 2018, vol. 49, no 2, pp. 159–172.

© Брынцев В. А., 2025

Поступила в редакцию 07.04.2025  
Принята к печати 20.05.2025

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СПЕЛОСТИ В ДУБОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ****Н. В. Выводцев**

Тихоокеанский государственный университет  
 Российская Федерация, 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136  
 Дальневосточный институт лесного хозяйства  
 Российская Федерация, 680020, г. Хабаровск, ул. Волочаевская, 71  
 E-mail: Nicoliy@togudv.ru

*Объектом исследования являлись дубовые древостои естественного происхождения, предметом исследования – комплексная спелость дубняков. Спелость оценивалась по трем показателям – среднему приросту крупной и средней древесины, урожайности семян, объему поглощенной углекислоты и выделенному кислороду. Средний прирост крупной плюс средней древесины зависит от густоты насаждений. Раннее наступление технической спелости наблюдается в более густых древостоях (100 лет), позднее – в более редких (160 лет). Урожайность семян обусловлена погодными факторами в период цветения, как следствие, не имеет связи с возрастом, но зависит от густоты древостоев. Ее возрастной интервал 100–160 лет. Максимальное поглощение углекислоты и выделение кислорода также связано с густотой. Чем больше объем древесины, тем больше поглощается углекислоты и выделяется кислорода насаждением. Этот показатель сопряжен с возрастом 100–160 лет. Включение трех дополнительных факторов расширило понятие оценка комплексной спелости дубняков. При назначении древостоев в рубку по этим данным можно определить биологические и экологические потери в дубовой формации.*

**Ключевые слова:** дубовые древостои, густота древостоев, ход роста, параметры регрессии, урожайность семян, техническая спелость, комплексная спелость.

*Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 51–58*

**DETERMINATION OF COMPLEX RIPENESS IN OAK STANDS****N. V. Vyvodtsev**

Pacific State University  
 136, Tikhikhikhovskaya St., Khabarovsk, 680035, Russian Federation  
 Far Eastern Institute of Forestry  
 71, Volochaevskaya St., Khabarovsk, 680020, Russian Federation  
 E-mail: Nicoliy@togudv.ru

*The object of the study was oak stands of natural origin, and the subject of the study was the complex ripeness of oak forests. Maturity was assessed by three indicators – average growth of large and medium-sized wood, seed yield, volume of absorbed carbon dioxide and released oxygen. The average growth of large plus medium-sized wood depends on the density of stands. Early technical maturity occurs in denser stands (100 years old) and later in sparser stands (160 years old). Seed yield is determined by weather factors during the flowering period and, consequently, is not related to age, but depends on stand density. Its age interval is 100–160 years. Maximum carbon dioxide uptake and oxygen release is also related to density. The greater the volume of wood, the more carbon dioxide is absorbed and oxygen is released by the stand. This indicator is associated with an age of 100–160 years. The inclusion of three additional factors expanded the concept of assessing the complex ripeness of oak woodlands. When assigning stands for harvesting, these data can be used to determine the biological and ecological losses in the oak formation.*

**Keywords:** oak stands, density of stands, growth course, regression parameters, seed yield, technical ripeness, complex ripeness.

**ВВЕДЕНИЕ**

Основное назначение ТХР – фиксация процесса накопления древесного запаса в насаждении при одновременном поглощении углекислоты и выделении кислорода за определенный период. Накопление запаса протекает с разной скоростью (темпом) и зависит

от древесной породы, условий произрастания, первоначальной густоты. Тем не менее, его можно унифицировать. Например, в лиственничной формации особенности роста по запасу передаются – 9 типами роста, сосновой – 15, дубовой – 5, кедровой – 1 типом роста [3; 10–13]. Унифицированные модели таксаци-

онных показателей позволили разработать серию общих нормативов по основным лесообразующим породам, оценить их ресурсный потенциал, построить таблицы хода роста эталонных насаждений.

При построении таблицы хода роста разной густоты использован новый методический подход. В качестве независимых переменных выступали возраст и густота, зависимыми переменными – высота, диаметр, видовое число. Анализ показал, что в границах классов возраста густота древостоев оказывает влияние на высоту, диаметр, видовое число. Априори можно утверждать, что густота повлияет на семенную спелость дубняков, поглощение углекислоты и выделение кислорода. Цель настоящей работы – разработать методику расчета комплексной спелости в дубовых насаждениях.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальным материалом послужили известные таблицы хода роста модальных и нормальных дубовых насаждений, семенного и порослевого происхождения, разработанные И. М. Науменко [6], А. Д. Дударевым [10], А. П. Добрыниным [4]. Стационарные наблюдения за плодоношением дубняков взяты по заповеднику «Бастак» Еврейской автономной области [8]. Техническую спелость определяли по максимуму среднего прироста крупной и средней деловой древесины из региональных товарных таблиц [14]. Семенную продуктивность находили как произведение количества деревьев на вес семян, продуцируемых одним деревом. Количество поглощенной углекислоты и выделенного кислорода взято из работы К. Б. Лосицкого, В. С. Чуенкова [9]. Таким образом, предметом исследования являлось методика определения возраста комплексной спелости, объектом исследования – дубовые насаждения.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

По дубу, растущему в европейской части страны, опубликовано множество работ, включая два руководства – для лесостепной зоны [16] и для равнинных лесов [5]. В Дальневосточном регионе дубовые древостои описаны подробно в хозяйственных группах типов леса и схемах систем лесохозяйственных мероприятий для южной части Дальнего Востока, включая зону БАМ [15], в монографиях А. И. Кудинова [7], А. П. Добрынина [4], научных статьях [11–13].

Ранее проведенные исследования в дубовых древостоях показали, что высота, диаметр, видовое число зависят от густоты древостоев. Густота древостоев оказывает влияние на суммарное испарение осадков, поглощение углекислоты и выделение кислорода. К. Б. Лосицкий, В. С. Чуенков [9] продуцирование этих показателей увязали в зависимости от 1-го  $m^3$  древесины. Кривая поглощенной углекислоты и выделенного кислорода соответствует кривой среднего прироста по запасу. Алгоритм расчета комплексной спелости дубняков включает:

- определение границ густоты;
- регрессионный анализ связи высоты, диаметра, видового числа с числом стволов;

- графический и регрессионный анализ параметров подобранных регрессий с возрастом;
- построение обобщенных математических моделей для высоты, диаметра, видового числа, входом в которые являются возраст и густота;
- построение таблицы хода роста для разных уровней густоты.

Верхняя и нижняя границы варьирования численности стволов описаны параболой 4-го порядка с высокими коэффициентами детерминации ( $R^2 = 0.99$ ):

$$N_{\text{верх}} = 2,649 \times 10^4 + (-8,765 \times 10^2) \times A + 1,156 \times 10 \times A^2 + (-6,873 \times 10^{-2} \times A^3) + 1,527 \times 10^{-4} \times A^4, \quad (1)$$

$$N_{\text{ниж}} = 3,752 \times 10^3 + (-1,153 \times 10^2) \times A + 1,489 \times A^2 + (-8,797 \times 10^{-3}) \times A^3 + 1,952 \times 10^{-5} \times A^4, \quad (2)$$

где  $A$  – возраст древостоя, лет;  $N_{\text{верх}}$  – верхняя граница изреживания, шт. га<sup>-1</sup>;  $N_{\text{ниж}}$  – нижняя граница изреживания, шт. га<sup>-1</sup>.

Семенные насаждения по данным А. Д. Дударева: 1 – Бонитет Iб, 2 – II, 3 – IV. Порослевые насаждения (по А. Д. Дудареву) 4 – Бонитет I, 5 – Бонитет III, 6 – Бонитет V. Семенные насаждения (по А. П. Добрынину) 7 – Бонитет III, 8 – Бонитет IV, 9 – Бонитет V.

Нижнюю границу изреживания занимают порослевые дубовые древостои, верхнюю – семенные. В установленных границах изреживания высота, диаметр, видовое число с высоким коэффициентом детерминации описываются параболой 2-го порядка:

$$\begin{aligned} H_{40} &= a + bN_{40} + cN_{40}^2, \\ H_{50} &= a + bN_{50} + cN_{50}^2, \\ H_{60} &= a + bN_{60} + cN_{60}^2, \\ H_{160} &= a + bN_{160} + cN_{160}^2; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} D_{40} &= a + bN_{40} + cN_{40}^2, \\ D_{50} &= a + bN_{50} + cN_{50}^2, \\ D_{60} &= a + bN_{60} + cN_{60}^2, \\ D_{160} &= a + bN_{160} + cN_{160}^2; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} F_{40} &= a + bN_{40} + cN_{40}^2, \\ F_{50} &= a + bN_{50} + cN_{50}^2, \\ F_{60} &= a + bN_{60} + cN_{60}^2, \\ F_{160} &= a + bN_{160} + cN_{160}^2, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $H, D, F$  – соответственно средние значения высоты, диаметра, видового числа в возрасте 40–160 лет;  $N$  – число стволов в возрасте 40–160 лет, шт. га<sup>-1</sup>;  $a, b, c$  – коэффициенты уравнений (3)–(5) (табл. 1–3).

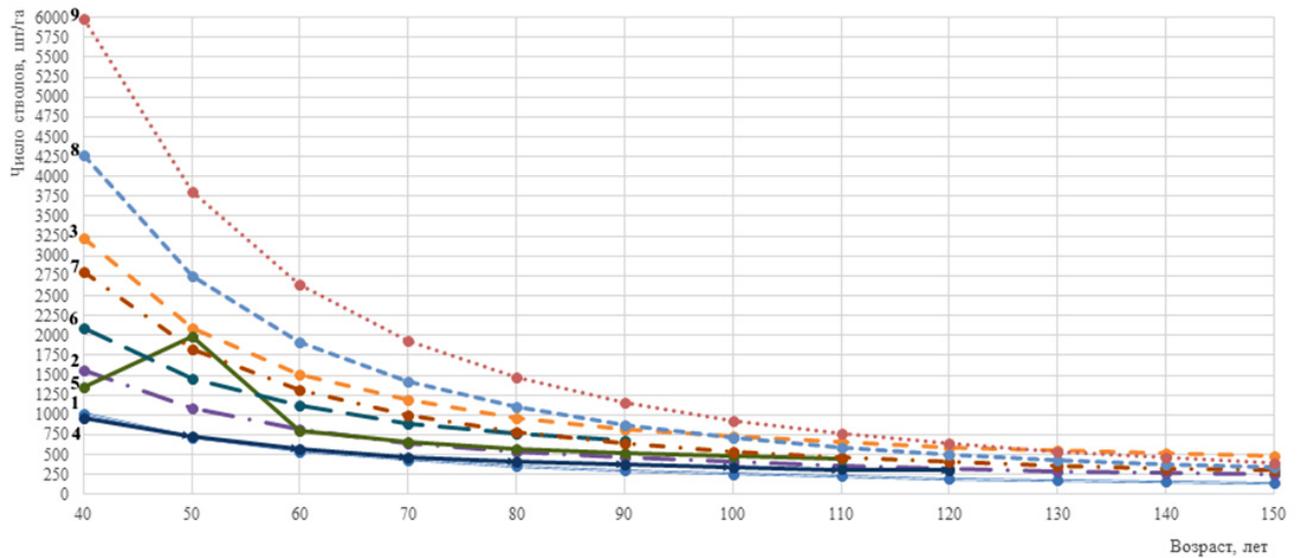


Рис. 1. Зависимость густоты древостоев от возраста по таблицам хода роста  
А. Д. Дударева и А. П. Добрынина

Таблица 1  
Динамика коэффициентов ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) уравнения (3)

Возраст, лет	$a$	$b$	$c$
40	25,739	$-8,387 \times 10^{-3}$	$8,75575 \times 10^{-7}$
50	30,037	$-1,334 \times 10^{-2}$	$2,00923 \times 10^{-6}$
60	37,635	$-2,723 \times 10^{-2}$	$6,42788 \times 10^{-6}$
70	43,087	$-4,179 \times 10^{-2}$	$1,33229 \times 10^{-5}$
80	48,310	$-6,008 \times 10^{-2}$	$2,47065 \times 10^{-5}$
90	53,353	$-8,175 \times 10^{-2}$	$4,16523 \times 10^{-5}$
100	55,148	$-9,518 \times 10^{-2}$	$5,63268 \times 10^{-5}$
110	56,074	$-1,055 \times 10^{-1}$	$6,95667 \times 10^{-5}$
120	57,128	$-1,172 \times 10^{-1}$	$8,47385 \times 10^{-5}$
130	61,766	$-1,565 \times 10^{-1}$	$1,40067 \times 10^{-4}$
140	64,463	$-1,861 \times 10^{-1}$	$1,88775 \times 10^{-4}$
150	66,237	$-2,119 \times 10^{-1}$	$2,36967 \times 10^{-4}$
160	63,772	$-2,069 \times 10^{-1}$	$2,43234 \times 10^{-4}$

Таблица 2  
Динамика коэффициентов ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) уравнения (4)

Возраст, лет	$a$	$b$	$c$
40	26,043	$-8,319 \times 10^{-3}$	$8,63136 \times 10^{-7}$
50	30,951	$-1,260 \times 10^{-2}$	$1,80527 \times 10^{-6}$
60	40,970	$-2,773 \times 10^{-2}$	$6,28409 \times 10^{-6}$
70	48,551	$-4,356 \times 10^{-2}$	$1,31692 \times 10^{-5}$
80	56,124	$-6,382 \times 10^{-2}$	$2,47851 \times 10^{-5}$
90	63,816	$-8,914 \times 10^{-2}$	$4,28336 \times 10^{-5}$
100	70,855	$-1,170 \times 10^{-1}$	$6,70945 \times 10^{-5}$
110	77,704	$-1,484 \times 10^{-1}$	$9,90570 \times 10^{-5}$
120	84,329	$-1,828 \times 10^{-1}$	$1,38661 \times 10^{-4}$
130	89,759	$-2,141 \times 10^{-1}$	$1,77851 \times 10^{-4}$
140	76,799	$-1,488 \times 10^{-1}$	$9,75424 \times 10^{-5}$
150	100,474	$-2,872 \times 10^{-1}$	$2,83301 \times 10^{-4}$
160	110,767	$-3,945 \times 10^{-1}$	$4,70211 \times 10^{-4}$

Таблица 3  
Динамика коэффициентов ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) уравнения (5)

Возраст, лет	$a$	$b$	$c$
40	$4,509 \times 10^{-1}$	$4,903 \times 10^{-5}$	$-2,05662 \times 10^{-9}$
50	$4,683 \times 10^{-1}$	$3,260 \times 10^{-5}$	$3,57641 \times 10^{-9}$
60	$4,312 \times 10^{-1}$	$9,185 \times 10^{-5}$	$-8,34328 \times 10^{-9}$
70	$4,236 \times 10^{-1}$	$1,187 \times 10^{-4}$	$-1,75755 \times 10^{-8}$

Окончание табл. 3

Возраст, лет	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
80	$4,212 \times 10^{-1}$	$1,419 \times 10^{-4}$	$-3,29146 \times 10^{-8}$
90	$4,151 \times 10^{-1}$	$1,790 \times 10^{-4}$	$-6,81317 \times 10^{-8}$
100	$4,142 \times 10^{-1}$	$2,077 \times 10^{-4}$	$-1,17279 \times 10^{-7}$
110	$4,131 \times 10^{-1}$	$2,441 \times 10^{-4}$	$-1,96276 \times 10^{-7}$
120	$4,251 \times 10^{-1}$	$2,109 \times 10^{-4}$	$-2,17980 \times 10^{-7}$
130	$4,715 \times 10^{-1}$	$-5,896 \times 10^{-5}$	$8,26835 \times 10^{-7}$
140	$4,715 \times 10^{-1}$	$-5,896 \times 10^{-5}$	$8,26835 \times 10^{-8}$
150	$6,136 \times 10^{-1}$	$-1,219E-03$	$1,94199 \times 10^{-6}$
160	$3,622 \times 10^{-1}$	$7,055E-04$	$-7,95965 \times 10^{-7}$

Графический анализ параметров уравнений *a*, *b*, *c* (рис. 2–4) (табл. 1–3), свидетельствует, что с возрастом они подчиняется определенной закономерности, которую можно выразить параболой 2-го порядка и представить в виде следующих уравнений:

$$Y(a) = -2,701 \times 10^{-3} \times A^2 + 8,66 \times 10^{-1} \times A - 4,828, \quad (6)$$

$$Y(b) = 5,4545 \times 10^{-6} \times A^2 - 7,2667 \times 10^{-4} \times A + 3,93 \times 10^{-2}, \quad (7)$$

$$Y(c) = 2,1446 \times 10^{-8} \times A^2 - 2,1539 \times 10^{-6} \times A + 5,618 \times 10^{-5}. \quad (8)$$

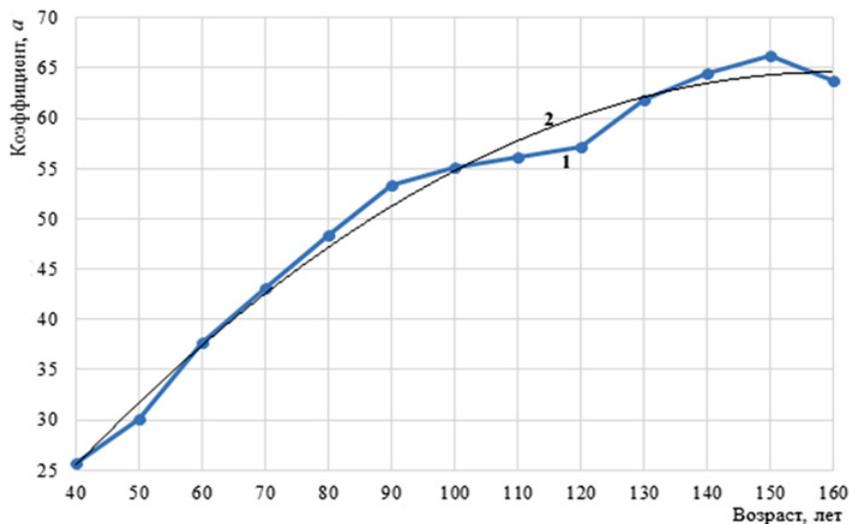


Рис. 2. Зависимость коэффициента *a* уравнения (6) от возраста древостоя: 1 – экспериментальные данные коэффициента *a*; 2 – полиномиальная функция

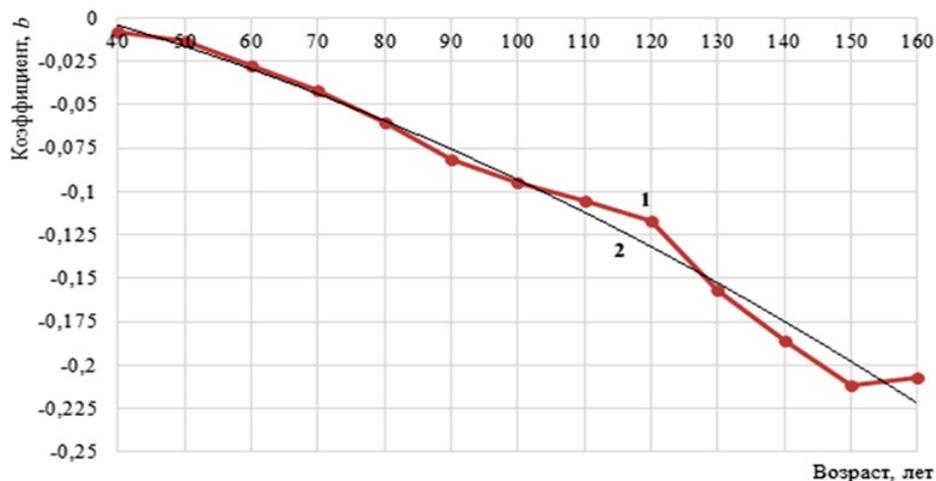


Рис. 3. Зависимость коэффициента *b* уравнения (6) от возраста древостоя: 1 – экспериментальные данные коэффициента *b*; 2 – полиномиальная функция

