

Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»  
Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН

ISSN 2311-1410

# Сибирский лесной журнал

Номер 3  
Май–Июнь 2023



ФГБУ «Сибирское отделение  
Российской академии наук»  
Новосибирск

FEDERAL RESEARCH CENTER KRASNOYARSK SCIENTIFIC CENTER  
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, SIBERIAN BRANCH  
V. N. SUKACHEV INSTITUTE OF FOREST  
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, SIBERIAN BRANCH

**SIBERIAN JOURNAL OF FOREST SCIENCE**

Number 3 May–June 2023

Peer-reviewed Scientific Journal. Established January 2014

**Founder:** Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch

**Published bimonthly**, 6 times per year  
ISSN 2311-1410 (Print), ISSN 2312-2099 (Online)

**Editor-in-Chief**

Alexander A. Onuchin  
onuchin@ksc.krasn.ru

**Associate Editors-in-Chief**

Igor M. Danilin, Tamara S. Sedel'nikova  
danilin@ksc.krasn.ru, tss@ksc.krasn.ru

**Managing Editor**

Larisa N. Skripal'schikova  
lara@ksc.krasn.ru

**Associate Editors**

Galina F. Antonova (RF), Natalia E. Antonova (RF), Stanislav P. Arefyev (RF), Sezgin Ayan (Turkey), Vladimir F. Baginskiy (Belarus), Eugene V. Banaev (RF), Yuri N. Baranchikov (RF), Kirsten Barrett (UK), Sergei A. Bartalev (RF), Sergei M. Bebiya (Abkhazia), Vera E. Benkova (RF), Kapitolina S. Bobkova (RF), Jiquan Chen (USA), Tumen N. Chimitdorzhiev (RF), Chimidnyam Dorjsuren (Mongolia), Chultem Dugarjav (Mongolia), Alexey A. Dymov (RF), Steve Eubanks (USA), Svetlana Yu. Evgrafova (RF), Sergey N. Goroshkevich (RF), Irina D. Grodnitskaya (RF), Andrei N. Gromtsev (RF), Georg Guggenberger (Germany), Alexander P. Isaev (RF), Galina A. Ivanova (RF), Vladislav N. Kalaev (RF), Olga V. Kalugina (RF), Vyacheslav I. Khanuk (RF), Alexander V. Kirdyanov (RF), Natal'ya I. Kirichenko (RF), Grigoriy B. Kofman (RF), Alexander P. Kovalev (RF), Yuri N. Krasnoshchekov (RF), Konstantin V. Krutovsky (RF, Germany), Alexander M. Kryshen (RF), Konstantin N. Kulik (RF), Andrei N. Kupriyanov (RF), Qinglin Li (Canada), Sune Linder (Sweden), Sergei R. Loskutov (RF), Tatyana A. Moskalyuk (RF), Elena N. Muratova (RF), Sergei V. Osipov (RF), Igor N. Pavlov (RF), Heli Peltola (Finland), Viliam Pichler (Slovakia), Alexander V. Pimenov (RF), Anatoly S. Prokushkin (RF), Valery P. Putenikhin (RF), Olga A. Shapchenkova (RF), Dmitriy G. Schepaschenko (RF, Austria), Christiane Schmullius (Germany), Olga V. Shergina (RF), Alexander S. Shishikin (RF), Svetlana D. Shlotgauer (RF), Anatoly Z. Shvidenko (RF, Austria), Vladimir A. Sokolov (RF), Vladimir V. Soldatov (RF), Vladislav G. Soukhovolsky (RF), Ge Sun (USA), Vyacheslav V. Tarakanov (RF), Alexander N. Tashev (Bulgaria), Elena E. Timoshok (RF), Josef Urban (Czechia), Vladimir V. Usenya (Belarus), Vladimir A. Usoltshev (RF), Eugene A. Vaganov (RF), Viktor I. Voronin (RF), Chuankuan Wang (China), Adam X. Wei (Canada), Vasily T. Yarmishko (RF)