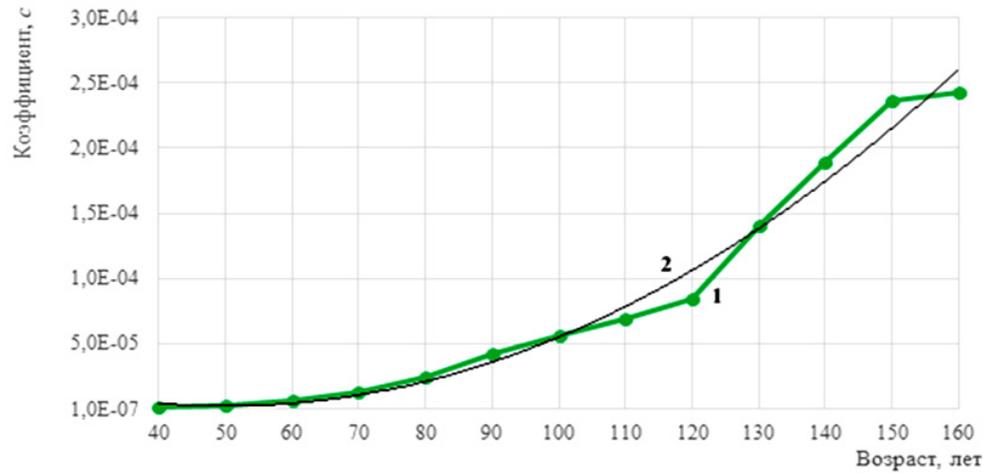


Рис. 4. Зависимость коэффициента  $c$  уравнения (6) от возраста древостоя: 1 – экспериментальные данные коэффициент  $a$ ; 2 – полиномиальная функция

Заменяя в формуле (3)–(5) параметры  $a$ ,  $b$ ,  $c$  на конкретные уравнения регрессии, были составлены три обобщенных уравнения:

$$H_i = \left( -4,828 + 8,66 \times 10^{-1} \times A - 2,701 \times 10^{-3} \times A^2 \right) + \left( 3,285 \times 10^{-2} - 7,061 \times 10^{-4} \times A - 5,539 \times 10^{-6} \times A^2 \right) \times N_i + \left( 5,618 \times 10^{-5} - 2,154 \times 10^{-6} \times A + 2,145 \times 10^{-8} \times A^2 \right) \times N_i^2, \quad (9)$$

$$D_i = \left( -6,396 \times 10 + 3,143 \times A - 3,015 \times 10^{-2} \times A^2 + 1,189 \times 10^{-4} \times A^3 \right) + \left( 5,660 \times 10^{-1} - 2,395 \times 10^{-2} \times A + 3,055 \times 10^{-4} \times A^2 - 1,474 \times 10^{-6} \times A^3 \right) \times N_i + \left( -2,223 \times 10^{-3} + 9,898 \times 10^{-5} \times A - 1,389 \times 10^{-6} \times A^2 + 6,483 \times 10^{-9} \times A^3 \right) \times N_i^2 + \left( 2,879 \times 10^{-6} - 1,288 \times 10^{-7} \times A + 1,804 \times 10^{-9} \times A^2 - 8,090 \times 10^{-12} \times A^3 \right) \times N_i^3, \quad (10)$$

$$F_i = \left( 5,020 \times 10^{-1} - 1,794 \times 10^{-3} \times A + 1,127 \times 10^{-5} \times A^2 \right) + \left( -1,072 \times 10^{-4} + 6,703 \times 10^{-6} \times A - 4,4917 \times 10^{-8} \times A^2 \right) \times N_i + \left( 2,024 \times 10^{-7} - 8,265 \times 10^{-9} \times A + 6,526 \times 10^{-11} \times A^2 \right) \times N_i^2. \quad (11)$$

Суммы площадей сечений, запас, средний прирост древесины находили по известным в лесной таксации формулам [1]. Суммарный средний прирост крупной и средней деловой древесины определен по товарным таблицам [14] (табл. 4).

Возраста технической спелости густые древостои достигли в 100 лет, редкие – в 160 лет.

Семенная продуктивность рассчитана по данным стационарных наблюдений в заповеднике «Бастак» [8]. Период наблюдения – 2015–2022 гг. замеры урожайности проводились в среднеполнотных спелых древостоях четвертого класса бонитета на случайно размещенных коробах, исключающих разлет семян при ударе о землю. В 2015, 2016, 2018 гг. урожай семян по погодным условиям отсутствовал полностью. В заповеднике наблюдались годы с максимальной урожайностью (2020 г – 5,7 т/га). Среднюю урожайность семян приняли равной 7,4 кг на одно дерево для всего возрастного интервала, включая и не урожайные годы.

Урожайность насаждений определялась как произведение количества деревьев на массу семян одного дерева (ввиду отсутствия стационарных наблюдений

за урожайностью дубняков в средневозрастных и приспевающих насаждениях). Максимальный урожай семян наблюдается в густых древостоях, минимальный – в редких. В густых средний прирост семян составил 58 кг/га, редких – 16 кг/га.

В табл. 4 приведен расчет поглощения углекислоты и выделение кислорода на один кубический метр древесины в дубовых древостоях. В густых и редких насаждениях максимальное поглощение углекислоты и выделение кислорода соответствует возрасту наступления технической спелости. В густых древостоях поглощение углекислоты в 100 лет составило 377 т, а выделение кислорода – 272 т, в редких, соответственно – 1121 и 737 т.

Таким образом, разработанная таблица хода роста позволила определить диапазон возрастов технической спелости, и связанных с ними объемы поглощенной углекислоты и выделенного кислорода. Этот возрастной интервал является своеобразной площадкой для оценки экологических функций дубняков, который можно принять за комплексную спелость. Им можно руководствоваться при расчете экологических потерь при назначении древостоев в рубку.

**Таблица 4**  
**Ход роста дубовых древостоев**

Возраст, лет	Число стволов, уравнения (1) и (2), шт. га <sup>-1</sup>	Высота, м	Диаметр, см	Видовое число, 10 <sup>-3</sup>	Сумма сечений, м <sup>2</sup> га <sup>-1</sup>	Запас, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	Объем крупной + средней, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	Средний прирост крупной + средней, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	Объем семян, кг/га	Средний прирост семян, кг/га	Поглощение углекислоты на 1 м <sup>3</sup> , т	Выделение кислорода на 1 м <sup>3</sup> , т
80	1 472	6,0	15,0	0,510	26,1	79	12	0,3	10 893	136	91	66
	<b>359</b>	<b>28,7</b>	<b>36,1</b>	<b>0,466</b>	<b>36,7</b>	<b>491</b>	<b>142</b>	1,8	<b>2 667</b>	<b>33</b>	<b>564</b>	<b>407</b>
90	1 157	12,1	20,6	0,528	38,4	245	51	0,6	8 596	95	282	203
	<b>304</b>	<b>31,6</b>	<b>40,7</b>	<b>0,460</b>	<b>39,5</b>	<b>574</b>	<b>172</b>	1,9	<b>2 259</b>	<b>25</b>	<b>660</b>	<b>476</b>
100	931	15,9	23,1	0,526	38,9	327	85	0,8	6 917	69	376	271
	<b>261</b>	<b>34,2</b>	<b>45,1</b>	<b>0,456</b>	<b>41,7</b>	<b>650</b>	<b>202</b>	2,0	<b>1 939</b>	<b>19</b>	<b>748</b>	<b>540</b>
110	764	18,3	24,1	0,516	34,8	328	85	0,8	5 676	52	377	272
	<b>227</b>	<b>36,4</b>	<b>49,4</b>	<b>0,453</b>	<b>43,4</b>	<b>717</b>	<b>237</b>	2,2	<b>1 687</b>	<b>15</b>	<b>824</b>	<b>595</b>
120	638	19,6	24,5	0,503	29,9	295	77	0,6	4 740	40	339	245
	<b>200</b>	<b>38,1</b>	<b>53,4</b>	<b>0,453</b>	<b>44,8</b>	<b>773</b>	<b>288</b>	2,4	<b>1 486</b>	<b>12</b>	<b>889</b>	<b>642</b>
130	539	20,1	24,7	0,490	25,9	256	66	0,5	4 004	31	294	212
	<b>178</b>	<b>39,3</b>	<b>57,3</b>	<b>0,455</b>	<b>45,8</b>	<b>820</b>	<b>339</b>	2,6	<b>1 322</b>	<b>10</b>	<b>943</b>	<b>680</b>
140	460	20,2	25,2	0,479	23,0	222	58	0,4	3 404	24	255	184
	<b>160</b>	<b>40,0</b>	<b>60,9</b>	<b>0,459</b>	<b>46,6</b>	<b>855</b>	<b>388</b>	2,8	<b>1 184</b>	<b>8</b>	<b>983</b>	<b>710</b>
150	402	19,7	25,5	0,473	20,6	191	50	0,3	2 975	20	220	158
	<b>145</b>	<b>40,1</b>	<b>64,2</b>	<b>0,465</b>	<b>47,1</b>	<b>879</b>	<b>435</b>	2,9	<b>1 073</b>	<b>7</b>	<b>1 010</b>	<b>730</b>
160	374	18,0	24,0	0,471	16,9	143	37	0,2	2 768	17	164	119
	134	39,6	67,1	0,474	47,3	888	<b>476</b>	3,0	<b>992</b>	<b>6</b>	<b>1 021</b>	<b>737</b>

*Примечание.* Поглощение углекислоты и выделение кислорода на 1 м<sup>3</sup> древесины взято из работы К. Б. Лосицкого, В. С. Чуенкова [9].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Исследования хода роста дубовых насаждений разного происхождения, разной густоты, разных географических районов показали, что в одном и том же возрасте порослевые насаждения имеют меньшее число стволов на одном гектаре, по сравнению с семенными. Максимальный суммарный средний прирост крупной плюс средней древесины находится в интервале 100–160 лет. В этом же возрастном интервале наблюдается максимальное поглощение углекислоты и выделение кислорода. Поглощение углекислоты и выделение кислорода зависит от объема древесины на одном га. Четкой зависимости урожайных лет от численности деревьев в насаждении по наблюдаемым объектам не установлено. Максимальный урожай семян наблюдается в густых древостоях, минимальный – в редких. В густых средний прирост семян составил 58 кг/га, редких – 16 кг/га. Таким образом, разработанная с помощью комбинированных уравнений регрессии методика построения таблицы хода роста разной густоты позволила определить величину суммарного среднего прироста крупной и средней деловой древесины, урожайность семян, объем поглощенной углекислоты и выделенного при этом кислорода дубовыми древостоями. Представляет интерес методика построения таблицы хода роста разной густоты. Ее можно тиражировать для древесных не имеющих достаточного количества таблиц хода роста, привлекая первичный экспериментальный материал, например, постоянные пробные площади государственной инвентаризации лесов. На временных пробных площадях методика апробирована на лиственнице и показала приемлемые результаты.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ**

1. Анучин Н. П. Лесная таксация : учеб. пособие. М. : Лесн. пром-сть, 1971. 512 с.
2. Выводцев Н. В., Выводцева А. Н. Лиственничники Дальнего Востока. Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. университета, 2013. 201 с.
3. Выводцев Н. В., Выводцева А. Н., Кобояси Р. Сосна кедровая корейская в Хабаровском крае и перспективы ее восстановления. Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. университета, 2016. 206 с.
4. Добрынин А. П. Дубовые леса российского Дальнего Востока (биология, география, происхождения). Владивосток : Дальнаука, 2000. 260 с.
5. Калинин Н. П. Руководство по ведению хозяйства и восстановлению дубрав в равнинных лесах европейской части Российской Федерации. М. : ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства, 2000. 136 с.
6. Козловский В. Б., Павлов В. М. Ход роста основных лесобразующих пород СССР. М. : Лесн. пром-сть, 1967. 328 с.
7. Кудинов А. И. Дубово-кедровые леса южного Приморья и их динамика / Приморская гос. с-х. акад. Уссурийск, 2000. 183 с.
8. Лонкина Е. С., Сивак Л. В. Результаты мониторинга урожайности дуба монгольского – основы кормовой базы копытных животных в заповеднике «Бастак» // Региональные проблемы. 2023. Т. 26, № 3. С. 16–24.

9. Лосицкий К. Б., Чуенков В. С. Эталонные леса. 2-е изд., перераб. М. : Лесн. пром-сть, 1980, 192 с.
10. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В. В. Загребев, В. И. Сухих, А. З. Швиденко, Н. Н. Гусев, А. Г. Мошкалев. М. : Колос, 1992. 495 с.
11. Сердюк А. В., Выводцев Н. В. Составление стандартных нормативов для таксации дубовых насаждений // Системы. Методы. Технологии. 2017. № 2 (34). С. 157–164.
12. Сердюк А. В., Выводцев Н. В. Оптимизация продуктивности дубовых насаждений // Системы. Методы. Технологии. 2017. № 4 (36). С. 139–146.
13. Сердюк А. В., Выводцев Н. В. Определение возраста технической спелости дубовых древостоев. Лесоведение 2019. № 6. С. 547–555
14. Справочник для таксации лесов Дальнего Востока / сост. В. Н. Корякин. Хабаровск : ДальНИИ лесн. хоз-ва, 1990. 512 с.
15. Хозяйственные группы типов леса и схемы систем лесохозяйственных мероприятий для южной части Дальнего Востока, включая зону БАМ / науч. ред. А. С. Шейнгауз. Хабаровск : ДальНИИ лесн. хоз-ва, 1986. 48 с.
16. Шаталов В. Г. Руководство по улучшению состояния и повышению продуктивности дубрав в лесостепной зоне европейской части Российской Федерации. Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1997. 68 с.

**REFERENCES**

1. Anuchin N. P. Lesnaya taksaciya : ucheb. posobie. M. : Lesn. prom-st', 1971. 512 s.
2. Vyvodcev N. V., Vyvodceva A. N. Listvennichniki Dal'nego Vostoka. Habarovsk : Izd-vo Tihookeanskogo gos. universiteta, 2013. 201 s.
3. Vyvodcev N. V., Vyvodceva A. N., Koboyasi R. Sosna kedrovaya korejskaya v Habarovskom krae i perspektivy ee vosstanovleniya. Habarovsk : Izd-vo Tihookeanskogo gos. universiteta, 2016. 206 s.
4. Dobrynin A. P. Dubovye lesa rossijskogo Dal'nego Vostoka (biologiya, geografiya, proiskhozhdeniya). Vladivostok : Dal'nauka, 2000. 260 s.
5. Kalinichenko N. P. Rukovodstvo po vedeniyu hozyajstva i vosstanovleniyu dubrav v ravninnyh lesah evropejskoj chasti Rossijskoj Federacii. M. : VNIИ lesovodstva i mekhanizacii lesnogo hozyajstva, 2000. 136 s.
6. Kozlovskij V. B., Pavlov V. M. Hod rosta osnovnyh lesoobrazuyushchih porod SSSR. M. : Lesn. prom-st', 1967. 328 s.
7. Kudinov A. I. Dubovo-keдрovye lesa yuzhnogo Primor'ya i ih dinamika / Primorskaya gos. s-h. akag. Ussurijsk, 2000. 183 s.
8. Lonkina E. S., Sivak L. V. Rezul'taty monitoringa urozhajnosti duba mongol'skogo – osnovy kormovoj bazy kopytnyh zhivotnyh v zapovednike "Bastak" // Regional'nye problemy. 2023. T. 26, № 3. S. 16–24.
9. Losickij K. B., Chuenkov V. S. Etalonnnye lesa. 2-e izd. Pererab. M. : Lesn. prom-st', 1980, 192 s.
10. Obshchesoyuznyye normativy dlya taksacii lesov / V. V. Zagreev, V. I. Suhih, A. Z. Shvidenko, N. N. Gusev, A. G. Moshkalev. M. : Kolos, 1992. 495 s.

11. Seredyuk A. V., Vyvodcev N. V. Sostavlenie standartnykh normativov dlya taksatsii dubovykh nasazhdenij // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2017. № 2 (34). S. 157–164.

12. Seredyuk A. V., Vyvodcev N. V. Optimizatsiya produktivnosti dubovykh nasazhdenij // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2017. № 4 (36). S. 139–146.

13. Seredyuk A. V., Vyvodcev N. V. Opredelenie vozrasta tekhnicheskoy spelosti dubovykh drevostoev. Lesovedenie 2019. № 6. S. 547–555

14. Spravochnik dlya taksatsii lesov Dal'nego Vostoka / sost. V. N. Koryakin. Habarovsk : Dal'NII lesn. hoz-va, 1990. 512 s.

15. Hozyajstvennyye gruppy tipov lesa i skhemy sistem lesohozyajstvennykh meropriyatij dlya yuzhnoj chasti Dal'nego Vostoka, vklyuchaya zonu BAM / nauch. redaktor A. S. Shejngauz. Habarovsk : Dal'NII lesn. hoz-va, 1986. 48 s.

16. Shatalov V. G. Rukovodstvo po uluchsheniyu sostoyaniya i povysheniyu produktivnosti dubrav v lesosotepnoj zone evropejskoj chasti Rossijskoj Federacii. Voronezh : Izd-vo Voronezhskij gos. universiteta, 1997. 68 s.

© Выводцев Н. В., 2025

---

Поступила в редакцию 10.02.2025  
Принята к печати 20.05.2025

## ДЕКОРАТИВНОСТЬ КУСТАРНИКОВ НА ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ Г. КРАСНОЯРСКА

Е. В. Авдеева, Д. В. Иванов

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31  
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

**Аннотация.** Существенным аспектом их экологической значимости выступает эстетическое воздействие на визуальное восприятие городских ландшафтов. Широкий спектр морфологических характеристик кустарниковых растений, включая вариативность форм, размеров и колористических решений, обеспечивает возможность формирования гармоничных композиций, оказывающих позитивное психоэмоциональное воздействие на горожан и способствующих повышению устойчивости городской среды. «Зеленый» эстетический эффект достигается благодаря биоразнообразию растительных видов, в частности кустарников, их декоративным качествам, включающим цвет и текстуру листвы, а также посредством формирования объемно-пространственных структур и процессов их взаимодействия с природным и антропогенным окружением. Предметом настоящего исследования выступают кустарниковые растения, произрастающие в городских насаждениях Красноярска различного функционального назначения в семи районах города. Обслуживание данных насаждений осуществляется муниципальным предприятием «Управление зеленого строительства» (МП «УЗС»). В качестве объектов изучения выбраны следующие виды: кизильник блестящий, сирень венгерская, жимолость татарская, смородина двуликая, карагана древовидная, а также саженцы питомника декоративных растений МП «УЗС». Анализ декоративных характеристик исследуемых видов кустарников продемонстрировал, что суммарная оценка декоративности колеблется в диапазоне от 31 до 47 баллов, что свидетельствует о высокой декоративной ценности данных растений. Ранжирование кустарников по общей сумме баллов, отражающее убывание декоративности, имеет следующий вид: жимолость татарская (42,30 балла); сирень венгерская (40,79 балла); карагана древовидная (35,70 балла); кизильник блестящий (35,61 балла); смородина двуликая (34,40 балла). Отмечается незначительная разница в значениях оценок, что указывает на сопоставимый уровень декоративности представленных видов. Каждый вид обладает уникальными характеристиками, которые могут быть эффективно использованы при формировании объемно-пространственных композиций в ландшафтном дизайне.

**Ключевые слова:** кустарники, объекты озеленения, Красноярск, декоративность, насаждения.

*Conifers of the boreal area.* 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 59–66

## DECORATIVENESS OF SHRUBS AT LANDSCAPING SITES OF KRASNOYARSK CITY

E. V. Avdeeva, D. V. Ivanov

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

**Annotation.** One of the key components of environmental protection potential of shrubs is the aesthetic effect in shaping the visual appearance of urban spaces. The variety of shapes, sizes and colors of shrubs allows creating compositions that make the city harmonious and stable at the psycho-emotional level. The “green” aesthetic effect is created due to the biodiversity of plant species (shrubs), their decorative properties (color and texture), volumetric-spatial compositions, and the processes of their interaction with the surrounding natural and anthropogenic environment. The objects of the study are shrubs growing in plantings of the city of Krasnoyarsk for various functional purposes, located in 7 districts of the city, maintained by the Municipal Enterprise “Green Construction Management” (MP “GCM”) and the nursery of ornamental plants of the MP “GCM”: glossy cotoneaster, Hungarian lilac, Tatar honeysuckle, two-spined currant, tree-like caragana. The results of the analysis of the decorativeness of the studied shrub species showed that the total score of all the studied shrubs is within 31–47 points, which confirms the high decorativeness of these plant species; the order of decorativeness of shrubs by the total score is from high to low: Tatar honeysuckle – 42.30; Hungarian lilac – 40.79; tree caragana – 35.70; glossy cotoneaster – 35.61; two-spined currant – 34.40. The discrepancies in the values are not significant; each species has its own advantages that must be used when creating volumetric-spatial compositions.

**Keywords:** shrubs, landscaping objects, Krasnoyarsk, decorativeness, plantings.

В ходе анализа литературных источников и проведенных рекогносцировочных исследований городских объектов озеленения [1] установлено, что зеленые насаждения, в целом, и кустарники, в частности, обладают значительным средозащитным потенциалом – улучшают качество воздуха, снижают шум и ветровую нагрузку [2; 3; 4; 5; 6; 7]. Одной из ключевых составляющих их средозащитного потенциала является эстетический эффект в формировании визуального облика городских пространств. Разнообразие форм, размеров и окраски кустарников позволяет создавать композиции, создающие город гармоничным и устойчивым на психоэмоциональном уровне. «Зеленый» эстетический эффект создается за счет биоразнообразия видов растений (кустарников), их декоративных свойств (цвет и текстуры), объемно-пространственных композиций, процессов их взаимодействия с окружающей природной и антропогенной средой [9; 10].