**Leading Editor**

Tatyana A. Nikitina

**Scientific Editor**

Kseniya A. Kryukova

**Technical Editor**

Tatyana R. Pantyukhina

*Address for journal office:*

Russian Federation, 660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/28  
Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
Editorial office for the Siberian Journal of Forest Science  
Phones: +7 (391) 249-4639; +7 (391) 290-5516; E-mail: lara@ksc.krasn.ru  
Web: sibjforsci.com; сибирскийлеснойжурнал.рф

Novosibirsk

Siberian Branch of the Russian Academy of Science

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
ИНСТИТУТ ЛЕСА ИМ. В. Н. СУКАЧЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК –  
ОБОСОБЛЕННОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ФИЦ КНЦ СО РАН (ИЛ СО РАН)

## СИБИРСКИЙ ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

№ 3 2023 Май–Июнь

Научный журнал. Издается с января 2014 г.

**Учредитель:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
Федеральный исследовательский центр  
«Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

**Периодичность** – 6 номеров в год  
ISSN 2311-1410 (печатное издание), ISSN 2312-2099 (сетевое издание)

*Главный редактор*  
А. А. Онучин

### Редакционная коллегия:

Г. Ф. Антонова (РФ), Н. Е. Антонова (РФ), С. П. Арефьев (РФ), С. Аян (Турция), В. Ф. Багинский (Беларусь),  
Е. В. Банаев (РФ), Ю. Н. Баранчиков (РФ), К. Баррет (Великобритания), С. А. Барталев (РФ), С. М. Бебия (Абхазия),  
В. Е. Бенькова (РФ), К. С. Бобкова (РФ), Е. А. Ваганов (РФ), Ч. Ван (Китай), А. Х. Вен (Канада), В. И. Воронин (РФ),  
С. Н. Горошкевич (РФ), И. Д. Гродницкая (РФ), А. Н. Громцев (РФ), Г. Гуттенбергер (Германия),  
И. М. Данилин (*зам. главного редактора*, РФ), Ч. Доржсурэн (Монголия), Ч. Дугаржав (Монголия), А. А. Дымов (РФ),  
С. Ю. Евграфова (РФ), Г. А. Иванова (РФ), А. П. Исаев (РФ), В. Н. Калаев (РФ), О. В. Калугина (РФ), А. В. Кирдянов (РФ),  
Н. И. Кириченко (РФ), А. П. Ковалев (РФ), Г. Б. Кофман (РФ), Ю. Н. Краснощеков (РФ), К. В. Крутовский (РФ, Германия),  
А. М. Крышень (РФ), К. А. Крюкова (*научный редактор*, РФ), К. Н. Кулик (РФ), А. Н. Куприянов (РФ), Ж. Ли (Канада),  
С. Линдер (Швеция), С. Р. Лоскутов (РФ), Т. А. Москалюк (РФ), Е. Н. Муратова (РФ), Т. А. Никитина (*ведущий редактор*, РФ),  
С. В. Осипов (РФ), И. Н. Павлов (РФ), Х. Пелтола (Финляндия), А. В. Пименов (РФ), В. Пихлер (Словакия),  
А. С. Прокушкин (РФ), В. П. Путенихин (РФ), Т. С. Седельникова (*зам. главного редактора*, РФ),  
Л. Н. Скрипальщикова (*отв. секретарь*, РФ), В. А. Соколов (РФ), В. В. Солдатов (РФ), Г. Сун (США),  
В. Г. Суховольский (РФ), В. В. Тараканов (РФ), А. Н. Ташев (Болгария), Е. Е. Тимошок (РФ), Й. Урбан (Чехия),  
В. В. Усень (Беларусь), В. А. Усольцев (РФ), В. И. Харук (РФ), Д. Чен (США), Т. Н. Чимитдоржиев (РФ),  
О. А. Шапченко (РФ), А. З. Швиденко (РФ, Австрия), О. В. Шергина (РФ), А. С. Шиншкин (РФ), С. Д. Шлотгауэр (РФ),  
К. Шмюллиус (Германия), Д. Г. Щепашенко (РФ, Австрия), С. Юбанкс (США), В. Т. Ярмишко (РФ)