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются свободно растущие кустарники насаждений города Красноярск различного функционального назначения, расположенные в 7 районах города Красноярска, обслуживание которых производит Муниципальное предприятие «Управление зеленого строительства» (МП «УЗС») и питомника декоративных растений МП «УЗС»: кизильник блестящий, сирень венгерская, жимолость татарская, смородина двуликая, карагана древовидная. Функциональное назначение и террито-

риальное расположение объектов озеленения представлены на рис. 1.

Оценка декоративности исследуемых видов кустарников проведена по методике, разработанной в САФУ им. М. В. Ломоносова, авторы Н. А. Бабич, О. С. Залывская, представленная в открытой печати [14; 15]. В ее основу положен анализ основных декоративных свойств растений, таких как: архитектура кроны, длительность и обилие цветения, окраска и величина цветков, привлекательность внешнего вида плодов, аромат цветов и плодов, цветовая гамма осенней окраски листьев, поврежденность растений, зимостойкость вида, продолжительность облиствления [11; 12; 13] (рис. 2).

В основу данной методики положены различные методы оценки из смежных областей знаний:

- эстетичность открытых ландшафтов, пейзажей, лесных сообществ [17; 18; 20], характеризует декоративный облик участков леса, открытые пространства и другие фитоценозы в естественных условиях;

- отдельные признаки деревьев и кустарников (обилие цветения, зимостойкость, поврежденность растений и др.), отражая какой-то один параметр [19], где одним из основных диагностических показателей физиологического состояния деревьев, произрастающих в городских насаждениях, является возрастная декоративность, которая отражает изменения эстетических свойств растений в процессе онтогенеза;

- декоративности, в основу которой положена динамика возрастных изменений основных признаков архитектуры кроны: её форма, структура и фактура [19].

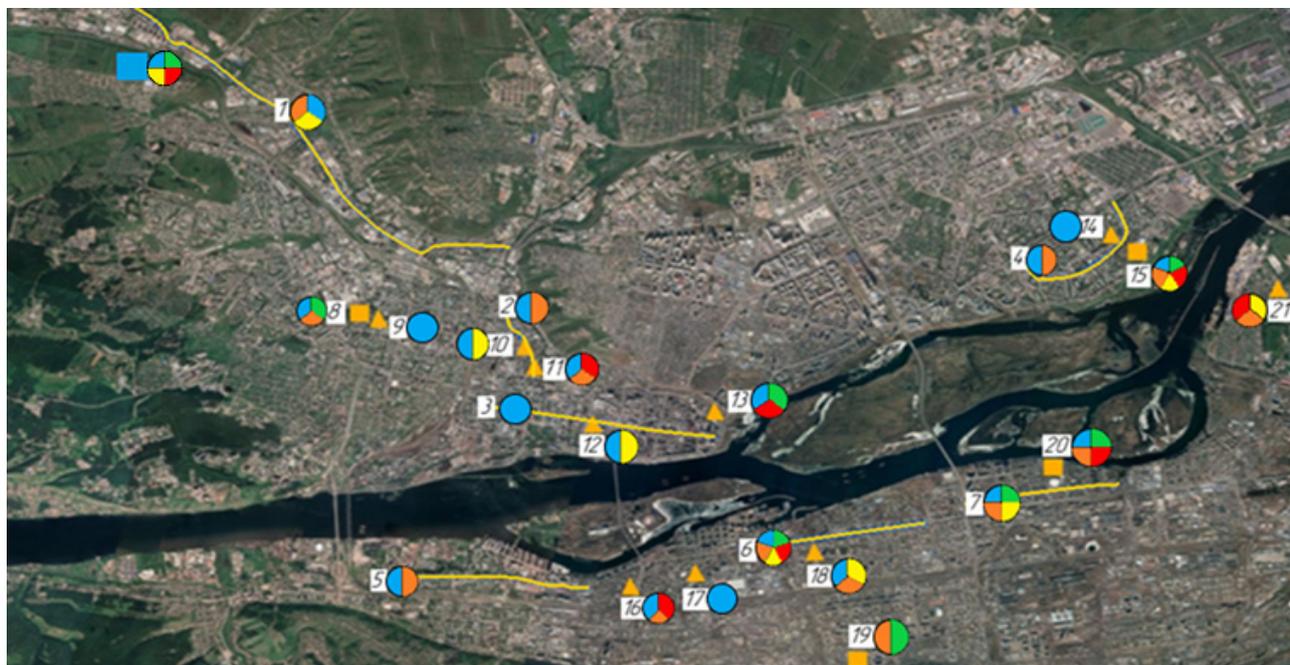


Рис. 1. Объекты озеленения и питомник МП «УЗС» с исследуемыми кустарниками:

— улицы (проспекты): 1 – ул. Калинина, 2 – ул. Железнодорожников, 3 – проспект Мира, 4 – улица Тельмана, 5 – улица Судостроительная, 6 – проспект им. газеты «Красноярский рабочий», 7 – улица Юности;  
 ▲ – скверы: 9 – Сквер (ул. Железнодорожников, 19), 12 – Сквер имени А.С. Пушкина, 13 – Сквер «Победителей», 14 – Сквер (Устиновича, 1а), 16 – Сквер (Матросова, 10), 17 – Сквер «Фестивальный», 10 – сквер «Уют», 11 – сквер «Паниковка», 18 – Площадь и бульвар Маяковского, 21 – Сквер «Одесский»; ■ – парки: 8 – Парк «Троя», 15 – Парк «Гвардейский», 19 – Парк «Кировский», 20 – Парк им. 1 мая; ■ – Питомник МП УЗС; ● – сирень венгерская, ● – кизильник блестящий, ● – жимолость татарская, ● – смородина двуликая, ● – карагана древовидная

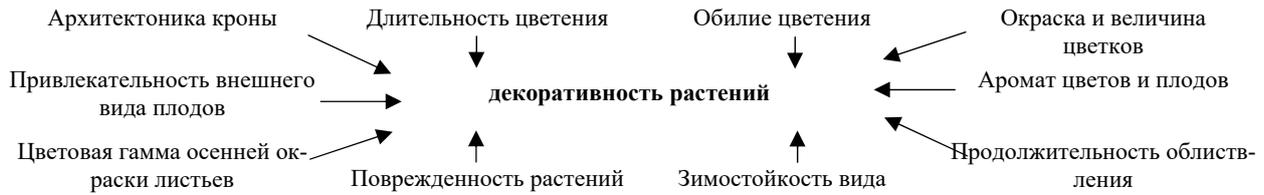


Рис. 2. Схема методологии исследования декоративности зеленых насаждений в городских условиях [15]

Оценка декоративности проводилась в балльной системе от 0 до 5 баллов, где наивысший балл – 5 присваивается растениям, которые отличаются более декоративными свойствами, при снижении декоративности оценка может быть снижена до 0. Сумма баллов определяет общий балл и степень декоративности (табл. 1). В табл. 2 представлены декоративные свойства исследуемых видов кустарников.

Таблица 1  
Степень декоративности деревьев и кустарников [15]

Суммарный балл	1-10	11-20	21-30	31-47
Декоративность	Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая

В табл. 2 представлен сравнительный анализ данных декоративных свойств исследуемых видов кустарников. Анализ декоративности кустарников в условиях города Красноярск проводился на объектах озеленения у свободнорастущих кустарников в процессе проведения экологического мониторинга, оценивалось по 30 экземпляров каждого вида. Для каждой выборки рассчитываются статистические показатели по каждому виду: максимальное значение ( $M_{max}$ ), минимальное значение ( $M_{min}$ ), размах вариации ( $R$ ), стандартное отклонение ( $\sigma$ ), дисперсия ( $\sigma^2$ ), коэффициент вариации ( $V$ , %), уровень изменчивости признака, точность опыта ( $P$ , %), ошибка среднего значения ( $\pm m$ ), объем выборки ( $n$ ), достоверность среднего значения. Уровень изменчивости признака при значении коэффициента вариации до 7 % оценивался как очень низкий, 8...12 % – низкий, 13...20 % – средний, 21...30 % – повышенный, 31...40 % – высокий, 40 % и более – очень высокий [16]. В табл. 3 представлены статистические характеристики признаков декоративности сирени венгерской на объектах озеленения

г. Красноярск, соответствующие параметры рассчитаны для всех исследуемых видов кустарников.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты анализа декоративности исследуемых видов кустарников показали, что:

- суммарный балл исследуемых видов кустарников находится в пределах 31–47 баллов, что подтверждает высокую декоративность данных растений;
- ряд декоративности кустарников по общей сумме баллов от больших значений к меньшим: жимолость татарская – 42,30; сирень венгерская – 40,79; карагана древовидная – 35,70; кизильник блестящий – 35,61; смородина двуликая – 34,40 (рис. 3, 4); расхождения в значениях не значительные; у каждого вида есть свои преимущества, которые необходимо использовать при создании объемно-пространственных композиций;
- цветущие растения, такие как сирень венгерская и жимолость татарская необходимо использовать для создания цветочных акцентов в весеннее время;
- кизильник блестящий и смородина двуликая – обладают свойствами динамичных сезонных изменений: меняющие свой внешний вид в зависимости от сезона, особенно за счет изменения окраски листьев осенью, позволяет жителям города наслаждаться разнообразием природы на протяжении всего года
- сочетание таких видов как кизильник блестящий, сирень венгерская, карагана древовидная позволит создавать текстурные контрасты: различные текстуры листьев и стеблей растений, такие как гладкие, шероховатые, простые, сложные, крупные и мелкими листья создадут визуальные контрасты;
- данные виды кустарников имеют различную высоту, что позволяет использовать растения разной высоты для создания вертикальных композиций: карагана древовидная, сирень венгерская – для создания фона, а жимолость татарская и кизильник блестящий – для создания переднего плана.

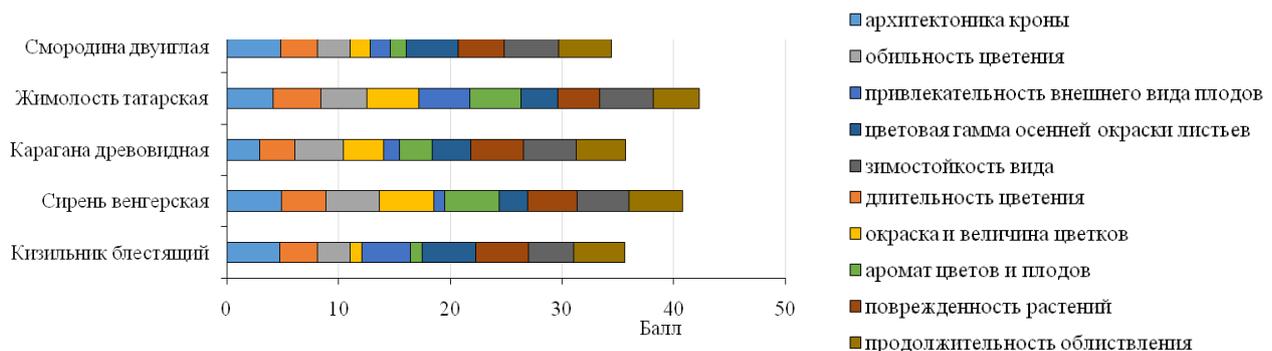


Рис. 3. Декоративность кустарников по общей сумме баллов

**Таблица 2**  
**Декоративные свойства исследуемых видов кустарников**

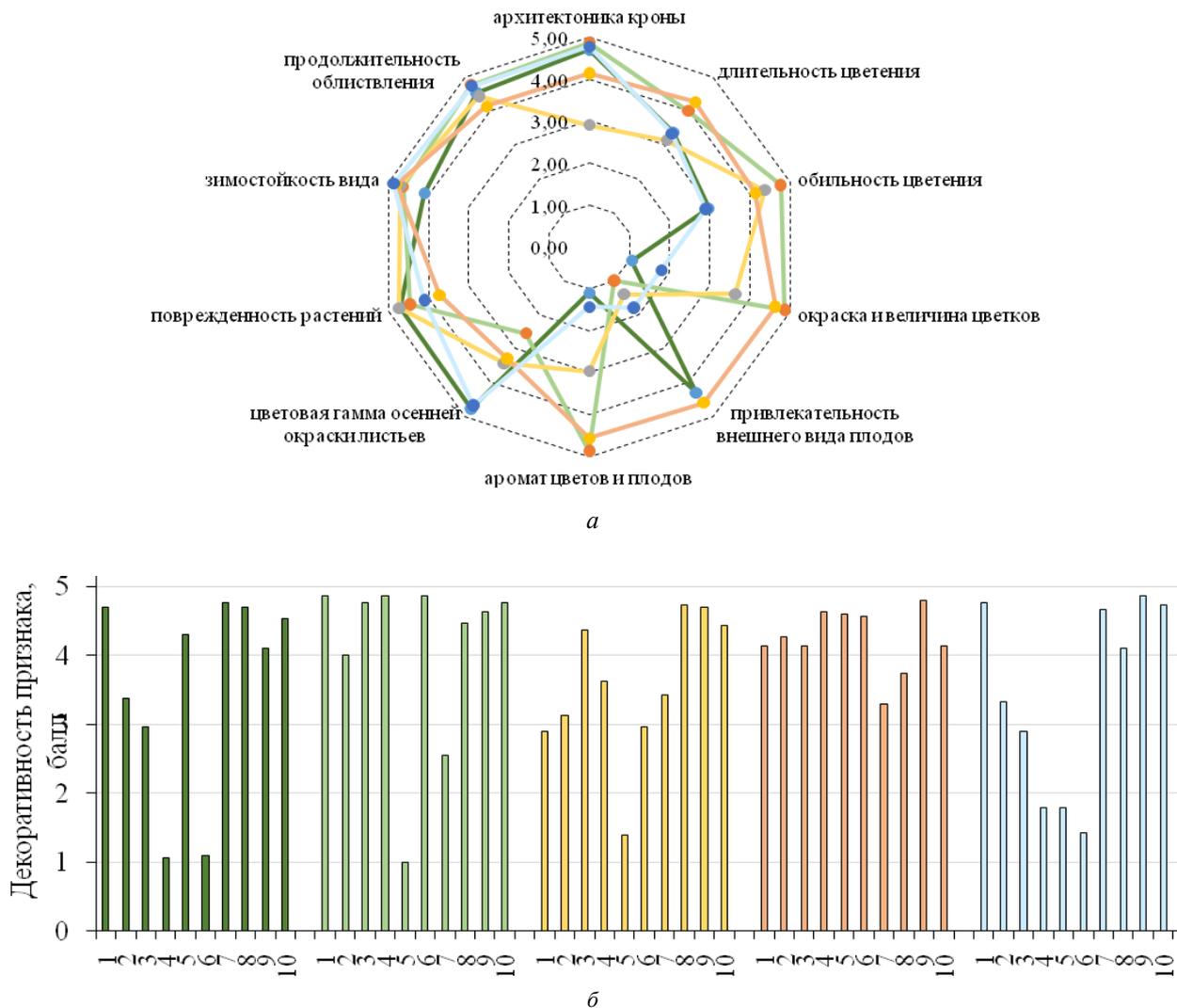
	Кизильник блестящий	Сирень венгерская	Смородина двуиглая	Жимолость татарская	Карагана древовидная
Цветовая гамма листвы: Лето	Темно-зеленая	Темно-зеленая	Светло-зеленая	Зелено-серая	Ярко-зеленая
Осень	пурпурная	желтоватая	желто-красная	тускло-коричневая	желтая
Особенности:	Листья имеют насыщенный темно-зеленый цвет в летний период, что придает ему классический и элегантный вид, осенью листья приобретают яркий пурпурный оттенок, добавляя яркости в осенний пейзаж	Листья имеют глубокий темно-зеленый цвет в летний период, что делает её привлекательной для создания плотных живых изгородей, осенью листья становятся желтоватого оттенка, постепенно переходя в коричневый	Листья имеют светло-зеленый цвет в летний период, что добавляет легкости и свежести в дизайн сада, осенью листья меняют цвет на желто-красный, что придает кустарнику особую привлекательность в осеннем пейзаже	Листья имеют зелено-серый оттенок в летний период, что делает её немного менее яркой по сравнению с другими кустарниками, осенью листья теряют цвет и становятся тусклыми, приобретая коричневатый оттенок	Листья имеют яркий зеленый цвет в летний период, что делает её визуально привлекательной в композициях с другими кустарниками, осенью листья переходят в желтый цвет, добавляя ярких акцентов в осеннюю палитру
Выводы и рекомендации	Сезонные изменения декоративности: Лето: Кизильник блестящий, сирень венгерская и карагана древовидная сохраняют высокий уровень декоративности благодаря насыщенной зеленой окраске своих листьев. Осень: Смородина двуиглая и, особенно кизильник блестящий приобретают яркие цвета (желто-красные и желтые, соответственно), что повышает их декоративность в этот период				

Карагана древовидная выделяется ярким зеленым цветом листвы летом, что делает её особо заметной в ландшафтном дизайне. Кизильник блестящий и сирень венгерская имеют насыщенный темно-зеленый цвет летом, что подчеркивает их структурные функции в ландшафте. Смородина двуиглая и кизильник блестящий добавляют яркости в осенний сезон своими желто-красными оттенками. Жимолость татарская имеет менее выразительную окраску, но её зелено-серая листва летом и тускло-коричневые тона осенью придают ей особый шарм в сочетании с другими кустарниками

**Продолжение табл. 2**

	Кизильник блестящий	Сирень венгерская	Смородина двуиглая	Жимолость татарская	Карагана древовидная
Цветение	играет важную роль в ландшафтном дизайне, определяя эстетическую ценность растений в определенный период времени				
Период цветения	Май–июнь	Конец мая – начало июня	Май–июнь	Май–июнь	Май–июнь
Цветы	Мелкие розовато-белые, собраны в щитковидные соцветия	Сиреневые, розовые, собранные в крупные метелки	Маленькие, незаметные	Розовато-белые, в щитковых соцветиях	Желтые, в кистях
Особенности	Цветы невзрачны, но обильно покрывают кустарник	Обильное цветение с приятным ароматом	Незаметное цветение, но образует плоды	Обильное цветение, привлекает насекомых-опылителей	Обильное цветение, привлекает насекомых-опылителей
Сравнение цветения	Обильное цветение: жимолость татарская, карагана древовидная. Среднее цветение: сирень венгерская, кизильник блестящий. Незначительное цветение: смородина двуиглая				
Выводы и рекомендации	Жимолость татарская и карагана древовидная выделяются обильным и продолжительным цветением. Сирень венгерская и кизильник блестящий также радуют глаз в период цветения, хотя их цветы менее заметны. Смородина двуиглая практически нецветущая, но компенсирует плодоношением				





**Рисунок 4 – Декоративность исследуемых видов кустарников:**

*а* – сравнительный анализ кустарников по каждому декоративному признаку;

*б* – индивидуальные данные по каждому декоративному признаку:

вид кустарника: ■ – карагана древовидная; ■ – сирень венгерская; ■ – жимолость татарская; ■ – кизильник блестящий; ■ – смородина двулиглая;

1 – архитектура кроны; 2 – длительность цветения; 3 – обильность цветения; 4 – окраска и величина цветков;

5 – привлекательность внешнего вида плодов; 6 – аромат цветов и плодов; 7 – цветовая гамма осенней окраски листьев;

8 – поврежденность растений; 9 – зимостойкость вида; 10 – продолжительность облиствления

## ВЫВОДЫ

Таким образом, создание визуального разнообразия растениями в условиях городской среды – важный аспект озеленения, который способствует улучшению эстетики города и повышению качества жизни его жителей. Эстетическая функция зеленых насаждений оказывает значительное влияние и на психоэмоциональное состояние людей: зеленые насаждения, воспринимаемые на уровне глаз (средняя высота кустарников) создают более позитивную атмосферу, способствуя улучшению настроения; способствуют улучшению концентрации и продуктивности, что особенно важно в городской среде.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Авдеева Е. В., Иванов Д. В. Влияние техногенных воздействий на жизненное состояние кустарни-

ков в условиях урбанизированной среды (на примере города Красноярска) // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. XLII, № 6. С. 79– 84.

2. Формирование средозащитных объектов озеленения в градоэкологических системах / В. В. Балакин, В. Ф. Сидоренко, М. Ю. Слесарев, А. В. Антюфеев // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 8. С. 1004–1022.

3. Сродных Т. Б., Лисина Е. И. Шумозащитная функция насаждений городских бульваров // АБУ. 2012. № 2 (94). С. 57–60.