*Адрес редакции:* 660036, Красноярск, Академгородок, 50/28, ИЛ СО РАН  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
Федеральный исследовательский центр  
«Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»  
Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук –  
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (ИЛ СО РАН)

Редакция «Сибирского лесного журнала»  
Телефоны: (391) 249-4639; (391) 290-5516  
E-mail: [lara@ksc.krasn.ru](mailto:lara@ksc.krasn.ru)  
Интернет-сайт: [сибирскийлеснойжурнал.рф](http://сибирскийлеснойжурнал.рф), [sibjforsci.com](http://sibjforsci.com)

Новосибирск  
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирское отделение Российской академии наук»

© Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр  
«Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», 2023  
© Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук –  
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (ИЛ СО РАН), 2023





### Основная тематика журнала:

лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация  
структура, динамика и функционирование лесных экосистем  
биосферные функции леса, их изменения под влиянием глобальных и региональных  
климатических процессов и антропогенных воздействий  
география, экология и типология лесов  
лесная генетика, селекция и интродукция, дендрология  
лесное ресурсоведение, ботаника, этноботаника  
лесные культуры  
физиология и биохимия лесных растений  
биотехнология, древесиноведение, химическая переработка древесины и недревесных продуктов леса  
дендрохронологические исследования  
лесная гидрология  
лесная пирология  
лесные зоокомплексы  
лесная фитоценология  
лесное почвоведение  
лесная микробиология  
лесная фитопатология и защита леса  
лесомелиорация и лесная рекультивация  
лесная политика, экономика, управление лесами, лесное законодательство  
дистанционные и геоинформационные методы в оценке биосферных функций леса

Журнал представляет собой мультидисциплинарное рецензируемое научное издание, освещающее широкий спектр вопросов лесоведения, лесоводства, лесоустройства, лесной таксации, генетики и селекции, лесной экологии и экономики – наук о сложнейших закономерностях структуры, формирования и развития лесных экосистем и использования лесных ресурсов человеком.

«Сибирский лесной журнал. Siberian Journal of Forest Science» (ISSN 2311-1410 (печатное издание), ISSN 2312-2099 (сетевое издание)) публикуется Федеральным государственным бюджетным учреждением «Сибирское отделение Российской академии наук» на русском и английском языках.

«Сибирский лесной журнал» включен в российскую систему научного цитирования eLibrary.ru (РИНЦ), международные реферативные базы данных: Ulrichsweb: Global Serials Directory, Directory of Open Access Journals (DOAJ), AGRIS, CABI Forest Science Database, Перечень периодических научных изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ (категория K1), готовится к включению в международные реферативные базы данных научной периодики и цитирования: Springer, Scopus, Web of Science. Полнотекстовые статьи размещаются на сайте журнала в сети: [sibirskii-lesnoy-jurnal.rf](http://sibirskii-lesnoy-jurnal.rf), [sibjforsci.com](http://sibjforsci.com).

«Сибирский лесной журнал» предполагает следующие разделы: «Обзорные статьи», «Исследовательские статьи», «Краткие сообщения», «Рецензии», «Хроника», «Международное сотрудничество». В нем освещаются самые разные вопросы, касающиеся проблем биологического разнообразия лесов на всех уровнях его организации (генетическом, видовом, экосистемном). Публикуются статьи по антропогенной и техногенной трансформации лесных экосистем. Журнал не ограничивается лесными проблемами Сибири, принимает и публикует материалы из различных регионов мира, представляющие общенаучный интерес.

Подготовлено к печати Федеральным государственным бюджетным учреждением  
«Сибирское отделение Российской академии наук»

Ведущий редактор Т. А. Никитина

Научный редактор К. А. Крюкова

Дизайн обложки С. Р. Лоскутов

Техническое редактирование и верстка Т. Р. Пантюхина

---

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации:

Периодическое печатное издание, журнал – ПИ № ФС 77-68699 от 09 февраля 2017 г.

Сетевое издание – ЭЛ № ФС 77-70737 от 15 августа 2017 г.

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

Федеральный исследовательский центр

«Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

---

Сдано в набор 15.05.2023. Выход в свет 30.06.2023. Бумага типографская. Формат 60 × 84 1/8

Усл. печ. л. 7.0. Уч.-изд. л. 6.0. Тираж 100 экз. Заказ № 133. Цена свободная.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирское отделение Российской академии наук»

630090, г. Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 17

Отпечатано в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Сибирское отделение Российской академии наук»

630090, г. Новосибирск, Морской просп., 2

Тел.: 8 (383) 330-8466; электронная почта: [e.lyannaya@sb-ras.ru](mailto:e.lyannaya@sb-ras.ru); <http://www.sibran.ru>



## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

---

УДК 630.431

### ПИРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

**А. В. Софронова<sup>1</sup>, А. В. Волокитина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Средняя общеобразовательная школа № 6  
655602, Республика Хакасия, Саяногорск, Ленинградский мкр., 51

<sup>2</sup>Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

---

E-mail: asofronova.rf@gmail.com, volokit@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 03.02.2023 г.

Рассмотрены проблемы горимости участков размещения объектов нефтегазовой отрасли и необходимость проведения пирологической экспертизы. Впервые в РФ оценку воздействия на окружающую среду нефтегазовых комплексов предложено дополнить технологией пирологической экспертизы, разработанной в Институте леса им. В. Н. Сукачева СО РАН и вошедшей в список Топ-1000 форума «Сильные идеи для нового времени-2022». Внесено предложение дополнить пункт 7.13.1.19 Приказа Минприроды от 01.12.2020 № 999 «Об утверждении требований к материалам оценки воздействия на окружающую среду» противопожарным обустройством территории в соответствии с рекомендациями пирологической экспертизы. Приведено понятие пирологической экспертизы. Рассмотрены вопросы оценки природной пожарной опасности в России и экологической политики нефтегазодобывающих компаний. Для снижения горимости участков нефтегазовых месторождений, повышения пожарной безопасности нефтегазовых объектов, лучшей интеграции российских нефтегазодобывающих компаний в процесс энергоперехода, обозначенного Парижским соглашением 2015 г., и выполнения требований по декарбонизации отрасли, ESG-развитию, предложены полный пересмотр принципов корпоративного управления и имеющихся технологий, а также перестройка мышления. Отмечена необходимость включения пожаров растительности, число которых увеличивается с освоением месторождений, в перечень источников парниковых газов. Дан обзор материалов и методов, которые могут быть использованы при проведении пирологической экспертизы. Разработаны методические рекомендации по проведению пирологической экспертизы на основе современного метода оценки природной пожарной опасности – составления карт растительных горючих материалов и оценки пожароопасности нефтегазовых объектов на примере результатов исследования Юрубчено-Тохомского месторождения. Представленные методические рекомендации основаны на результатах многолетних фундаментальных пирологических исследований и на использовании современных материалов дистанционного зондирования Земли, геоинформационных технологий. Проведение пирологической экспертизы нефтегазодобывающими компаниями будет способствовать снижению числа пожаров растительности и снижению выбросов парниковых газов, повышению инвестиционной привлекательности компаний и ESG-рейтингу.

**Ключевые слова:** оценка природной пожарной опасности, карты растительных горючих материалов, ГИС-технологии, ESG-рейтинг нефтегазодобывающих компаний.

DOI: 10.15372/SJFS20230301

## ВВЕДЕНИЕ

Освоение северных нефтегазовых месторождений Сибири – одно из главных направлений развития российской добывающей промышленности, имеющее огромное экономическое значение. При развитии нефтегазовых комплексов (НГК) необходимо помнить, что залогом устойчивого развития является промышленная и экологическая безопасность, рациональное использование ресурсов.

По оценкам ООН, ежегодно на Земле лесными пожарами охватывается 650 млн га. В Сибири, где сосредоточено около 80 % (552 млн га) всего лесного массива России, ежегодно возникает 30 000 пожаров. За пожарный период в атмосферу выбрасывается 2 млн т продуктов горения. Приближенная оценка площади лесных пожаров составляет около 5 млн га, а пожаров всех видов растительности – около 10 млн га. Количество пыли и аэрозолей, ежегодно поставляемых в атмосферу эмиссией лесных пожаров, сопоставимо с выбросами вулканов и составляет 20–150 млн т (Экологическая экспертиза, 2023).