4. Сродных Т. Б., Никитина Е. С., Обоскалова Н. А. Декоративные живые изгороди: состояние, габитус, композиционные приемы // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2020 : матер. Междунар. науч.-техн. конф. Саратов : ООО «ЦеСАин», 2020. С. 142–149.

5. Пихтовникова Н. А., Аткина Л. И., Сафронова У. А. Накопление пыли на листьях декоративных кустарников // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XI Всерос. науч.-техн. конф. Ч. 2. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. С. 171–174.

6. Махнев А. К., Мамаев С. А. Итоги исследований по проблемам создания защитных и декоративных зеленых насаждений в условиях медеплавильных заводов на Урале // Проблемы создания защитных насаждений в условиях техногенных ландшафтов : сб. статей. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1979. С. 3–47.

7. Мамаева Е. Т., Ситчихина Н. М. Устойчивость зеленых насаждений к газообразным выбросам предприятий алюминиевой промышленности // Проблемы создания защитных насаждений в условиях техногенных ландшафтов : сб. ст. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1979. С. 48–57.

8. Мамаева Е. Т., Ситчихина Н. М. Устойчивость зеленых насаждений к газообразным выбросам предприятий алюминиевой промышленности // Проблемы создания защитных насаждений в условиях техногенных ландшафтов : сб. ст. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1979. С. 48–57.

9. Якушина Э. И. Декоративные аспекты листопадных древесных растений в озеленении Москвы // Бюллетень ГБС. 1975. № 98. С. 8–17.

10. Фролова В. А. Исследование структуры насаждений на общегородских объектах озеленения (на примере бульваров г. Москвы) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М. : Изд-во МГУЛ, 2001. 25 с.

11. Колесников А. И. Декоративная дендрология. М. : Лесная промышленность, 1974. 704 с.

12. Любавская А. Я., Виноградова О. Н. Селекционная оценка древесных растений, применяемых для озеленения г. Москвы. М. : Изд-во МЛТИ 1983. 128 с.

13. Малаховец П. М., Тисова В. А. Фенологические наблюдения за сезонным развитием деревьев и кустарников. Архангельск : Изд-во АГТУ, 1999. 48 с.

14. Бабич Н. А., Залывская О. С., Травникова Г. И. Интродуценты в зелёном строительстве северных городов. Архангельск : Изд-во АГТУ, 2008. 144 с.

15. Бабич Н. А., Залывская О. С. Генетика и селекция декоративных растений. Методические рекомендации по проведению учебной практики. Архангельск : Изд-во АГТУ, 2014. 14 с.

16. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. Москва : Наука, 1972. 284 с.

17. Рожков Л. Н. Методика эстетической оценки пейзажей // Лесное хозяйство. 1978. № 12. С. 23–26.

18. Любавская А. Я., Виноградова О. Н. Селекционная оценка древесных растений, применяемых для озеленения г. Москвы. М. : Изд-во МЛТИ 1983. 128 с.

19. Фролова В. А. Исследование структуры насаждений на общегородских объектах озеленения (на примере бульваров г. Москвы) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М. : Изд-во МГУЛ, 2001. 25 с.

20. Маркевич И. А., Шужмов А. А. Методика эстетической оценки элементарных ландшафтов при движении по маршрутам // Лесной журнал. 1993. № 1. С. 17.

## REFERENCES

1. Avdeeva E. V., Ivanov D. V. Vliyanie tekhnogennykh vozdeystviy na zhiznennoe sostoyanie kustarnikov v usloviyah urbanizirovannoy sredy (na primere goroda Krasnoyarska) // Hvoynye boreal'noj zony. 2024. T. XLIII, № 6. S. 79–84.

2. Formirovanie sredozashchitnykh ob'ektov ozeleneniya v gradoekologicheskikh sistemah / V. V. Balakin, V. F. Sidorenko, M. Yu. Slesarev, A. V. Antyufeyev // Vestnik MGSU. 2019. T. 14. Vyp. 8. S. 1004–1022.

3. Srodnykh T. B., Lisina E. I. Shumozashchitnaya funktsiya nasazhdeniy gorodskikh bul'varov // AVU. 2012. № 2 (94). S. 57–60.

4. Srodnykh T. B., Nikitina E. S., Oboskalova N. A. Dekorativnye zhivye izgorodi: sostoyanie, gabitus, kompozitsionnye priemy // Landshaftnaya arhitektura i prirodoobustrojstvo: ot proekta do ekonomiki – 2020 : mater. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Saratov : OOO “CeSAin”, 2020. S. 142–149.

5. Pihovnikova N. A., Atkina L. I., Safronova U. A. Nakoplenie pyli na list'yah dekorativnykh kustarnikov // Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii : mater. XI Vseros. nauch.-tekhn. konf. Ch. 2. Ekaterinburg : Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2015. S. 171–174.

6. Mahnev A. K., Mamaev S. A. Itogi issledovaniy po problemam sozdaniya zashchitnykh i dekorativnykh zelenykh nasazhdeniy v usloviyah medeplavil'nykh zavodov na Urale // Problemy sozdaniya zashchitnykh nasazhdeniy v usloviyah tekhnogennykh landshaftov : sb. statej. Sverdlovsk : UNC AN SSSR, 1979. S. 3–47.

7. Mamaeva E. T., Sitchihina N. M. Ustojchivost' zelenykh nasazhdeniy k gazoobraznym vybrosam predpriyatij alyuminievoj promyshlennosti // Problemy sozdaniya zashchitnykh nasazhdeniy v usloviyah tekhnogennykh landshaftov : sb. st. Sverdlovsk : UNC AN SSSR, 1979. S. 48–57.

8. Mamaeva E. T., Sitchihina N. M. Ustojchivost' zelenykh nasazhdeniy k gazoobraznym vybrosam predpriyatij alyuminievoj promyshlennosti // Problemy sozdaniya zashchitnykh nasazhdeniy v usloviyah tekhnogennykh landshaftov : sb. st. Sverdlovsk : UNC AN SSSR, 1979. S. 48–57.

9. Yakushina E. I. Dekorativnye aspekty listopadnykh drevesnykh rasteniy v ozelenenii Moskvy // Byulleten' GBS. 1975. № 98. S. 8–17.

10. Frolova V. A. Issledovanie struktury nasazhdeniy na obshchegorodskikh ob'ektah ozeleneniya (na primere bul'varov g. Moskvy) : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. M. : Izd-vo MGUL, 2001. 25 s.

11. Kolesnikov A. I. Dekorativnaya dendrologiya. M. : Lesnaya promyshlennost', 1974. 704 s.

12. Lyubavskaya A. Ya., Vinogradova O. N. Selekcionnaya ocenka drevesnykh rasteniy, primenyaemykh dlya ozeleneniya g. Moskvy. M. : Izd-vo MLTI 1983. 128 s.

13. Malahovec P. M., Tisova V. A. Fenologicheskie nablyudeniya za sezonnym razvitiem derev'ev i kustarnikov. Arhangel'sk : Izd-vo AGTU, 1999. 48 s.

14. Babich N. A., Zalyvskaya O. S., Travnikova G. I. Introducenty v zelyonom stroitel'stve severnykh gorodov. Arhangel'sk : Izd-vo AGTU, 2008. 144 s.

15. Babich N. A., Zalyvskaya O. S. Genetika i selekciya dekorativnyh rastenij. Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu uchebnoj praktiki. Arhangel'sk : Izd-vo AGTU, 2014. 14 s.

16. Mamaev S. A. Formy vnutrividovoj izmenchivosti drevesnyh rastenij. Moskva : Nauka, 1972. 284 s.

17. Rozhkov L. N. Metodika esteticheskoy ocenki pejzazhej // Lesnoe hozyajstvo. 1978. № 12. S. 23–26.

18. Lyubavskaya A. Ya., Vinogradova O. N. Selekcionnaya ocenka drevesnyh rastenij, primenyaemyh dlya ozeleneniya g. Moskvy. M. : Izd-vo MLTI 1983. 128 s.

19. Frolova V. A. Issledovanie struktury nasazhdenij na obshegorodskih ob"ektah ozeleneniya (na primere bul'varov g. Moskvy) : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. M. : Izd-vo MGUL, 2001. 25 s.

20. Markevich I. A., Shuzhmov A. A. Metodika esteticheskoy ocenki elementarnyh landshaftov pri dvizhenii po marshrutam // Lesnoj zhurnal. 1993. № 1. S. 17.

© Авдеева Е. В., Иванов Д. В., 2025

---

Поступила в редакцию 20.04.2025

Принята к печати 20.05.2025

## АНАЛИЗ ФАКТИЧЕСКОЙ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПУТИ ЕЕ МИНИМИЗАЦИИ

Г. В. Куксин<sup>1</sup>, И. М. Секерин<sup>2</sup>, А. М. Ерицов<sup>3</sup>, С. В. Залесов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>АНО «Центр профилактики ландшафтных пожаров»

<sup>2,4</sup>Уральский государственный лесотехнический университет  
Российская Федерация, 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37

<sup>3</sup>ФБУ «Авиалесоохрана»

Российская Федерация, г. Пушкино, Московской области

E-mail: <sup>1</sup>gkuksin1980@gmail.com; <sup>2</sup>sekerinim@mail.ru; <sup>3</sup>aeritsov@mail.ru; <sup>4</sup>zalesovsv@m.usfeu.ru

**Аннотация.** На основе материалов статистической отчетности, литературных и ведомственных материалов, а также результатов собственных исследований авторов проанализированы показатели фактической горимости лесов за период с 2015 по 2024 гг. по федеральным округам Российской Федерации. Отмечаются существенные различия количества ландшафтных пожаров по указанным округам и сложности в установлении общей пройденной огнем площади из-за разных систем учета.

Показатели горимости в значительной степени зависят от района применения конкретных сил и средств пожаротушения, а также от причин возникновения лесных пожаров. В Сибири и на Дальнем Востоке при меньшем, по сравнению с европейской частью страны, количестве пожаров, пройденная ими площадь существенно выше. Кроме того, здесь большая доля пожаров от молний, то есть от природных источников огня. В последние годы возросло количество ландшафтных пожаров и пройденной ими площади за Полярным кругом, что объясняется изменением климата в сторону повышения температуры воздуха. Та же причина объясняет увеличение количества верховых и торфяных пожаров.

В качестве основного направления минимизации показателей горимости рекомендуется совершенствование нормативно правовых документов по охране лесов от пожаров.

**Ключевые слова:** федеральные округа, ландшафтные пожары, горимость лесов, верховые пожары, торфяные пожары, охрана лесов.

*Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 67–75*

## ANALYSIS OF ACTUAL FOREST FIRE RISK IN THE FEDERAL DISTRICTS OF THE RUSSIAN FEDERATION AND WAYS TO MINIMIZE IT

G. V. Kuksin<sup>1</sup>, I. M. Sekerin<sup>2</sup>, A. M. Yeritsov<sup>3</sup>, S. V. Zalesov<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ANO "Center for prevention of landscape fires"

<sup>2,4</sup>Ural State Forestry Engineering University  
37, Sibirskiy Trakt str., Yekaterinburg, 620100, Russian Federation

<sup>3</sup>FBU "Avialesookhrana"

Moscow region, Pushkino, Russian Federation

E-mail: <sup>1</sup>gkuksin1980@gmail.com; <sup>2</sup>sekerinim@mail.ru; <sup>3</sup>aeritsov@mail.ru; <sup>4</sup>zalesovsv@m.usfeu.ru

**Annotation.** Based on statistic reporting materials, literary and departmental materials as the results of the authors own research, there were analyzed the actual forest fire burning rates for the period from 2015 to 2024 for the Federal Districts of the Russian Federation. There are significant differences in the number of landscape fires in the specified districts and difficulties in establishing the total area covered by fire due to different accounting systems.

The burning indicators largely depend on the area of application of specific fire light forces and means as well as from the causes of forest fires. In Siberia and the Far East, the number of fires is lower than in the European Part of the country, but the area they cover is significantly greater. In addition there is a higher share of fires caused by lightning, that is by natural sources of fire. In recent years, the number of landscape fires and the area they cover in the Arctic circle have increased. That is explained by the climate change forwards increasing air temperature. The same reason explains the increase in the number of crown and plat fires.

The main direction for minimizing of forest fire risk indicators is the improvement of regulatory documents in the protection of forest from fires.

**Keywords:** federal districts, landscape fires, forest burning, crown fires, plat fires, forest protection.

## ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на значительное количество публикаций по проблеме охраны лесов от пожаров многие вопросы остаются нерешенными. Так, в частности, большинство публикаций, касающихся анализа горимости лесов, характеризует либо конкретный регион, либо охватывает незначительный период времени [Черных, Фуряев, 2011; Марченко, Залесов, 2013; Иванова, Иванов, 2015; Залесов и др., 2022]. Последнее затрудняет понимание вопросов влияния изменения климата на горимость лесов [Weber, Flannigan, 1997; Goldammer, Price, 1998; Архипов, Залесов, 2017; Лескинен и др., 2020], а также порождает у обывателей слуха о низкой эффективности работы лесной охраны по ликвидации лесных пожаров. Известно [Валендик, 1990; Залесов, Залесова, 2014], что особого внимания заслуживают крупные и торфяные (почвенные) пожары. При этом первые охватывают огромные площади лесного фонда за краткий период времени [Валендик, 1990], а вторые могут действовать круглый год и при горении выделяют огромные объемы углерода [Душа-Гудым, 2002; Секерин и др., 2022а, б, 2023а, б]. Указанное свидетельствует о несомненной актуальности общего анализа фактической горимости лесов на территории Российской Федерации по автономным округам.

В настоящее время для анализа горимости лесов необходимо использовать несколько источников.

Лесные пожары и иные ландшафтные (природные пожары), которые затрагивают леса и действуют на землях лесного фонда, обороны и безопасности и особо-охраняемых природных территорий (ООПТ) учитываются силами Рослесхоза. Для этого первичные данные собираются силами региональных диспетчерских служб, которые передают эти сведения в федеральную диспетчерскую службу Федерального бюджетного учреждения «Авиалесоохрана» (ФБУ «Авиалесоохрана»), которая проверяет эти данные, в том числе с использованием системы космического мониторинга ИСДМ-Рослесхоз, и в конечном итоге передает их в Росстат.

Система ИСДМ при этом регистрирует значительно больше пожаров, но не все они подлежат учету силами Рослесхоза и подведомственных ему организаций.

Помимо указанных выше пожаров на территории России возникает и действует еще какое-то число ландшафтных пожаров (в том числе лесных, то есть действующих в лесах) на землях иных категорий.

Учет этих ландшафтных пожаров (если они не затрагивают земли лесного фонда, обороны и безопасности и особоохраняемых природных территорий (ООПТ)) должен вестись силами Министерства чрезвычайных ситуаций (МЧС) России на основе данных от региональных служб и с учетом данных космического мониторинга.

К сожалению, на настоящий момент Порядок учета пожаров, в соответствии с которым учитываются все пожары (кроме лесных и ландшафтных на землях лесного фонда, обороны и безопасности и ООПТ) не

позволяет учесть ландшафтные пожары и выделить их среди других пожаров в регионах.

Цель работы – анализ показателей фактической горимости лесов и причин их возникновения по федеральным округам Российской Федерации для разработки предложений по совершенствованию охраны лесов от пожаров.

## МАТЕРИАЛЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу анализа показателей фактической горимости лесов и причин их возникновения положены материалы статистической отчетности по лесничествам федеральных округов Российской Федерации. Особое внимание при анализе уделялось распределению ландшафтных пожаров по категориям земель, крупным и торфяным лесным пожарам.

Одним из основных показателей, характеризующих эффективность охраны лесов от пожаров является их количество. Данные рис. 1 и 2 отражают количество пожаров по годам с разбивкой по федеральным округам за период с 2015 по 2024 гг. Для понимания того, что это только данные о пожарах, учет которых возложен на Рослесхоз, на рис. 2 отражена доля пожаров по категориям земель. В учет попадают прежде всего пожары на землях лесного фонда, тогда как по данным космического мониторинга мы видим, что на сельскохозяйственных землях, землях населенных пунктов, землях транспорта, промышленности и т. д. нередко пожаров гораздо больше.

На количество пожаров сильное влияние оказывают не только погодные условия, в том числе молниевая активность на фоне засухи, но и виды лесопользования, а также меры профилактики. В частности, проводятся или нет такие мероприятия как ликвидация захламленности, сельскохозяйственные палы, целенаправленная противопожарная пропаганда со всеми категориями населения.

Помимо количества лесных пожаров важным показателем фактической горимости является пройденная ими площадь.

На рис. 3 приведены площади лесных и ландшафтных пожаров на землях лесного фонда, обороны и безопасности и ООПТ. То, что в данном случае речь идет не про пожары на всех категориях земель видно и на рис. 4 с долей площадей пожаров по категориям земель.

При этом по оценкам, которые получены в результате обработки космических снимков среднего пространственного разрешения, площади всех ландшафтных пожаров ежегодно примерно вдвое больше за счет пожаров, действующих на других землях и не попадающих пока в систему учета.

Так, например, площадь пожаров 2024 года, за учет которых отвечал Рослесхоз, составила около 7,8 млн га, а оценка площади всех ландшафтных пожаров по снимкам среднего пространственного разрешения, сделанная организацией «Земля касается каждого» с применением методов машинного обучения, составила около 16 млн га.

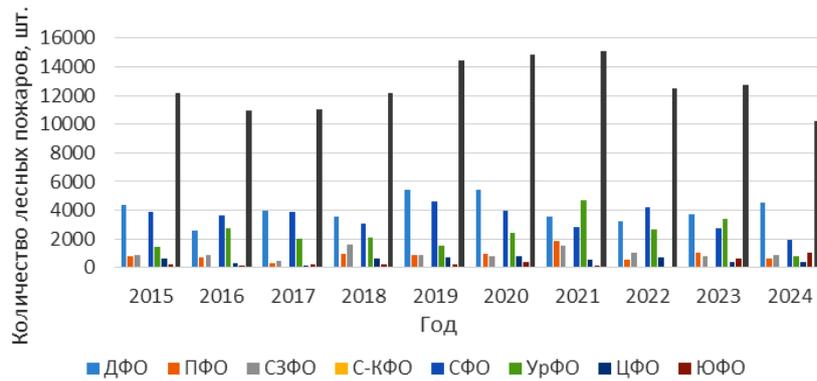


Рис. 1. Количество лесных пожаров по данным ФБУ «Авиалесоохрана» по годам с 2015 по 2024 с разбивкой по федеральным округам. В данном случае учтены только лесные пожары и ландшафтные пожары, затрагивающие леса на землях лесного фонда, обороны и безопасности и ООПТ



Рис. 2. Распределение количества пожаров, указанных на рис. 1 по категориям земель

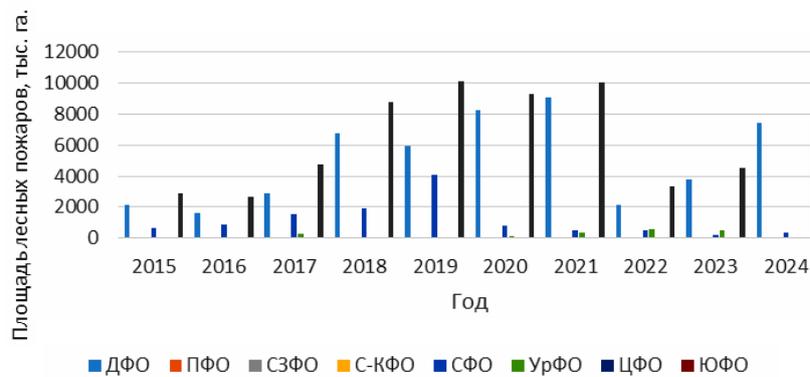


Рис. 3. Площади (га) лесных пожаров по данным ФБУ «Авиалесоохрана» по годам с 2015 по 2024 с разбивкой по федеральным округам



Рис. 4. Распределение площадей лесных пожаров, учтенных на рис. 3, по категориям земель

Разбивка площадей пожаров на землях лесного фонда по федеральным округам уже не дает такой разнообразной картины, как количество пожаров. По площадям пожаров практически ежегодно лидирует Дальневосточный федеральный округ (ДФО). Причина такой неравномерности площадей при сравнимых количествах пожаров в том, что в условиях Дальнего Востока и Сибири значительно выше доля крупных пожаров. Эта доля особенно велика в так называемых зонах контроля лесных пожаров, где в большинстве случаев работы по тушению не проводятся по экономическим причинам (рис. 5, 6).

По количеству пожаров во все годы лидирует зона наземного применения сил и средств. Последнее объясняется тем, что в этой зоне существенно выше плотность населения, намного больше антропогенных источников огня.