Неуправляемые пожары растительности представляют угрозу и самим объектам нефтегазовой отрасли, препятствуют проведению авиационных работ. От многочисленных крупных пожаров ухудшается экологическая обстановка в соседних густонаселенных регионах: дым от пожаров распространяется на большие территории, входящий в его состав угарный газ отрицательно влияет на здоровье людей.

В рамках проведения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при оценке влияния объектов НГК на лесные территории природная пожарная опасность (ППО) и ее изменение в результате хозяйственной деятельности человека не учитываются, хотя пожары растительности являются мощным экологическим фактором, и их отрицательное влияние на природную среду может превышать уровень промышленного загрязнения. Приказ Минприроды от 01.12.2020 № 999 «Об утверждении требований к материалам оценки воздействия на окружающую среду» (2020) не содержит, к сожалению, ни одного пункта, посвященного проблеме оценки природной пожарной опасности. Меры по охране напочвенного покрова в отношении месторождений углеводородного сырья представлены минимизацией площади изъятия, снятием и временным складированием плодородного слоя почвы, гидроизоляция стенок и дна систем накопления отходов бурения и продуктов испытания

скважин. Пункт 7.13.1.19 описания планируемой деятельности в отношении месторождений углеводородного сырья необходимо расширить, а «вывод о наилучшем с точки зрения охраны окружающей среды варианте разработки и обустройства месторождения» (Приказ..., 2020) дополнить противопожарным обустройством территории в соответствии с рекомендациями пирологической экспертизы

Под пирологической экспертизой мы подразумеваем ряд мероприятий, направленных на оценку ППО, оценку распределения нефтегазовых объектов во времени и по территории как потенциальных источников огня и на разработку рекомендаций по рациональному проведению противопожарных мероприятий. Решение задач пирологической экспертизы возможно при наличии информации о распределении растительных горючих материалов (РГМ) по территории и их характеристике, включающей прежде всего оценку типов основных проводников горения (ОПГ) (Волокитина, 2012). Такую информацию содержат карты РГМ, которые служат матрицей для создания серии карт текущей природной пожарной опасности для каждого класса засухи (по условиям погоды) в разное время года. Составление карт РГМ и оценки текущей ППО позволяет определять участки территории повышенной опасности по классам засухи и составлять прогноз поведения пожара.

Нефтегазодобывающим компаниям необходимо понимать ответственность за размещение пожароопасных объектов и увеличение потенциальных источников огня в природной среде, а также возможного развития катастрофических верховых пожаров, представляющих угрозу для персонала, инфраструктуры и промышленных объектов и наносящих огромный ущерб лесному хозяйству, поэтому проведение пирологической экспертизы актуально и востребовано.

Цель работы – подготовить методические рекомендации по проведению пирологической экспертизы нефтегазовых комплексов с использованием современных методов составления карт РГМ и дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с применением ГИС-технологий. Исследования начаты с анализа естественной и техногенной горимости в районе Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения в рамках работ по космическому мониторингу воздействия нефтегазовых объектов на окружающую среду месторождений (Софронова, 2011) и продолжались в течение 14 лет.



## СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Со стороны крупных нефтегазодобывающих компаний («Газпром», «Роснефть», «Лукойл», «Газпромнефть», «Татнефть» и «Новатэк») с целью повышения акционерной стоимости и повышения инвестиционной привлекательности начата политика по ESG-развитию (англ. *environmental* – экология, *social* – социальное развитие, *governance* – корпоративное управление). Проверка компании на соответствие принципам ESG – это один из мировых принципов ответственного инвестирования.

Для снижения горимости участков нефтегазовых месторождений, повышения пожарной безопасности нефтегазовых объектов (НГО), лучшей интеграции российских нефтегазодобывающих компаний в процесс энергоперехода (глобальной трансформации энергосистем, включающей в себя четыре элемента: энергоэффективность, декарбонизацию, децентрализацию, цифровизацию), обозначенного Парижским соглашением в 2015 г. (Энергопереход..., 2021), и выполнения требований по декарбонизации отрасли ESG-развитию требуются полный пересмотр принципов корпоративного управления и имеющихся технологий, а также перестройка мышления. При выборе направления устойчивого развития необходимо в центр внимания ставить не повышение акционерной стоимости компании (Приказ..., 2009), а сохранение исчерпаемых природных ресурсов и окружающей природной среды. При перестройке мышления было бы целесообразно заменить термин «регионы присутствия компании» на «территория ответственности» (В центре..., 2021).

При анализе источников выбросов парниковых газов необходимо в них включать возникающие пожары растительности. Например, СопосоPhillips с 2005 г. инвестирует 1 млн долл. ежегодно в пожароохранные проекты в Австралии, получая углеродные зачеты в размере 100 000 т CO<sub>2</sub> (Грушевенко и др., 2021).

Правительство РФ обеспокоено проблемой возрастающей горимости лесных территорий, о чем свидетельствуют указы Президента от 01.01.2018 № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года» (2018) и от 15.06.2022 № 382 «О мерах по сокращению площади лесных пожаров в Российской Федерации» (2022). Последний указ регламентирует Правительству Российской Федерации совместно с высшими должностными

лицами субъектов Российской Федерации обеспечить сокращение площади лесных пожаров на землях лесного фонда в 2022–2030 гг. не менее чем на 50 % относительно уровня 2021 г. (Указ..., 2022).

В настоящее время в России оценка природной пожарной опасности, утвержденная Приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 05.07.2011 № 287 (2011), недостаточно точна, она не позволяет решать вопрос прогнозирования поведения пожаров. В Приказе (2011) используется классификация природной пожарной опасности лесов, основанная на шкале оценки лесных участков по классам природной пожарной опасности академика И. С. Мелехова (1947).

За 75 лет (с 1947 г.) последователями И. С. Мелехова изучены запасы РГМ по видам для отдельных типов леса, теплотворная способность РГМ и плотность слоя, а также связь их влагосодержания с лесопожарными показателями засухи. Обобщена накопленная информация по скорости созревания разных типов леса, дополнительно проведены пирологические наблюдения и описания в разных регионах России и разработана детальная классификация растительных горючих материалов, позволившая начать разномасштабное картографирование РГМ (Волокитина, Софронов, 2002). На основе крупномасштабных карт РГМ появилась возможность более точной оценки природной пожарной опасности участков растительности, в том числе текущей под влиянием изменений погодных условий, а также возможность прогнозирования поведения пожаров растительности, включая лесные (Волокитина и др., 2010).

На сегодняшний момент в лаборатории лесной пирологии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН разработано программное обеспечение для автоматизированного составления карт оценки ППО и прогноза поведения пожаров (Корец, Волокитина, 2014, 2015).

В данной статье представлены результаты разработки методических рекомендаций по проведению пирологической экспертизы НГК Красноярского края (Софронова, Волокитина, 2021).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наиболее эффективными при проведении пирологической экспертизы объектов НГК являются методы дистанционного зондирования Земли и картографирования, так как они позволяют



охватить одновременно большую территорию, увидеть ситуацию в целом, тем самым упрощают восприятие многокомпонентной системы, ее анализ, принятие решений в управлении.

Ежегодно объем данных ДЗЗ увеличивается. В настоящее время развитие сетевой инфраструктуры и информационных технологий позволяет организовать не только доступ к архивам данных ДЗЗ на новом уровне, при котором можно решать задачи при помощи специализированного интерфейса доступа к спутниковым данным, но и создавать инструменты для анализа космических снимков. В статье Е. А. Лупяна с соавт. (2015) перечислены существующие web-порталы и информационные системы доступа к сверхбольшим архивам спутниковых данных и их анализа, позволяющие обрабатывать большой объем спутниковой информации за счет мощностей центров предоставления данных. К перечисленным в указанной статье инструментам работы с космическими снимками и их анализа следует добавить платформу NextGIS (2023), позволяющую четко упорядочивать создаваемые в процессе работы файлы и легко их находить.