В течение многих лет основные площади, пройденные огнем, располагаются в зонах контроля, где тушение часто не ведется и в авиационной зоне, где доставка людей и техники к месту пожара производится авиацией. Даже небольшое количество пожаров на таких удаленных территориях при неблагоприятных погодных условиях и при отказе от тушения, может дать очень крупные пожары, влияющие на суммарные площади.

К сожалению, уверенно анализировать причины пожаров по годам и федеральным округам получается не вполне корректно из-за особенностей учета причин пожаров. Действующие сейчас формы (прежде всего

форма ЛО-1) позволяют указать причину из списка, а список содержит причины, отсортированные по совершенно разным критериям. Так, например, можно указать пожары от местного населения, но это объединяет самые разные категории населения и самые разные причины, в том числе, выделенные в отдельные группы, такие как выжигание травы. При этом выжигание травы может проводиться самыми разными авторами с разными мотивами. Такая категория «причин» как «пожары, пришедшие с земель других категорий» вообще не отражает причину, а показывает только, что пожар возник не на землях лесного фонда. Важно отметить, что в России сейчас нет надежной и точной системы грозопеленгации, позволяющей выявлять места пожаров от молний, поэтому доля пожаров от гроз может быть существенно завышена в случаях, когда проще и выгоднее не расследовать причины пожаров или там, где руководители служб верят в массовые пожары именно от естественных причин. В каких-то местах, наоборот, доля молниевых пожаров может быть недооценена.

На основании имеющихся данных можно делать выводы только о том, что как и с распределением по районам применения сил и средств, вероятно, пожары от молний (каковыми обычно считают большинство пожаров в зонах контроля и в удалённых районах авиазоны) дают относительно большие площади, чем пожары, возникающие от людей, и расположенные ближе к населенным пунктам, где легче ликвидировать пожар (рис. 7, 8).

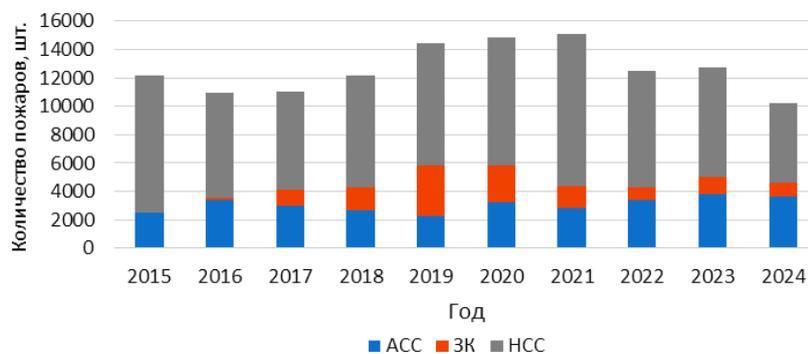


Рис. 5. Распределение лесных пожаров 2015–2024 гг. по годам и районам применения сил и средств пожаротушения

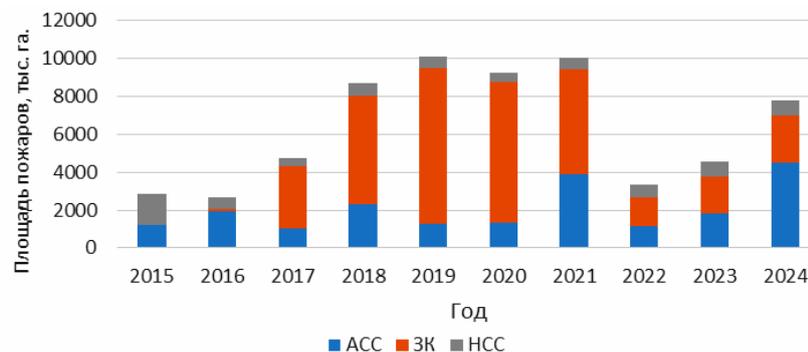


Рис. 6. Распределение площадей пожаров 2015–2024 гг. по районам применения сил и средств пожаротушения

Отдельной тревожной тенденцией последних нескольких лет стал рост количества и площади пожаров, возникающих и длительное время действующих за полярным кругом, в Арктической зоне (рис. 9, 10).

Среди таких пожаров все чаще упоминаются длительно действующие почвенные пожары, так называемые «зомби-пожары», которые могут не гаснуть зимой и приводить к продолжению (возобновлению) пожара в следующем сезоне. С учетом особенной уяз-

вимости северных территорий и рисков, связанных с таянием многолетней мерзлоты в этих зонах, пожары можно рассматривать как новую угрозу.

Отдельным трендом можно считать наметившееся увеличение доли почвенных (торфяных) пожаров.

Причем их количество и площадь растут в регионах, где раньше эти пожары не были так обычны, в том числе на Урале, в ДФО и на северных территориях (рис. 11, 12).

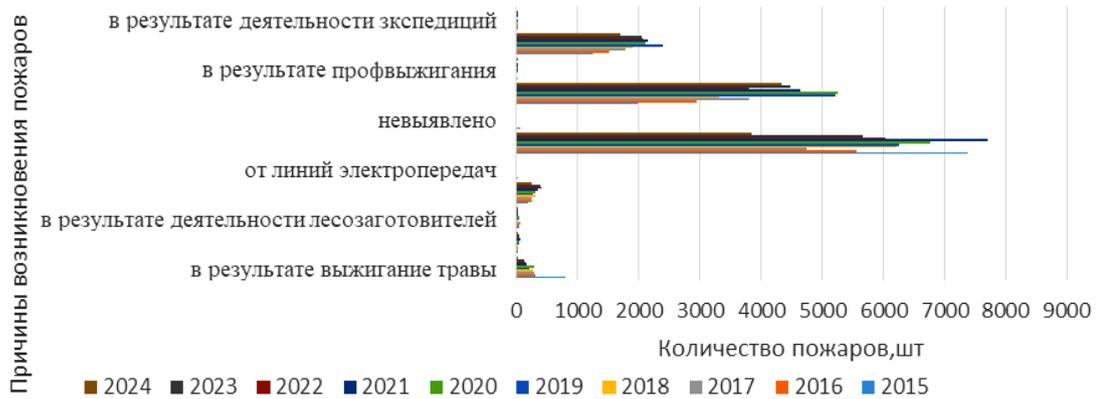


Рис. 7. Распределение количества пожаров по их причинам, шт.

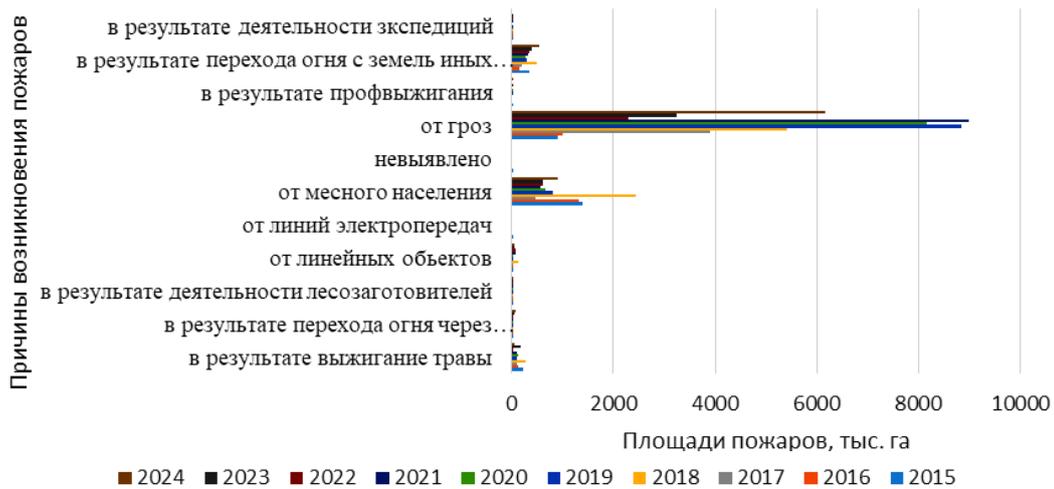


Рис. 8. Распределение площадей пожаров по их причинам



Рис. 9. Количество лесных и иных ландшафтных пожаров по системе ИСДМ за полярным кругом в 2015-2024гг с разбивкой по федеральным округам, шт.

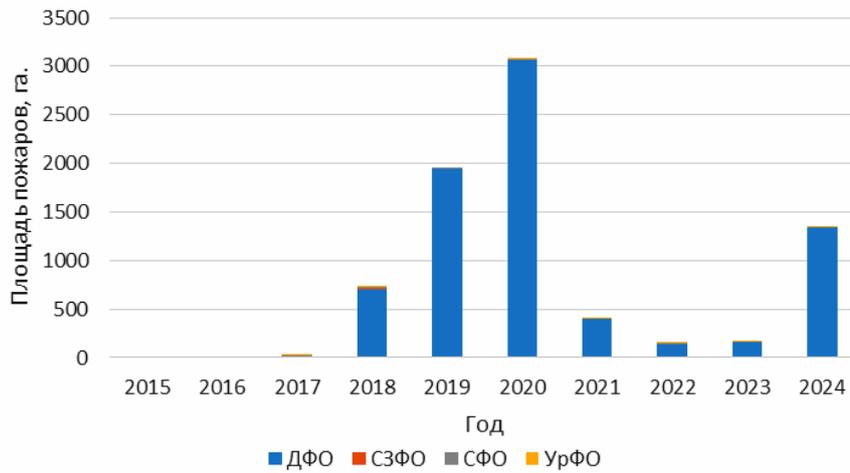


Рис. 10. Площади лесных и иных ландшафтных пожаров по системе ИСДМ за полярным кругом в 2015–2024 гг. с разбивкой по федеральным округам, га

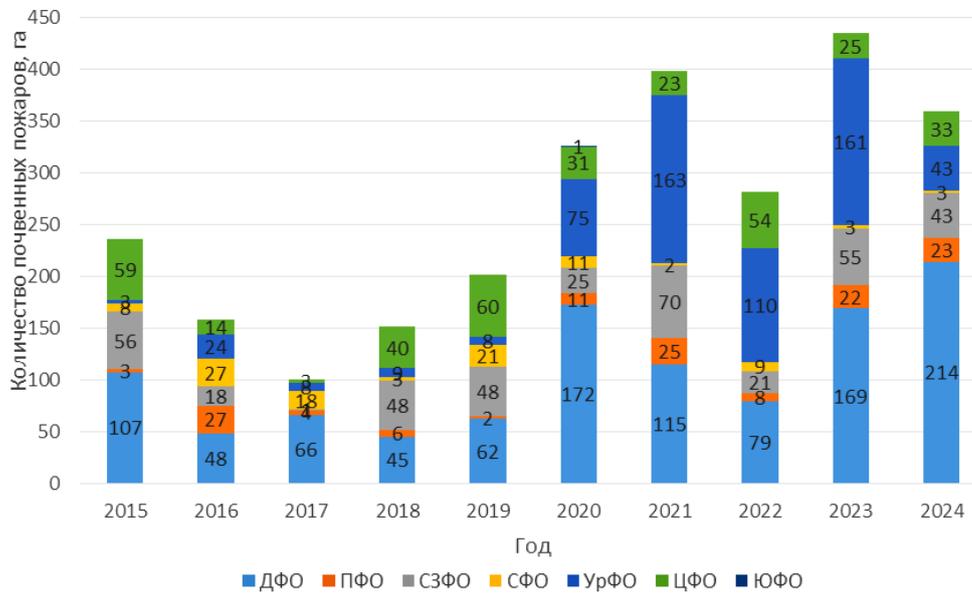


Рис. 11. Количество почвенных пожаров по годам за период 2015–2024 гг. с разбивкой по федеральным округам, шт.

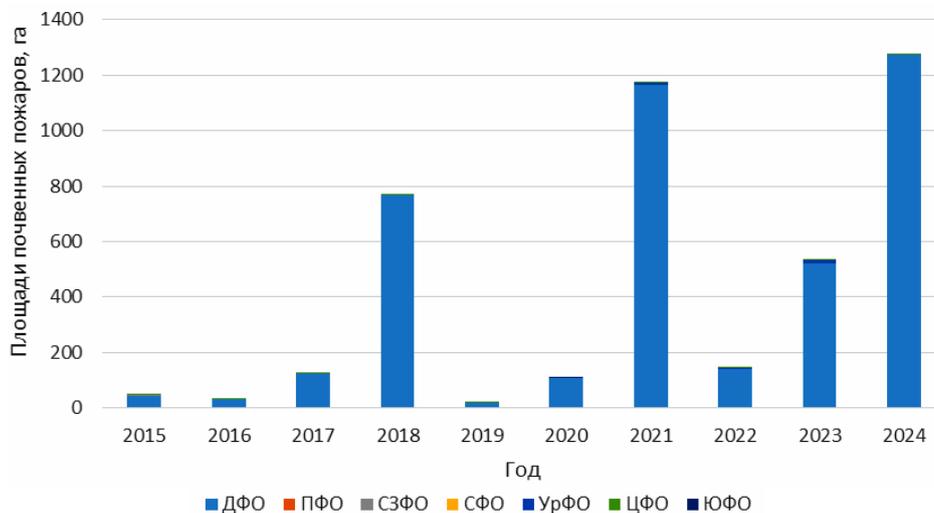


Рис. 12. Площади почвенных пожаров 2015–2024 гг. с разбивкой по федеральным округам, га

Особенно опасны, в плане увеличения площади и организации тушения верховые пожары. Можно отметить, что в последние годы наметилась тенденция к росту доли таких пожаров на более густонаселенных частях страны – в Центральном федеральном округе, (ЦФО), Южном федеральном округе (ЮФО), Уральском федеральном округе (УФО) (рис. 13, 14).

Помимо статистических показателей количества и площадям пожаров важно учитывать происходящие изменения в финансировании мер по борьбе с ними, а также происходящие изменения в нормативном регулировании этой сферы.

Можно отметить, что в нормативном регулировании произошли и происходят важные подвижки. За последние годы окончательно закреплено в законодательстве понятие ландшафтных пожаров, что обеспечивает возможность организации более эффективной борьбы с ними и достоверный учет. К сожалению, пока не готовы нормативы, более точно прописывающие полномочия и ответственность регионов, порядок составления планов тушения, расчет необходимых сил и средств, особенности учета ландшафтных пожаров.

В реагировании на лесные пожары появились новые понятия. Например, введено понятие «мер экстренного реагирования», которое позволяет более оперативно маневрировать силами федерального резерва Авиалесоохраны.

Появились «уровни реагирования» на лесные и ландшафтные пожары.

Нормативно закреплено понятие противопожарной пропаганды и обучения населения мерам пожар-

ной безопасности в лесах. К сожалению, пока это понятие не введено в перечень переданных полномочий, на которые можно тратить субвенции, нет критериев успешности этой деятельности для регионов, методических рекомендаций.

В сфере борьбы с торфяными пожарами в условиях меняющегося климата и растущих рисков также происходят некоторые изменения. Например, появилось понятие тушения подтоплением, разрешено возводить плотины и обводнять отдельные участки при тушении. Однако пока недостаточные, чтобы принципиально улучшить реагирование на эту категорию пожаров. Есть проблемы с тем, как учитывать данные пожары, на каком основании обследовать их, в том числе зимой и т. п.

Финансирование борьбы с пожарами складывается из федеральных денег, выделяемых в рамках межбюджетных трансфертов (субвенций) на реализацию регионами переданных лесных полномочий, денег национальных проектов, собственных средств субъектов на лесные пожары, а также из средств, которые регионы выделяют на борьбу с ландшафтными пожарами. При этом почти каждый год дополнительные деньги приходится выделять в рамках ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) разных уровней. С учетом инфляции пока можно прогнозировать, что принципиального изменения в ситуации с финансированием этой сферы на ближайший год не ожидаются. Таким образом, можно ожидать сохранения существенного дефицита средств в периоды высокой горимости.

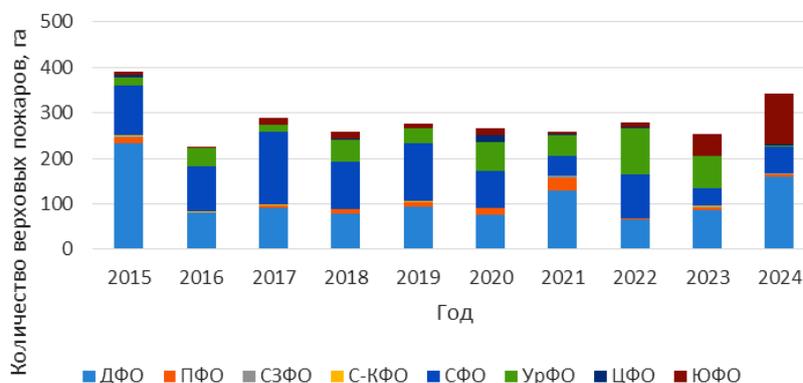


Рис. 13. Количество верховых пожаров в 2015–2024 гг. с разбивкой по федеральным округам, шт.

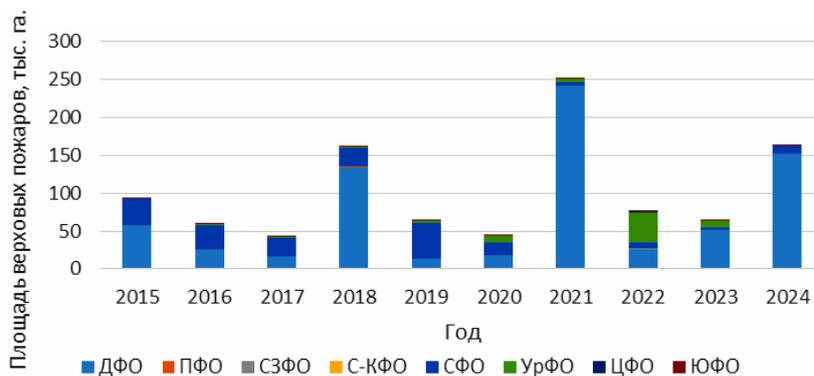


Рис. 14. Площади верховых пожаров в 2015–2024 гг. с разбивкой по федеральным округам

## ВЫВОДЫ

1. Количество лесных пожаров за период с 2015 по 2024 гг. на территории лесного фонда, землях обороны и безопасности, а также ООПТ, существенно различается по годам, федеральным округам и категориям земель.
2. Пройденная огнем площадь по годам, федеральным округам также существенно различается и не имеет тенденции к сокращению.
3. Основной причиной лесных пожаров являются местное население и молнии.
4. По площади доминируют лесные пожары от молний, поскольку они чаще всего возникают в удаленных, труднодоступных районах.
5. Крупные пожары чаще всего возникают на Дальнем Востоке и в Сибири, где выше доля верховых пожаров и требуется больше времени на доставку сил и средств пожаротушения к месту пожара.
6. Изменение климата увеличило количество и площадь торфяных пожаров, а также пожаров за полярным кругом.
7. Несмотря на совершенствование нормативных документов по охране лесов от пожаров, многие вопросы остаются не решенными.
8. Для объективного анализа фактической горимости лесов необходимо усовершенствовать учет лесных пожаров, в том числе по причинам возникновения.
9. Необходимо выделение финансирования на противопожарное устройство лесов, снижение их потенциальной горимости, а также на противопожарную пропаганду, охватывающую все слои населения.
10. Необходимо совершенствование способов ликвидации лесных пожаров с учетом их вида и природно-экономических условий региона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Валендик Э. Н. Борьба с крупными лесными пожарами. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 193 с.
2. Иванова Г. А., Иванов А. В. Пожары в сосновых лесах Средней Сибири. Новосибирск : Наука, 2015. 240 с.
3. Залесов С. В., Платонов Е. П., Платонов Е. Ю. Пожары и их последствия в Западной Сибири. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. 191 с.
4. Черных В. А., Фуряев В. В. Лесные пожары в ленточных борах Кулундинской степи. Новосибирск : Наука, 2011. 176 с.
5. Марченко В. П., Залесов С. В. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс орманы» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 10 (108). С. 55–59.
6. Залесов С. В., Миронов М. П. Обнаружение и тушение лесных пожаров. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. 138 с.
7. Залесов С. В., Годовалов Г. А., Платонов Е. П. Уточненная шкала распределения участков лесного фонда по классам природной пожарной опасности // Аграрный вестник Урала, 2013. № 10 (116). С. 45–49.

8. Залесов С. В., Залесова Е. С. Лесная пирология. Термины, понятия, определения. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 54 с.

9. Архипов Е. В., Залесов С. В. Динамика лесных пожаров в Республике Казахстан и их экологические последствия // Аграрный вестник Урала. 2017. № 4 (158). С. 10–15.

10. Опыт тушения торфяных пожаров на Среднем Урале / И. М. Секерин, А. М. Ерицов, А. А. Кректунов, С. В. Залесов // Международный научно-исследовательский журнал. 2022б. № 5 (199). С. 2. С. 81–85. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.119.5.014>.

11. Goldammer J. G., Price C. Potential impacts of climate change on fire regimes in the tropics based on MAGICC and a GICC GCM-derived lightning model // Climatic Change. 1998. 39. P. 273–296.

12. Леса России и изменение климата. Что нам может сказать наука 11 / П. Лескинен, М. Линднер, П-й Веркерк и др. / Joensuu: Европейский институт леса, 2020. 142 с.

13. Weber M. G., Flannigan M. D. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate impact on fire regimes // Environ. Rev. 1997. № 5. P. 145–166.

14. Душа-Гудым С. И. Радиоактивные лесные пожары: особенности, профилактика, обнаружение и тушение // Предупреждение, ликвидация и последствия пожаров на радиоактивно загрязненных землях : сб. науч. трудов. Вып. 54. Тюмень : ИЛ НАН Беларуси, 2002. С. 92–100.

15. Специфика распространения и тушения торфяных пожаров в зимний период / И. М. Секерин, Г. А. Годовалов, А. М. Ерицов, С. В. Залесов // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 5. С. 64–70. DOI: [10.18698/2542-1468-2022a.5-64-70](https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022a.5-64-70).

16. Уточненные классификации природной пожарной опасности лесов на примере лесного фонда Свердловской области / И. М. Секерин, Г. А. Годовалов, С. В. Залесов и др. // Природообустройство. 2023б. № 3. С. 123–129. DOI: [10.26897/1997-6011-2023-3](https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-3).

17. Эффективный способ тушения торфяных пожаров в зимний период / И. М. Секерин, А. М. Ерицов, А. А. Кректунов, С. В. Залесов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023а. Вып. 245. С. 23–35. DOI: [10.21266/2079-4304.2023.245.23-35](https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.245.23-35).

## REFERENCES

1. Valendik E. N. Bor'ba s krupnymi lesnymi pozharimi. Novosibirsk: Nauka, Sib. otdelenie, 1990. 193 s.
2. Ivanova G. A., Ivanov A.V. Pozhary v sosnovykh lesakh Srednej Sibiri. Novosibirsk : Nauka, 2015. 240 s.
3. Zalesov S. V., Platonov E. P., Platonov E. Yu. Pozhary i ih posledstviya v Zapadnoj Sibiri. Ekaterinburg : UGLTU, 2022. 191 s.
4. Chermnyh V. A., Furyaev V. V. lesnye pozhary v lentochnyh borah Kulundinskoj stepi. Novosibirsk : Nauka, 2011. 176 s.
5. Marchenko V. P., Zalesov S. V. Gorimost' lentochnyh borov Priirtysh'ya i puti ee minimizacii na primere GU GLPR "Ertys ormany" // Vestnik Altajskogo gosudar-

- stvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 10 (108). S. 55–59.
6. Zalesov S. V., Mironov M. P. Obnaruzhenie i tushenie lesnyh pozharov. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekh. un-t, 2004. 138 s.
7. Zalesov S. V., Godovalov G. A., Platonov E. P. Utochnennaya shkala raspredeleniya uchastkov lesnogo fonda po klassam prirodnoj pozharnoj opasnosti // Agrarnyj vestnik Urala, 2013. № 10 (116). S. 45–49.
8. Zalesov S. V., Zalesova E. S. lesnaya pirologiya. Terminy, ponyatiya, opredeleniya. Ekaterinburg : Ural. gos. lesotekh. un-t, 2014. 54 s.
9. Arhipov E. V., Zalesov S. V. Dinamika lesnyh pozharov v Respublike Kazahstan i ih ekologicheskie posledstviya // Agrarnyj vestnik Urala. 2017. № 4 (158). S. 10–15.
10. Sekerin I. M., Ericov A. M., Krektunov A. A., Zalesov S. V. Opyt tusheniya torfyanyh pozharov na Srednem Urale // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2022b. № 5 (199). S. 2. S. 81–85. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.119.5.014>.
11. Goldammer J. G., Price C. Potential impacts of climate change on fire regimes in the tropics based on MAGICC and a GICC GCM-derived lightning model // Climatic Change. 1998. 39. P. 273–296.
12. Leskinen P. Lesa Rossii i izmenenie klimata. Chto nam mozhet skazat' nauka 11 / P. Leskinen, M. Lindner, P-j Verkerk i dr. Joensuu : Evropejskij institut lesa, 2020. 142 s.
13. Weber M. G., Flannigan M. D. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate impact on fire regimes // Environ. Rev. 1997. № 5. P. 145–166.
14. Dusha-Gudym S. I. Radioaktivnye lesnye pozhary: osobennosti, profilaktika, obnaruzhenie i tushenie // Preduprezhdenie, likvidaciya i posledstviya pozharov na radioaktivno zagryaznennyh zemlyah : Sb. nauch. trudov. Vyp. 54. Tyumen': IL NAN Belarusi, 2002. S. 92–100.
15. Specifika rasprostraneniya i tusheniya torfyanyh pozharov v zimnij period / I. M. Sekerin, G. A. Godovalov, A. M. Ericov, S. V. Zalesov // Lesnoj vestnik / Forestry Bulletin, 2022. T. 26. № 5. S. 64–70. DOI: 10.18698/2542-1468-2022a.5-64-70.
16. Utochnennye klassifikacii prirodnoj pozharnoj opasnosti lesov na primere lesnogo fonda Sverdlovskoj oblasti / I. M. Sekerin, G. A. Godovalov, S. V. Zalesov i dr. // Prirodoobustrojstvo. 2023b. № 3. S. 123–129. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3.
17. Effektivnyj sposob tusheniya torfyanyh pozharov v zimnij period / I. M. Sekerin, A. M. Ericov, A. A. Krektunov, S. V. Zalesov // Izvestiya Sankt-Peterburgskoj leso-tehnicheskoy akademii. 2023a. Vyp. 245. S. 23–35. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.245.23-35.

© Куксин Г. В., Секерин И. М.,  
Ерицов А. М., Залесов С. В., 2025

Поступила в редакцию 17.02.2025  
Принята к печати 20.05.2025

# ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.093:047

DOI: 10.53374/1993-0135-2025-3-76-80

Хвойные бореальной зоны. 2025. Т. XLIII, № 3. С. 76–80

## ПРОЦЕССЫ НАКОПЛЕНИЯ ШТАБЕЛЕЙ ПЕРЕД СУШИЛЬНЫМИ ТУННЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ КРУПНО-ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

**В. В. Огурцов, А. А. Орлов, Д. В. Дук**

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31  
E-mail: vogurtsov@mail.ru

***Аннотация.** В настоящее время задача синхронизации процессов распиловки брёвен и сушки пиломатериалов усложняется возрастающим количеством одновременно вырабатываемых толщин досок и применением сушильных камер непрерывного действия. Для установления общих закономерностей синхронизации процессов использованы выражения для вероятности полной загрузки сушильных туннелей, ёмкости накопителя штабелей и времени ожидания штабелей в накопителе, полученные в предыдущей работе авторов. Рассмотрены вопросы синхронизации процессов распиловки брёвен и сушки пиломатериалов в условиях крупно-поточного лесопиления. В результате описан механизм взаимосвязей полной загрузки туннелей с количеством штабелей в накопителе. Получены зависимости ёмкости накопителя штабелей и времени ожидания штабелей в накопителе от ёмкости туннелей. Доказано, что для синхронной работы лесопильного и сушильного цехов сушильные туннели должны обязательно дополняться камерами периодического действия.*

***Ключевые слова:** распиловка, пиломатериал, штабель, накопитель, синхронизация, туннель, сушка.*

*Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 76–80*

## STACK ACCUMULATION PROCESSES BEFORE DRYING TUNNELS IN LARGE-FLOW PRODUCTION OF SAWN TIMBER

**V. V. Ogurtsov, A. A. Orlov, D. V. Duk**

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
E-mail: vogurtsov@mail.ru

***Annotation.** At present, the task of synchronizing the processes of sawing logs and drying sawn timber is complicated by the increasing number of simultaneously produced board thicknesses and the use of continuous drying chambers. To establish general synchronization patterns, expressions for the probability of full loading of drying tunnels, the capacity of the stack storage unit, and the waiting time of stacks in the storage unit, obtained in the authors' previous work, were used. The issues of synchronization of log sawing and lumber drying processes under conditions of large-flow sawmilling are considered. As a result, the mechanism of interrelations of full tunnel loading with the number of stacks in the storage unit is described. Dependences of the stack storage unit capacity and the waiting time of stacks in the storage unit on the tunnel capacity are obtained. It is proven that for synchronous operation of the sawmill and drying shops, drying tunnels must be supplemented with periodic chambers.*

***Keywords:** sawing, lumber, stack, storage, synchronization, tunnel, drying.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

При создании производственных процессов крупных лесопильных предприятий со штабельным обращением пиломатериалов решается задача синхронизация последовательно расположенных линий путём организации межлинейных буферных накопителей [1–6]. В настоящее время проблема выбора оптимального объёма накопителя штабелей сырых пиломате-

риалов перед сушильными камерами обостряется в связи с возрастающим количеством толщин досок, вырабатываемых за технологический период, и более широким использованием сушильных камер непрерывного действия. Рост количества толщин досок обуславливается замещением крупных потребителей пиломатериалов более мелкими, а также широким распространением в лесопилении бревнопильного

оборудования с гибкими поставками, когда для каждого бревна автоматически устанавливается оптимальный постав в соответствии с его формой и размерами. Такая посортиментная оптимизация способствует увеличению количества толщин досок в поставе [7–9].

Для установления общих закономерностей заполнения накопителя и туннелей штабелями в работе авторов [4] система «накопитель штабелей – сушильные туннели» представлена как мультиканальная система массового обслуживания с ожиданием. Получены выражения для вероятности полной загрузки сушильных туннелей (коэффициента полезного использования туннелей), ёмкости накопителя штабелей и времени ожидания штабелей в накопителе. Данная статья является продолжением указанных исследований. В ней рассматриваются вопросы синхронизации процессов распиловки брёвен и сушки пиломатериалов в условиях крупно-поточного лесопиления.

## МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для установления общих закономерностей синхронизации процессов раскроя брёвен и сушки пиломатериалов проведены исследования процесса накопления сушильных штабелей и их загрузки в туннели для лесопильного производства с крупно-поточной технологией и следующими актуальными усреднёнными характеристиками [4; 7; 18–20]:

$Q_{\text{сут}}^{\text{пм}} = 1000 \text{ м}^3$ ;  $\Delta_{\text{тол}}^1 = 0,3$ ;  $K_{\text{тол}}^1 = 1$ ;  $2$ ;  $K_{\text{тол}}^2 = 1$ ;  $2$ ;  
 $\tau_{\text{суш}}^1 = 72$  час;  $\tau_{\text{суш}}^2 = 96$  час;  $H_{\text{шт}} * B_{\text{шт}} * L_{\text{шт}} = 2 * 5 * 6,2$  м;  $K_{\text{шт}}^1 = 0,4$ ;  $K_{\text{шт}}^2 = 0,6$ ;  $c = 4$  (для группы тонких досок);  $c = 8$  (для группы толстых досок).

Определены: вероятность  $P_0$  того, что в системе нет штабелей; вероятность  $P_{\text{пз}}$  полной загрузки туннелей; среднее количество штабелей  $L_q$  и среднее время ожидания  $W_q$  в накопителе для группы тонких и группы толстых пиломатериалов. Использовались выражения [10–18], полученные и описанные в предыдущей работе авторов [4]:

$$P_0 = \left( \sum_{j=0}^{c-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^c}{C! \left(1 - \frac{\rho}{C}\right)} \right)^{-1};$$

$$P_{\text{пз}} = \frac{\rho^c}{C! \left(1 - \frac{\rho}{C}\right)} P_0;$$

$$L_q = \frac{\rho^{c+1}}{(C-1)! (C-\rho)^2} P_0;$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda};$$

$$\lambda = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{пм}} \Delta_{\text{тол}}^j}{K_{\text{тол}}^j H_{\text{шт}} B_{\text{шт}} L_{\text{шт}} K_{\text{шт}}^j};$$

$$\mu = \frac{24 E_{\text{тон}}}{\tau_{\text{суш}}^j};$$

где  $Q_{\text{сут}}^{\text{пм}}$  – объём пиломатериалов,  $\text{м}^3$  в сутки;  $\Delta_{\text{тол}}^j$  – доля пиломатериалов  $J$ -й группы толщин: тонких ( $j = 1$ ) или толстых ( $j = 2$ );  $K_{\text{тол}}^j$  – количество толщин  $J$ -й группы толщин;  $H_{\text{шт}} B_{\text{шт}} L_{\text{шт}}$  – габаритные размеры сушильного штабеля, м;  $K_{\text{шт}}^j$  – коэффициент объёмного заполнения штабеля пиломатериалами  $j$ -ой толщины;  $E_{\text{тон}}$  – ёмкость туннеля, количество штабелей;  $\tau_{\text{суш}}^j$  – время сушки пиломатериалов  $j$ -й толщины, час;  $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$  – коэффициент загруженности первой позиции туннеля (трафик интенсивность);  $\lambda$  – среднее число штабелей, поступающих в систему в сутки;  $\mu$  – среднее число штабелей, прошедших через первую позицию одного туннеля в сутки;  $c$  – количество туннелей.

Результаты расчётов представлены в табл. 1 и на рис. 1, 2.

По табл. 1 видно, что каждой строке с соответствующей ёмкостью туннеля соответствует два значения количества штабелей  $L_q$  в накопителе: для тонких и толстых пиломатериалов. В дальнейшем учитываются их общее количество. Вероятности  $P_0$  отсутствия в системе штабелей (нет штабелей в накопителе и есть свободные для загрузки места во всех туннелях) также складываются. Вероятности  $P_{\text{пз}}$  полной загрузки туннелей учитываются для туннелей для тонких и толстых пиломатериалов по отдельности. Из двух значений времени ожидания загрузки  $W_q$  выбирается наибольшее.

Также по табл. 1 видно, что в каждой её строке описывается, казалось бы, противоречивая ситуация – при вероятности полной загрузки туннелей меньше 100 % создаётся очередь штабелей в накопителе. Дело в том, что при детерминированном представлении процесса загрузки туннелей такая ситуация в принципе невозможна, поскольку выравнивание производительностей лесопильного и сушильного цехов теоретически обеспечивает полную загрузку туннелей и отсутствие штабелей в накопителе.

При вероятностном рассмотрении синхронизации процессов раскроя брёвен и сушки пиломатериалов возникают ситуации, когда в сушильных туннелях есть свободные места и в накопителе нет соответственных штабелей. Или, когда все туннели заняты и в накопителе есть «очередь» штабелей. То и другое – вполне естественно. Но тогда в среднем получается, что туннели с определённой вероятностью могут быть недогружены при существующей также с определённой вероятностью очереди штабелей в накопителе. Если для решения проблемы низкой загруженности туннелей снижать их производительность путём уменьшения ёмкости туннелей, например, с 12 до 10 штабелей, что эквивалентно повышению производительности лесопильного цеха с 1000 до 1200  $\text{м}^3$  в сутки, то повышается вероятность полной загрузки туннелей с 43,00–64,31 % (строки 3, 7) до 78, 74–89,14 % (строки 1, 5). При этом очередь штабелей в накопителе вырастает с 4–8 до 23–44. То есть, не удаётся добиться полной загрузки туннелей даже ценой резкого увеличения ёмкости накопителя. Можно предполо-

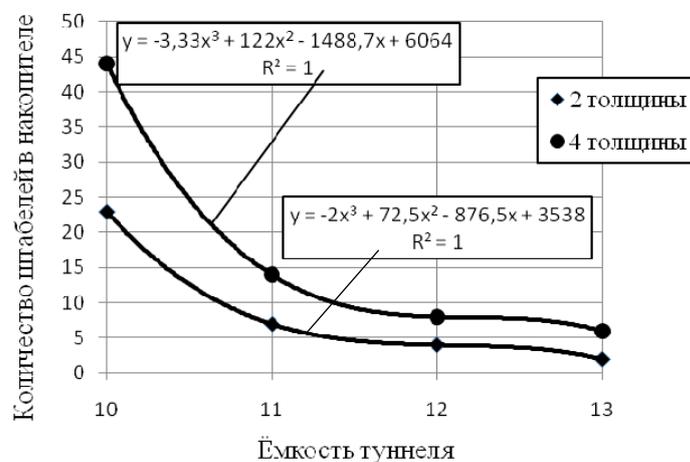
жить, что решение этой проблемы в рамках рассматриваемой системы «накопитель штабелей – сушильные туннели» невозможно в принципе и поэтому следует вводить дополнительно сушильные камеры периодического действия. Ниже эта проблема рассматривается более подробно в общем виде.

По рис. 1 видно, что при данной производительности лесопильного производства и времени сушки пиломатериалов количество штабелей в накопителе в стационарном режиме зависит от количества толщин досок в поставах и от ёмкости туннелей. Причём, характер этих зависимостей имеет два явно выраженных участка. При переходе от 13 штабелей в туннеле к 11 штабелям заполнение накопителя штабелями нарастает незначительно: от 2 до 7 штабелей при

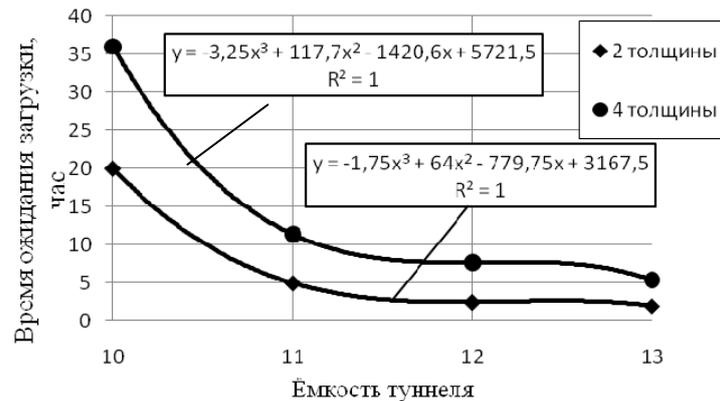
2-толщинных поставах и примерно в два раз интенсивнее – при 4-толщинных поставах: от 6 до 14 штабелей. При переходе от 11 штабелей в туннеле к 10 в накопителе образуется «очередь» соответственно в 23 и 44 штабеля. Механизм полученной закономерности состоит в том, что при уменьшении ёмкости туннеля  $E_{тон}$  снижается производительность сушильного производства (выражение (20) [4]), увеличивается трафик интенсивность  $\rho$  (выражение (3) [4]), что вызывает увеличение количества штабелей в накопителе по экспоненциальному закону. Следовательно, возможности повышения степени загрузки туннелей путём снижения их ёмкости весьма ограничены угрозой лавинообразного нарастания штабелей в накопителе.

**Таблица 1**  
**Операционные характеристики системы «накопитель штабелей – сушильные туннели» для крупно-поточного производства**

Ёмкость туннеля	Общее количество туннелей	Количество туннелей для толщин досок: тонких; толстых	Количество толщин досок данной группы толщин	$\lambda$	$\mu$	$\rho$	$P_0, \%$	$P_{ПЗ}, \%$	$L_q, шт.$	$W_q, час$
10	12	4	1	12	3,33	3,6	1,13	78,74	7	14
		8	1	19	2,5	7,6	0,02	84,41	16	20
11	12	4	1	12	3,67	3,27	2,29	59,64	3	5
		8	1	19	2,75	6,91	0,07	63,53	4	5
12	12	4	1	12	4	3	3,77	50,94	2	2,5
		8	1	19	3	6,3	0,14	43,00	2	2
13	12	4	1	12	4,33	2,77	5,37	42,86	1	2
		8	1	19	3,25	5,85	0,26	32,91	1	1
10	12	2*2	2	6	3,33	1,8	5,26	85,26	8*2	31
		4*2	2	9,4	2,5	3,76	0,64	89,14	14*2	36
11	12	2*2	2	6	3,67	1,64	9,67	71,11	3*2	11,4
		4*2	2	9,4	2,75	3,42	1,75	68,93	4*2	10
12	12	2*26	2	6	4	1,5	14,29	64,31	2*2	7,7
		4*2	2	9,4	3	3,1	3,2	59,64	2*2	5
13	12	2*2	2	6	4,33	1,39	18,48	57,64	2*2	5,4
		4*2	2	9,4	3,25	2,89	3,9	46,00	1*2	1



**Рис. 1.** Зависимость количества штабелей в накопителе от ёмкости туннеля при количестве толщин досок в поставах 2 и 4.



**Рис. 2.** Зависимость времени ожидания штабелей в накопителе от ёмкости туннеля при количестве толщин досок в поставе 2 и 4.