При картографировании с использованием данных ДЗЗ процесс дешифрирования является преобладающим, от него зависит качество картографического продукта. Автоматизированные методы сводятся к различным способам математической классификации спектральных характеристик пикселей, представленных в цифровом виде. Применение этих методов требует наличие дорогостоящего программного обеспечения и узкой специализации в математических методах вычислений. В результате проведенной классификации получают растровое изображение. Его называют картой классификации, или цифровой картой (Лабутина, 2004), которая не является картой. Разделение объектов при классификации основано на их яркостных свойствах, а на карте – по их сущности. Карта классификации лишена картографической генерализации. Дополнительная обработка полученного изображения может частично компенсировать эти недостатки, например автоматическая векторизация, которая заключается в оконтуривании всех пикселей, различающихся по яркости или присвоенному значению с соседними элементами.

Недостаток методов классификации – их обособленность от причин, обуславливающих тот или иной набор значений спектральной яркости пикселя. Два различных объекта, имеющих близкую отражательную способность,

могут быть отнесены к одному классу. В связи с этим возникла необходимость развития методов, учитывающих форму, размер, текстуру объектов (Манович и др., 2013).

Большое значение при выборе метода дешифрирования имеет разрешение снимка – одна из основных характеристик снимка. При дешифрировании изображений сверхвысокого разрешения возникает проблема зернистости изображения, когда крона одного дерева, например, представлена пикселями со спектральными значениями листвы и тени от них. Большое влияние в разреженных древостоях оказывает и почвенный покров.

Существует еще одно направление автоматизированного дешифрирования ДЗЗ – перевод значений спектральной яркости пикселей в значения различных вегетационных индексов – количественные показатели состояния растительности. По изменениям их значений определяют изменения, происходящие в растительном покрове, осуществляют мониторинг, составляют карты различных тематик: по оценке продуктивности лесных ресурсов, мониторингу вырубок, всходов сельскохозяйственных культур восстановлению гарей и др.

При всем разнообразии, вегетационные индексы подходят для территорий с густым растительным покровом. Если он разреженный, то спектр снимка в основном зависит от почв, которые могут различаться очень сильно по отражению, даже если для анализа используются очень широкие спектральные диапазоны. В различных экологических направлениях разрабатываются методы тематической автоматизированной классификации, в которых делается попытка совместить спектральные значения яркостей пикселей с параметрами среды, определяющих растительный покров (рельеф, осадки, гидрография). Так, А. В. Хорошев с соавт. (2010) исследуют отношения в системе «рельеф – почва» на основе спектральных значений яркости пикселей и цифровой модели рельефа в разных масштабах. Путем перебора разных масштабов и построения статистических моделей межкомпонентных отношений в ландшафте выявляются целостные ландшафтные структуры.

И. В. Данилова и соавт. (2010) используют методику автоматизированного картографирования растительного покрова на основе лесорастительного районирования. Главным критерием выделения однородной территории при картографировании растительности на основе лесорастительного районирования является климат.

В качестве аргументов при построении моделей пространственной изменчивости климата взяты осадки, абсолютная высота и расстояния до орографических барьеров, температура воздуха. В результате получается карта геоморфологических комплексов (ГМК) – участков, однородных по экологическим режимам, создающим определенные лесорастительные условия.

У Т. В. Черненковой с соавт. (2012) построение картографической модели опирается на индикацию границ лесных экосистем и их свойств по характеристикам, отражающим их варьирование. Ключевым понятием цифрового пространственного анализа является элементарная территориальная единица (ЭТЕ), представляющая собой ячейку сетки (матрицы), регулярно покрывающей всю территорию. Цифровые модели рельефа (ЦМР) и местности (ЦММ) используются для расчета морфометрических характеристик рельефа, определяющих закономерности дифференциации растительного покрова. По этим характеристикам описываются потенциальные свойства местообитаний, задаваемые неровностями земной поверхности, определяющими перераспределение тепла и влаги.