По рис. 2 видно, что характер зависимости времени ожидания штабелей в накопителе от ёмкости туннеля аналогичен характеру вышерассмотренной зависимости количества штабелей в накопителе от ёмкости туннеля. То есть, уменьшение ёмкости туннелей для повышения их загруженности приводит к синхронному повышению количества штабелей в накопителе и времени их нахождения в нём. Поэтому при оптимизации объёма накопителя следует вводить ограничения по времени «ожидания» с тем, чтобы не прибегать к антисептированию сырых пиломатериалов.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определены зависимости ёмкости накопителя штабелей и времени ожидания штабелей в накопителе от ёмкости туннелей для условий лесопильного производства с массовой крупно-поточной технологией.

2. Описан механизм взаимозависимости полной загрузки туннелей с количеством штабелей в накопителе. Для обеспечения полной загрузки туннелей необходимо уменьшать их ёмкость, что вызывает увеличение количества штабелей в накопителе по экспоненциальному закону. Следовательно, возможности повышения степени загрузки туннелей путём снижения их ёмкости весьма ограничены угрозой лавинообразного нарастания штабелей в накопителе.

3. Не удаётся добиться полной загрузки туннелей даже ценой чрезмерного увеличения ёмкости накопителя. Решение этой проблемы в рамках рассматриваемой системы «накопитель штабелей – сушильные туннели» невозможно в принципе.

4. Для синхронной работы лесопильного и сушильного цехов сушильные туннели должны обязательно дополняться камерами периодического действия.

5. Характер зависимости времени ожидания штабелей в накопителе от ёмкости туннеля аналогичен характеру зависимости количества штабелей в накопителе от ёмкости туннеля. Уменьшение ёмкости туннелей для повышения их загруженности приводит к синхронному повышению количества штабелей в накопителе и времени их нахождения в нём. Поэтому при оптимизации объёма накопителя следует вводить

ограничения по времени «ожидания» с тем, чтобы не прибегать к антисептированию сырых пиломатериалов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Огурцов В. В. Теория брусо-развальной распиловки брёвен : монография. Красноярск : СибГТУ, 2011. 230 с.
2. Турушев В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов. М. : Лесная промышленность, 1975. 208 с.
3. Калитеевский Р. Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент. 2-е изд., испр. и доп. СПб. : ПРОФИКС, 2008. 496 с.
4. Огурцов В. В., Орлов А. А., Дук Д. В. Идентификация проблемы синхронизации процессов раскря брёвен и сушки пиломатериалов // Хвойные бореальной зоны. 2025. Т. XLIII, № 2. С. 70–76.
5. Фергин В. Р. Развитие теории раскря пиловочного сырья // Лесн. журн. (Изв. высш. учеб. заведений) 2018. № 4. С. 107–117.
6. Калитеевский Р. Е., Артеменко А. М., Тамби А. А. Информационные технологии в лесопилении. СПб. : Профи, 2010. 191 с.
7. Каргина Е. В. Повышение эффективности массового крупно-поточного лесопиления путём управления дробностью сортировки брёвен по толщине : дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2024. 200 с.
8. Каргина Е. В., Матвеева И. С., Огурцов В. В. Теоретические основы расчёта поставов для распиловки брёвен с пороками формы // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28, № 1-2. С. 141–145.
9. Агапов А. И. Оптимизация раскря пиловочника крупных размеров : монография. Киров : Вятский государственный университет, 2021. 407 с.
10. Вагнер Г. Основы исследования операций. Т. 3. М. : Мир, 1973. 501 с.
11. Таха Х. Введение в исследование операций. Т. 2. М. : Мир, 1985. 496 с.
12. Трухан А. А., Кудряшев Г. С. Теория вероятностей в инженерных приложениях. Иркутск : ООО «Форвард», 2009. 364 с.
13. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М. : Машиностроение, 1979. 432 с.

14. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. М. : Наука, 1988. 480 с.

15. Новиков Д. А. Сетевые структуры и организационные системы. М. : ИПУ РАН, 2003. 102 с.

16. Оре О. Теория графов. М. : Наука, 1968. 352 с.

17. Введение в общие цепи Маркова : учебно-методическое пособие / А. В. Зорин, В. А. Зорин, Е. В. Пройдакова, М. А. Федоткин. Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2013. 51 с.

18. Makkonen M. *Renewing the sawmill industry: studies on innovation, customer value and digitalization*. Academic Dissertation. Helsinki, Finland, University of Helsinki, 2019. 65 p.

19. Johansson J. Mechanical processing for improved products made from Swedish hardwood // *Acta Wexionensia* 2008, vol. 157, p. 58.

20. Chang S. J., Gazo R. Measuring the Effect of Internal Log Defect Scanning on the Value of Lumber Produced // *Forest Products Journal*. 2009. 59 (11-12). P. 56–59. DOI: 10.13073/0015-7473-59.11.56.

#### REFERENCES

1. Ogurcov V. V. *Teoriya brusov-razval'noj raspilovki bryoven : monografiya*. Krasnoyarsk : SibGTU, 2011. 230 s.

2. Turushev V. G. *Tekhnologicheskie osnovy avtomatizirovannogo proizvodstva pilomaterialov*. M. : Lesnaya promyshlennost', 1975. 208 s.

3. Kaliteevskij R. E. *Lesopilenie v XXI veke. Tekhnologiya, oborudovanie, menedzhment*. Izdanie vtoroe, ispravlennoe i dopolnennoe. SPb. : PROFIKS, 2008. 496 s.

4. Ogurcov V. V., Orlov A. A., Duk D. V. Identifikatsiya problemy sinhronizatsii processov raskroya bryoven i sushki pilomaterialov // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2025. T. XLIII, № 2. С. 70–76.

5. Fergin V. R. *Razvitie teorii raskroya pilovochnogo syr'ya* // *Lesn. zhurn. (Izv. vyssh. ucheb. zavedenij)* 2018. № 4. S. 107–117.

6. Kaliteevskij R. E., Artemenko A. M., Tambi A. A. *Informacionnye tekhnologii v lesopilenii*. Sankt-Peterburg : Profi, 2010. 191 s.

7. Kargina E. V. *Povyshenie effektivnosti massovogo krupno-potochnogo lesopileniya putyom upravleniya*

*drobnost'yu sortirovki bryoven po tolshchine : dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk*. Krasnoyarsk, 2024. 200 s.

8. Kargina E. V., Matveeva I. S., Ogurcov V. V. *Teoreticheskie osnovy raschyota postavov dlya raspilovki bryoven s porokami formy* // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2011. T. 28, № 1-2. S. 141–145.

9. Agapov A. I. *Optimizatsiya raskroya pilovochnika krupnyh razmerov : monografiya*. Kirov : Vyatskij gosudarstvennyj universitet, 2021. 407 s.

10. Vagner G. *Osnovy issledovaniya operacij*. T. 3. M. : Mir, 1973. 501 s.

11. Taha H. *Vvedenie v issledovanie operacij*. T. 2. M. : Mir, 1985. 496 s.

12. Truhan A. A., Kudryashev G. S. *Teoriya veroyatnostej v inzhenernyh prilozheniyah*. Irkutsk : OOO "Forward", 2009. 364 s.

13. Klejnrok L. *Teoriya massovogo obsluzhivaniya*. M. : Mashinostroenie, 1979. 432 s.

14. Ventcel' E. S., Ovcharov L. A. *Teoriya veroyatnostej i eyo inzhenernye prilozheniya*. M. : Nauka, 1988. 480 s.

15. Novikov D. A. *Setevye struktury i organizacionnye sistemy*. M. : IPU RAN, 2003. 102 s.

16. Ore O. *Teoriya grafov*. M. : Nauka, 1968. 352 s.

17. Введение в общие цепи Маркова : учебно-методическое пособие / А. В. Зорин, В. А. Зорин, Е. В. Пройдакова, М. А. Федоткин. Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2013. 51 с.

18. Makkonen M. *Renewing the sawmill industry: studies on innovation, customer value and digitalization*. Academic Dissertation. Helsinki, Finland, University of Helsinki, 2019. 65 p.

19. Johansson J. Mechanical processing for improved products made from Swedish hardwood // *Acta Wexionensia* 2008, vol. 157, p. 58.

20. Chang S. J., Gazo R. Measuring the Effect of Internal Log Defect Scanning on the Value of Lumber Produced // *Forest Products Journal*. 2009. 59 (11-12). P. 56–59. DOI: 10.13073/0015-7473-59.11.56.

© Огурцов В. В., Орлов А. А., Дук Д. В., 2025

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

УДК 678.02:674.816:615.281:577.21

DOI: 10.53374/1993-0135-2025-3-81-87

Хвойные бореальной зоны. 2025. Т. XLIII, № 3. С. 81–87

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ

П. С. Захаров, А. В. Артёмов, А. Е. Шкуро\*, Ю. Л. Юрьев

Уральский государственный лесотехнический университет,  
Российская Федерация, 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

\*E-mail: shkuroae@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Разработка биоразлагаемых композитных удобрений пролонгированного действия является перспективным направлением в сельском хозяйстве. Такие удобрения обеспечивают постепенное высвобождение питательных веществ, что способствует равномерному питанию растений, снижению потерь удобрений и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Композиты состоят из полимерной матрицы (биоразлагаемые полимеры, цеолиты, гидрогели), активных компонентов (азот, фосфор, калий, микроэлементы) и модификаторов ( влагоудерживающие добавки, биоразлагаемые наполнители), что позволяет регулировать скорость выделения питательных веществ. В качестве полимерной матрицы может применяться пластифицированный ацетат целлюлозы (АЦ), разлагающийся под воздействием микроорганизмов, таких как бактерии, грибы и актиномицеты. Исследование биоразложения материалов на основе АЦ включает анализ влияния влажности почвы и состава композитов на разложение материала. Включение полиакрилата натрия (ПАН) повышает биоразлагаемость за счет его влагоудерживающих свойств, что способствует ускоренному проникновению микроорганизмов внутрь материала. В работе изучена грибостойкость композитов на основе ацетата целлюлозы, древесной муки и ПАН. Оценка биостойкости проводилась по степени поражения образцов плесневыми грибами и потере массы после экспонирования в активном грунте. Полученные данные подтверждают влияние состава композитов на их устойчивость к биологической деградации. Результаты позволяют прогнозировать долговечность композитных удобрений в реальных условиях эксплуатации и разрабатывать новые эффективные составы.

**Ключевые слова:** композиты, ацетат целлюлозы, древесная мука, полиакрилат натрия, NPK-удобрение, биоразложение, грибостойкость.

*Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 3, P. 81–87*

## INVESTIGATION OF THE RESISTANCE OF CELLULOSE ACETATE COMPOSITES AGAINST MOULD FUNGI

P. S. Zakharov, A. V. Artyomov, A. E. Shkuro\*, Yu. L. Yuryev

<sup>1</sup>The Ural State Forest Engineering University  
37, Sibirskiy trakt, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation  
E-mail: shkuroae@m.usfeu.ru

**Annotation.** The development of biodegradable composite fertilizers with prolonged action is a promising direction in agriculture. Such fertilizers provide a gradual release of nutrients, which contributes to uniform nutrition of plants, reduce fertilizer losses and minimize negative impact on the environment. Composites consist of a polymer matrix (biodegradable polymers, zeolites, hydrogels), active components (nitrogen, phosphorus, potassium, microelements) and modifiers (water-retaining additives, biodegradable fillers), which allows regulating the rate of release of nutrients. Plasticized cellulose acetate (AC), which decomposes under the influence of microorganisms such as bacteria, fungi and actinomycetes, can be used as a polymer matrix. The study of AC biodegradation includes an analysis of the effect of soil moisture and the composition of the composites on the decomposition of the material. The inclusion of sodium polyacrylate (PAN) increases biodegradability due to its water-retaining properties, which facilitates accelerated penetration of microorganisms into the material. The work studies the fungal resistance of composites based on cellulose acetate, wood flour and PAN. Biostability was assessed based on the degree of mold damage to samples and weight loss after exposure to active soil. The data obtained confirm the influence of the composition of

*composites on their resistance to biological degradation. The results allow predicting the durability of composite fertilizers under real operating conditions and developing new effective compositions.*

**Keywords:** *composites, cellulose acetate, wood flour, sodium polyacrylate, biodegradability, fungus resistance, NPK fertilizer.*

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений в сельском хозяйстве является разработка биоразлагаемых композитных удобрений пролонгированного действия. Композитные удобрения пролонгированного действия представляют собой материалы на основе полимерных матриц или других композитов, обеспечивающих постепенное высвобождение питательных веществ, что способствует равномерному питанию растений, снижению потерь удобрений и уменьшению их негативного воздействия на окружающую среду. В их состав входят полимерная матрица (биоразлагаемые полимеры, цеолиты, гидрогели), активные компоненты (азот, фосфор, калий, микроэлементы) и модификаторы ( влагоудерживающие добавки, биоразлагаемые наполнители), что позволяет контролировать скорость выделения питательных веществ. Такие удобрения особенно актуальны для регионов с низким плодородием почв и засушливым климатом, где требуется длительный и эффективный эффект подкормки растений [1–3].

В качестве полимерной матрицы для таких удобрений может использоваться пластифицированный ацетат целлюлозы (АЦ). Изменяя степень его замещения, состав наполнителей и пластификаторов, можно регулировать механические свойства материала и скорость его биоразложения [4–7]. Механизм биоразложения ацетата целлюлозы (АЦ) заключается в его взаимодействии с микроорганизмами, такими как бактерии, грибы и актиномицеты, которые способны разлагать органические материалы. Основные этапы процесса биоразложения АЦ включают [8]:

1. Абсорбция воды.
2. Набухание и ослабление полимерных связей.
3. Активизация микроорганизмов, бактерий и грибов, обладающие ферментами, способными разжижать или разрывать полимерные цепочки, начинают атаковать ацетат целлюлозы.
4. Гидролиз ацетатных групп с помощью ферментов, таких как эстеразы, что приводит к освобождению уксусной кислоты и образованию промежуточных продуктов.
5. Разрушение полимерной структуры.
6. После гидролиза ацетильных групп целлюлозные цепочки становятся более подвержены дальнейшему расщеплению. Микроорганизмы продолжают разрушать полимер, расщепляя целлюлозные молекулы на более мелкие фрагменты, которые могут быть далее переработаны в более простые органические соединения.
7. Конечными продуктами разложения становятся углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) и минеральные соли, которые возвращаются в экосистему. Уксусная кислота также может быть преобразована в углекислый газ и воду через метаболические процессы микроорганизмов.

Таким образом, биоразложение ацетата целлюлозы происходит за счет работы природных микроорганизмов, которые, благодаря своим ферментам, постепен-

но разрушают полимерную структуру и превращают её в экологически безопасные вещества.

Важным фактором эффективности биодеструкции полимерных материалов является уровень влажности почвы. Полиакрилат натрия (ПАН) зарекомендовал себя как эффективный водоудерживающий агент [9] и перспективная добавка к пластифицированному АЦ. Приведённые ранее исследования показывают, что композиты на основе пластифицированного АЦ, ПАН и измельчённого сена луговых трав обладают высокой способностью к биоразложению. Введение ПАН увеличивает потерю массы за 30 суток образцов композитов на 40 % за счёт его совместимости полимерной фазой АЦ и лигноцеллюлозными наполнителями, биodeградируемости и водоудерживающих свойств, способствующих проникновению микроорганизмов внутрь материала [10].

Известно, что биостойкость материалов напрямую связана с их грибостойкостью, так как грибковые микроорганизмы играют значительную роль в биологическом разложении материалов. Грибостойкость можно рассматривать частный случай биостойкости, связанный с устойчивостью к поражению плесневыми и древесными грибами. Эти организмы способны разрушать полимерные структуры, изменять механические свойства материала и ускорять его деградацию.

Биостойкость композитов во многом определяется их устойчивостью к грибковому поражению, так как грибы являются одним из главных факторов биологического разложения. Высокая грибостойкость предотвращает преждевременную деградацию материала, сохраняя его механические свойства и продлевая срок службы. Влага и органические наполнители могут снижать устойчивость к грибам, ускоряя разрушение композитов, тогда как антимикробные добавки и гидрофобные покрытия, наоборот, повышают как грибостойкость, так и общую биостойкость. Исследование этих характеристик позволяет прогнозировать долговечность композитов и их поведение в реальных условиях эксплуатации.

Цель настоящей работы заключалась в определении стойкости композитов на основе ацетата целлюлозы, древесной муки и полиакрилата натрия к воздействию плесневых грибов по степени их развития на поверхности образцов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данном исследовании для создания композитов использовали ацетат целлюлозы в качестве полимерной матрицы, с добавлением триацетина (ТУ 2435-070-00203521–2001) и трифенилфосфата (ТФФ, ТУ 6-06-241–92) в качестве пластификаторов. Состав полимерной фазы был фиксирован: 66,7 % АЦ, 26,7 % триацетина и 6,6 % ТФФ. В качестве лигноцеллюлозного наполнителя использовалась древесная мука (ДМ) марки 180 (ГОСТ 16361–87), а для улучшения водоудерживающих свойств композитов применяли полиакрилат натрия (ПАН, ТУ 2458-010-14023401–

2012). Для обеспечения эффекта подкормки использовали NPK-удобрение с содержанием 15 % азота, 15 % оксида фосфора и 15 % оксида калия (производства группа «ФосАгро»). Механизм действия NPK-удобрений основан на комплексном влиянии азота, фосфора и калия: азот стимулирует рост и фотосинтез, фосфор укрепляет корневую систему и ускоряет созревание, а калий регулирует водный баланс и повышает устойчивость растений к стрессам.

Рецептуры исследованных композитов приведены в табл. 1. Композиты были получены на вальцах марки ПД-320-160/160 при рабочей температуре 180 °С. Образцы для испытаний изготавливали прямым прессованием при 5 МПа и 160 °С.

В ходе проведения эксперимента оценивали степень обрастания плесневыми грибами поверхности образцов материалов визуально невооруженным глазом и под микроскопом. Оценка проводилась по ГОСТ 9.048–89 «Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические [11]. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов» по шестибальной шкале (табл. 2).

Сущность эксперимента заключается в том, что изделия без очистки от внешних загрязнений заражали суспензией спор грибов и выдерживают в условиях, оптимальных для их развития, в течение 84 суток, с промежуточной контрольной точкой 28 суток.

В исследовании приводится оценка биостойкости композитов по показателю потери массы после экспонирования образцов в активном грунте в течение

60 суток. Подробная методика испытаний приводится в работе [12]. Также приведены результаты определения плотности образцов, определённой с помощью метода гидростатического взвешивания.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Внешний вид образцов композитов после проведения испытаний на грибостойкость по ГОСТ 9.048–89 представлен на рис. 1.

Наиболее выраженное поражение плесневыми грибами характерно для образцов композитов № 1, 2 (рис. 2), 4 (рис. 3), 7, 11, 12, 13, 15. Для данных образцов невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25% испытываемой поверхности. Наибольшее обрастание плесневыми грибами демонстрируют образцы композитов с высоким содержанием древесной муки. На поверхности образцов композитов № 5 и № 14 хорошо различимый мицелий занимает площадь меньшую чем 25 %. На поверхности образцов № 6, № 9 и № 10 мицелий заметен невооруженным глазом, но отчетливо различить его детали можно лишь под микроскопом.

Практически в половине опытов из образцов композитов на ранних стадиях эксперимента (14-25 дней с момента начала) наблюдалось выделение вязкой маслянистой жидкости желтого цвета (рис. 4). Очевидно, по большей части выделяющаяся жидкость состоит из пластификаторов АЦ – триацетина и трифенилфосфата. Однако ее химический состав требует уточнения с помощью современных методов физико-химического анализа.

**Таблица 1**  
Рецептуры исследованных композитов

№ опыта	Содержание компонента, мас. ч.			
	Пластифицированный АЦ	ДМ	NPK-удобрение	ПАН
1	100,0	36,0	4,5	14,4
2	100,0	35,1	17,5	3,5
3	100,0	12,0	23,8	4,8
4	100,0	40,8	10,2	8,2
5	100,0	10,5	20,8	16,6
6	100,0	25,6	12,8	10,3
7	100,0	23,3	11,6	18,6
8	100,0	29,4	0,0	11,8
9	100,0	22,7	22,7	9,1
10	100,0	25,6	12,8	10,3
11	100,0	31,7	15,9	12,7
12	100,0	25,6	12,8	10,3
13	100,0	40,3	5,1	4,1
14	100,0	12,4	6,2	19,7
15	100,0	28,6	14,3	0,0
16	100,0	14,6	7,3	5,8
17	100,0	0,0	17,2	13,8

**Таблица 2**  
Оценка степени обрастания образцов плесневыми грибами

Оценка, баллов	Критерий оценки
0	Под микроскопом прорастания спор и конидий не обнаружено
1	Под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развитый мицелий
2	Под микроскопом виден развитый мицелий, возможно спороношение
3	Невооруженным глазом мицелий и (или) спороношение едва видны, но отчетливо видны под микроскопом
4	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих менее 25 % испытываемой поверхности
5	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25 % испытываемой поверхности



Рис. 1. Образцы композитов после 84 суток эксперимента



Рис. 2. Изменение внешнего вида образцов композита № 2 в течение эксперимента

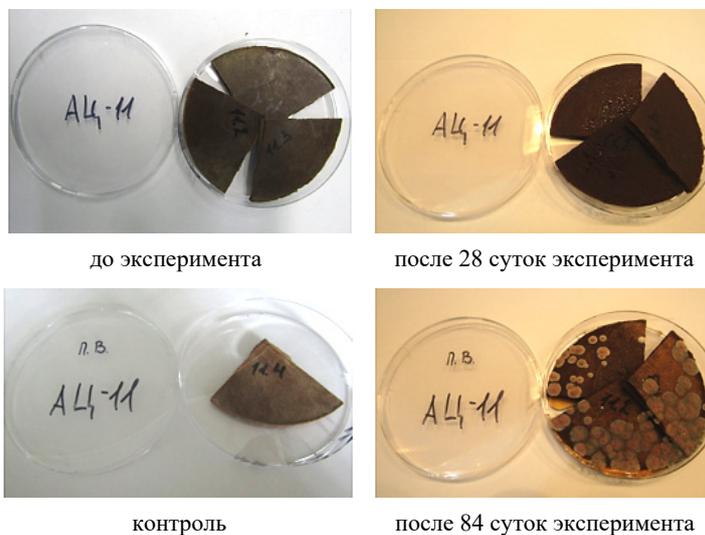


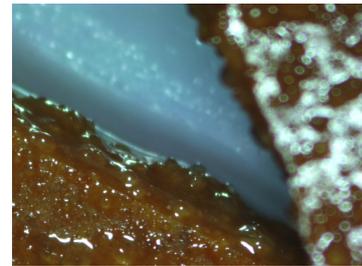
Рис. 3. Изменение внешнего вида образцов композита № 11 в течение эксперимента



28 суток эксперимента



84 суток эксперимента



Микрофотографии поверхности образца после 28 суток выдержки

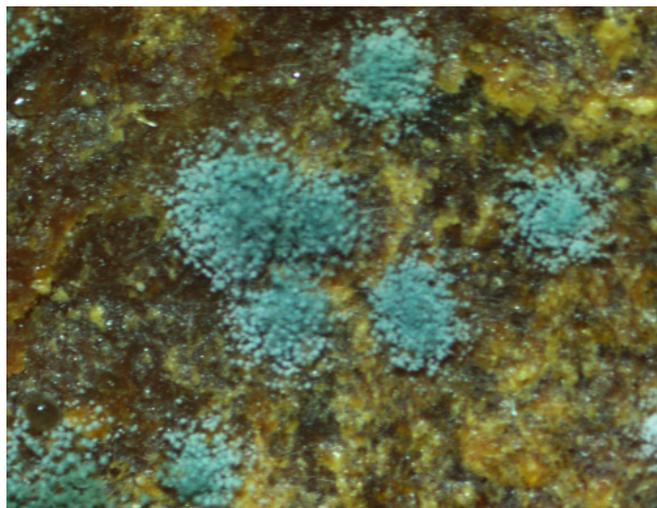
**Рис. 4. Выделение жидкости образцом композита № 3 в ходе эксперимента**

В течение первых 28 суток эксперимента большинство образцов не проявляли активного роста колоний грибов. Однако композит № 3 стал исключением: уже спустя 2 недели на его поверхности можно было наблюдать развитый мицелий (рис. 5).

Результаты определения свойств композитов на основе ацетата целлюлозы, древесной муки и полиакрилата натрия приведены в таблице 3. Для установления взаимосвязи между факторами эксперимента был проведен многофакторный корреляционный анализ результаты которого приведены в табл. 4.

Корреляционный анализ подтверждает взаимосвязь между содержанием древесной муки в композите и его

степенью обрастания плесневыми грибами (коэффициент парной линейной корреляции между факторами  $r_{xy} = 0,62$ ). Для двух определяемых в работе показателей биостойкости – потери массы при выдержке в грунте и степени обрастания плесневыми грибами наблюдаются противоположные тенденции относительно содержания древесной муки в композите. Так, первый показатель снижается с увеличением степени наполнения композита древесной мукой, второй возрастает. Снижение показателя потери массы после выдержки в грунте для образцов с высоким содержанием древесной муки объясняется присутствием большого количества лигнина являющегося природным биоцидом.

**Рис. 5. Внешний вид образца композита № 3 после 28 суток эксперимента****Таблица 3**  
**Результаты испытаний свойств композитов**

№ опыта	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Потеря массы за 60 суток выдержки в грунте, %	Степень обрастания образцов плесневыми грибами, баллов	Выделение жидкости из образца в процессе эксперимента
1	1,37	13,9	5	нет
2	1,42	22,7	5	да
3	1,40	28,2	0	да
4	1,40	15,9	5	нет
5	1,40	29,9	4	да
6	1,41	17,6	3	да
7	1,30	20,6	5	нет
8	1,32	10,5	0	нет
9	1,42	28,4	3	да
10	1,40	14,9	3	да
11	1,44	22,2	5	да

## Окончание табл. 3

№ опыта	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Потеря массы за 60 суток выдержки в грунте, %	Степень обрастания образцов плесневыми грибами, баллов	Выделение жидкости из образца в процессе эксперимента
12	1,38	16,1	5	да
13	1,34	9,8	5	нет
14	1,35	18,0	4	нет
15	1,34	11,2	5	нет
16	1,32	1,6	0	нет
17	1,34	20,0	0	нет

Таблица 4  
Результаты корреляционного анализа факторов эксперимента

	Содержание ДМ, %	Содержание NPK-удобрения, %	Содержание ПАН, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Потеря массы за 60 сут., %	Степень обрастания, баллов	Выделение жидкости
Содержание ДМ, %	1,00	–	–	–	–	–	–
Содержание NPK-удобрения, %	–0,40	1,00	–	–	–	–	–
Содержание ПАН, %	–0,36	–0,16	1,00	–	–	–	–
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,19	0,59	–0,14	1,00	–	–	–
Потеря массы за 60 суток выдержки в грунте, %	–0,30	0,80	0,28	0,59	1,00	–	–
Степень обрастания, баллов	0,62	–0,05	0,05	0,25	0,10	1,00	–
Выделение жидкости	–0,07	0,69	–0,09	0,82	0,63	0,07	1,00

Наличие древесной муки в композите снижает его стойкость к обрастанию плесневыми грибами, поскольку она является органическим материалом, содержащим целлюлозу и лигнин, которые служат питательной средой для микроорганизмов. Кроме того, древесная мука обладает высокой гигроскопичностью, что способствует накоплению влаги, создавая благоприятные условия для роста плесени. Однако ПАН обладает еще большей гигроскопичностью, но практически не оказывает влияние на степень обрастания композитов грибами. Можно предположить, что ключевой особенностью древесной муки, резко снижающей грибостойкость наполненной ей композитов является ее неравномерное распределение в полимерной матрице может привести к образованию микропор и трещин, где оседают споры грибов и задерживается влага. Если древесная мука не обработана антисептическими или гидрофобными добавками, она быстрее разлагается под воздействием микроорганизмов, что дополнительно снижает устойчивость композита к биологическому обрастанию.

Выделение жидкости из образцов композитов в ходе эксперимента показывает корреляцию с содержанием полиакрилата натрия в материале ( $r_{xy} = 0,69$ ). Это позволяет предположить, что именно ПАН выступает катализатором миграции пластификаторов из композита. Благодаря своей высокой полярности он образует прочные межмолекулярные ассоциаты с молекулами пластификаторов, способствуя их вытягиванию из межмолекулярного пространства ацетата целлюлозы в полимерной матрице композита.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведенные исследования показали, что состав композитных удобрений на основе ацетата целлюло-

зы, древесной муки и полиакрилата натрия оказывает значительное влияние на их биоразлагаемость и устойчивость к плесневым грибам. Выявлена четкая зависимость между содержанием древесной муки в композитах и их склонностью к грибковому обрастанию: образцы с высокой концентрацией древесного наполнителя демонстрировали наиболее выраженное поражение плесенью. В то же время, повышение содержания полиакрилата натрия способствовало увеличению потери массы образцов в почве, что указывает на его роль в ускорении биодеструкции.

Дополнительно обнаружено, что полиакрилат натрия способствует выделению пластификаторов из композита, что может оказывать влияние на механические свойства материалов в процессе их эксплуатации. Корреляционный анализ подтвердил наличие взаимосвязей между ключевыми параметрами состава и характеристиками биоразложения.

Таким образом, использование биоразлагаемых композитных удобрений на основе ацетата целлюлозы и древесной муки перспективно, однако необходимо учитывать влияние наполнителей на устойчивость к биологическому разложению и грибковому поражению. Для повышения долговечности таких материалов могут быть рекомендованы антисептические или гидрофобные добавки, а также оптимизация состава для контроля скорости разложения. Полученные результаты могут быть полезны при разработке новых композитных удобрений с заданными эксплуатационными свойствами.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ**

1. Найда Н. М., Петропавловский А. Г., Комаров А. А. Перспективы использования новых полимерных удобрений «Зеленит» при культивировании козлятника лекарст-

венного // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2010. № 19. С. 14–20.

2. Одинцов А. В., Липин А. Г., Туркова Н. Д. Оценка пролонгирующего эффекта композиционных оболочек гранул минерального удобрения // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2010. Т. 53, № 8. С. 68–70.

3. Amirbekov A. B., Kocherov Ye. N., Kolesnikov A. S. Physico-chemical and instrumental study of complex NPK-fertilizers of the prolonged action // Современный научный вестник. 2016. Vol. 11, No. 1. P. 54–63.

4. Филипович Т. А., Зубец И. В. Биоразлагаемые полимерные упаковочные материалы // Здоровье и окружающая среда. 2009. № 13. С. 462–465.

5. Исследования свойств композитов с полимерной фазой ацетата целлюлозы, полиакрилатом натрия и древесной мукой / П. С. Захаров, М. Я. Данчук, А. Е. Шкуро, А. В. Артемов // Деревообрабатывающая промышленность. 2023. № 3. С. 97–105.

6. Получение биокompозитов с полимерной фазой пластифицированных ацетатов целлюлозы с различной степенью ацетилирования / А. Е. Шкуро, В. В. Глухих, К. А. Усова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 4 (394). С. 155–168. DOI 10.37482/0536-1036-2023-4-155-168.

7. de Freitas R. R. M., Senna A. M., Vagner R. Influence of degree of substitution on thermal dynamic mechanical and physicochemical properties of cellulose acetate // Industrial Crops & Products. 2017. Vol. 109. P. 452–458.

8. Puleo A. S., Paul D. R. The effect of degree of acetylation on gas sorption and transport behavior in cellulose acetate // Journal of Membrane Science. 1989. Vol. 47. P. 301–332.

9. Zhanxing M., Kaibing H., Wangshun H. Preparation and characterization of sodium polyacrylate and kaolin composites with superabsorbent properties // Shiyou huagong = Petrochem. Technol. 2005. Vol. 34, № 12. P. 1198–1202.

10. Исследование физико-механических свойств композитов с полимерной фазой ацетата целлюлозы, сенном луговых трав и полиакрилатом натрия / М. Я. Данчук, А. Е. Шкуро, П. С. Захаров, В. В. Глухих // Системы. Методы. Технологии. 2024. № 3 (63). С. 167–172. DOI 10.18324/2077-5415-2024-3-167-172.

11. ГОСТ 9.048–89. Государственный стандарт Союза ССР. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля. М. : Издательство стандартов, 1990.

12. Мичуров Д. М., Шкуро А. Е., Глухих В. В. Исследование физико-механических свойств композитов с полимерной фазой полилактида и кострой конопля // Вестник Технологического университета. 2024. № 1. С. 59–63. DOI: 10.55421/1998-7072\_2024\_27\_1\_59.

## REFERENCES

1. Najda N. M., Petropavlovskij A. G., Komarov A. A. Perspektivy ispol'zovaniya novykh polimernykh udobrenij

“Zelenit” pri kultivirovanii kozlyatnika lekarstvennogo // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. № 19. S. 14–20.

2. Odincov A. V., Lipin A. G., Turkova N. D. Ocenka prolongiruyushchego effekta kompozicionnykh obolochek granul mineral'nogo udobreniya // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Seriya: Himiya i himicheskaya tekhnologiya. 2010. T. 53, № 8. S. 68–70.

3. Amirbekov A. B., Kocherov Ye. N., Kolesnikov A. S. Physico-chemical and instrumental study of complex NPK-fertilizers of the prolonged action // Sovremennyy nauchnyj vestnik. 2016. Vol. 11, No. 1. P. 54–63.

4. Filipovich T. A., Zubec I. V. Biorazлагаемые polimernye upakovochnye materialy // Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda. 2009. № 13. S. 462–465.

5. Issledovaniya svojstv kompozitov s polimernoj fazoj acetata cellyulozy, poliakrilatom natriya i drevesnoj mukoj / P. S. Zaharov, M. Ya. Danchuk, A. E. Shkuro, A. V. Artemov // Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'. 2023. № 3. S. 97–105.

6. Poluchenie biokompозитов s polimernoj fazoj plastificirovannykh acetatov cellyulozy s razlichnoj stepen'yu acetilirovaniya / A. E. Shkuro, V. V. Gluhih, K. A. Usova [i dr.] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2023. № 4 (394). S. 155–168. DOI 10.37482/0536-1036-2023-4-155-168.

7. de Freitas R. R. M., Senna A. M., Vagner R. Influence of degree of substitution on thermal dynamic mechanical and physicochemical properties of cellulose acetate // Industrial Crops & Products. 2017. Vol. 109. P. 452–458.

8. Puleo A. S., Paul D. R. The effect of degree of acetylation on gas sorption and transport behavior in cellulose acetate // Journal of Membrane Science. 1989. Vol. 47. P. 301–332.

9. Zhanxing M., Kaibing H., Wangshun H. Preparation and characterization of sodium polyacrylate and kaolin composites with superabsorbent properties // Shiyou huagong = Petrochem. Technol. 2005. Vol. 34, № 12. P. 1198–1202.

10. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svojstv kompozitov s polimernoj fazoj acetata cellyulozy, senom lugovykh trav i poliakrilatom natriya / M. Ya. Danchuk, A. E. Shkuro, P. S. Zaharov, V. V. Gluhih // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2024. № 3 (63). S. 167–172. DOI 10.18324/2077-5415-2024-3-167-172.

11. GOST 9.048–89. Gosudarstvennyj standart Soyuzа SSR. Edinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Pokrytiya metallicheskie i nemetallicheskie neorganicheskie. Metody kontrolya. M. : Izdatel'stvo standartov, 1990.

12. Michurov D. M., Shkuro A. E., Gluhih V. V. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svojstv kompozitov s poli-mernoj fazoj polilaktida i kstroj konopli // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. 2024. No. 1. S. 59–63. DOI: 10.55421/1998-7072\_2024\_27\_1\_59.

© Захаров П. С., Артёмов А. В., Шкуро А. Е., Юрьев Ю. Л., 2025

## АВТОРСКАЯ ССЫЛКА

**Авдеева Е. В.** Декоративность кустарников на объектах озеленения города Красноярск, с. 59–66

**Авдеева Е. В.**, см. Безруких В. А.

**Аминев П. И.**, см. Татаринцев А. И.

**Артёмов А. В.**, см. Захаров П. С.

**Безруких В. А.** Экологические особенности лесостепных агроландшафтов южной части бореальной зоны Приенисейской Сибири, с. 15–20

**Брынцев В. А.** Рост и семеношение сосны кедровой сибирской в интродукционных культурах плантационного типа в Московской области, с. 44–50

**Буторова О. Ф.**, см. Матвеева Р. Н.

**Выводцев Н. В.** Определение комплексной спелости в дубовых древостоях, с. 51–58

**Дук Д. В.**, см. Огурцов В. В.

**Ерицов А. М.**, см. Куksин Г. В.

**Залесов С. В.**, см. Куksин Г. В.

**Захаров П. С.** Исследование стойкости композиций на основе ацетата целлюлозы к воздействию плесневых грибов, с. 81–87

**Иванов Д. В.**, см. Авдеева Е. В.

**Комаров И. В.**, см. Матвеева Р. Н.

**Кузнецова О. А.**, см. Безруких В. А.

**Куksин Г. В.** Анализ фактической горимости лесов по федеральным округам Российской Федерации и пути ее минимизации, с. 67–75

**Лигаева Н. А.**, см. Безруких В. А.

**Матвеева Р. Н.** Изменчивость 1–7-летних сеянцев сосны кедровой сибирской от рамет плюсового дерева 100/64, произрастающих на участке «ГСП», с. 37–43

**Матвеева Р. Н.** Изменчивость 18-летнего семенного потомства привитых деревьев сосны кедровой сибирской разного географического происхождения, с. 21–27

**Огурцов В. В.** Процессы накопления штабелей перед сушильными туннелями в условиях крупнопоточного производства пиломатериалов, с. 76–80

**Орлов А. А.**, см. Огурцов В. В.

**Попова С. В.**, см. Матвеева Р. Н.

**Сафина А. В.** Исследование массообменных и массопроводных характеристик процесса экстракции хвой пихты насыщенным водяным паром, с. 81–90

**Секерин И. М.**, см. Куksин Г. В.

**Татаринцев А. И.** К изучению влияния *Ips sexdentatus* Börner на состояние древостоев *Pinus sibirica* Du Tour в лесах юга Средней Сибири, с. 7–14

**Терехов Г. Г.**, см. Усольцев В. А.

**Усольцев В. А.** Возрастная динамика биомассы насаждений кедра сибирского на Урале, с. 28–36

**Цыганкова Н. В.**, см. Безруких В. А.

**Шкуро А. Е.**, см. Захаров П. С.

**Щерба Ю. Е.**, см. Матвеева Р. Н.

**Юрьев Ю. Л.**, см. Захаров П. С.

## AUTHOR'S LINK

**Aminev P. I.**, see Tatarintsev A. I.

**Artyomov A. V.**, see Zakharov P. S.

**Avdeeva E. V.** Decorativeness of shrubs at landscaping sites of Krasnoyarsk city, p. 59–66

**Avdeeva E. V.**, see Bezrukikh V. A.

**Bezrukikh V. A.** Ecological features of forest-steppe agrolandscapes of the southern part of the boreal zone of Yenisei Siberia, p. 15–20

**Bryntsev V. A.** Growth and seed production of siberian cedar pine in introduction crops of plantation type in Moscow region, p. 44–50

**Butorova O. F.**, see Matveeva R. N.

**Duk D. V.**, see Ogurtsov V. V.

**Ivanov D. V.**, see Avdeeva E. V.

**Komarov I. V.**, see Matveeva R. N.

**Kuksin G. V.** Analysis of actual forest fire risk in the federal districts of the russian federation and ways to minimize it, p. 67–75

**Kuznetsova O. A.**, see Bezrukikh V. A.

**Ligaeva N. A.**, see Bezrukikh V. A.

**Matveeva R. N.** Variability of 1–7-year-old seedlings of Siberian pine from the plus tree 100/64 ramets growing on the site “GSP”, p. 37–43

**Matveeva R. N.** Variability of 18-year-old seed progeny of grafted *pinus sibirica* trees of different geographical origin, p. 21–27

**Ogurtsov V. V.** Stack accumulation processes before drying tunnels in large-flow production of sawn timber, p. 76–80

**Orlov A. A.**, see Ogurtsov V. V.

**Popova S. V.**, see Matveeva R. N.

**Safina A. V.** Investigation of mass-transfer and mass-conductivity characteristics of the process of fir needles extraction with saturated water vapor, p. 81–90

**Sekerin I. M.**, see Kuksin G. V.

**Shcherba Y. E.**, see Matveeva R. N.

**Shkuro A. E.**, see Zakharov P. S.

**Tatarintsev A. I.** To study the effect of *Ips sexdentatus* Börner on the state of *Pinus sibirica* Du Tour stands in the forests of southern Central Siberia, p. 7–14

**Terekhov G. G.**, see Usoltsev V. A.

**Tsygankova N. V.**, see Bezrukikh V. A.

**Usoltsev V. A.** Age dynamics of biomass of *Pinus sibirica* Du Tour stands in the Urals, p. 28–36

**Vyvodtsev N. V.** Determination of complex ripeness in oak stands, p. 51–58

**Yeritsov A. M.**, see Kuksin G. V.

**Yuryev Yu. L.**, see Zakharov P. S.

**Zakharov P. S.** Investigation of the resistance of cellulose acetate composites against mould fungi, p. 81–87

**Zalesov S. V.**, see Kuksin G. V.