Из представленных примеров методических подходов автоматизированного дешифрирования видно, что для повышения достоверности результатов необходимо привлечение данных об экологических условиях произрастания растительности, интерпретация полученных результатов не обходится без оценки эксперта. Таким образом, автоматизированные методы дешифрирования представляются наиболее дорогостоящими, так как требуют специализированного программного обеспечения и высококвалифицированных специалистов, владеющих математическими методами анализа цифрового изображения и знающих экологические особенности произрастания растительности.

Визуальные методы дешифрирования просты и доступны каждому исследователю. Методом ландшафтно-индикационного дешифрирования можно определить объекты и их свойства, даже не изобразившиеся на снимке, но недостатком его может быть субъективность дешифровщика, его погрешность в выделении контуров, от которой зависят площадные или линейные характеристики объектов. При визуальном дешифрировании первостепенную роль играют информационная база знаний и опыт дешифровщика. Наилучшие результаты при составлении карт по цифровым снимкам можно получить методом визуального дешифрирования в сочета-

нии с результатами автоматизированных методов дешифрирования.

При картографировании РГМ главной пирологической характеристикой, отображаемой на картах, является тип основного проводника горения (тип ОПГ) – непрерывный слой РГМ на поверхности почвы, по которому может распространяться пламенное горение (Волокитина, Софронов, 2002).

Идея классификации ОПГ отражена в следующей схеме:

|                                               |                    |       |        |       |                |
|-----------------------------------------------|--------------------|-------|--------|-------|----------------|
| «Мшистая» подгруппа:                          | Лш                 | Сх    | Вл     | Бм1   | Бм2            |
| «Опадная» подгруппа:                          | Тв ↔ Рх ↔ Пл ↔ Бп1 | Бп2   |        |       |                |
| Критические классы засухи (КЗ) для типов ОПГ: | I КЗ               | II КЗ | III КЗ | IV КЗ | Неро-<br>римые |

*Примечание.* Лш – лишайниковый; Сх – сухомшистый; Вл – влажно-мшистый; Бм1 – болотно-моховый 1; Бм2 – болотно-моховый 2; Тв – травяно-ветошный; Рх – рыхлоопадный; Пл – плотноопадный; Бп1 – беспроводниковый 1; Бп2 – беспроводниковый 2.

Здесь к одному типу ОПГ были отнесены непрерывные слои ОПГ на поверхности почвы, достигающие горимого состояния при одном классе засухи (если высыхание происходит при типовых условиях: отсутствии уклона, средней полноты древостоя (0.5–0.7), наличии хвои и листвы в пологе древостоя). В наименовании типов ОПГ отражены те характеристики, которые имеют значение для возникновения и распространения горения – это состав, увлажненность (режим увлажненности), плотность растительных горючих материалов. Кроме того, типы ОПГ «опадной» подгруппы могут меняться в течение сезонов. Поэтому при дешифрировании типов ОПГ используют визуальный ландшафтно-индикационный метод, который позволяет использовать в работе максимальное количество дешифровочных прямых и косвенных признаков.

Для получения представления о растительном покрове исследуемой территории и типов ОПГ анализируют «Схему типов леса», используемую при лесоустройстве лесничеств. Определение типа ОПГ в каждом типе леса проводят по краткому определителю типов ОПГ (Волокитина, 1990; Волокитина, Софронов, 2002) и методике пирологического описания участков растительности (Софронов, Волокитина, 2007).



В составлении карт РГМ существует два методологических подхода: по непосредственной индивидуальной пиროлогической характеристике участков в полевых условиях и по косвенной пиროлогической характеристике участков на основе лесоустроительной информации, тематических карт и результатов дешифрирования космических снимков. Ввиду большой площади участка (около 106 км<sup>2</sup>) и отсутствия возможности проведения полевых исследований, в данной работе использован подход на основе лесоустроительной информации, тематических карт и результатов дешифрирования космических снимков.

Для выполнения пиროлогической экспертизы на конкретное предприятие необходима адаптация имеющихся разработок к конкретным природным условиям с учетом вида и качества информации, имеющейся на данную территорию.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе формирования НГК можно выделить два основных этапа: экстенсивный (разведочные работы – проявляются в прокладывании протяженных сейсмопрофилей, в размещении разведочных буровых площадок, удаленных друг от друга на большие расстояния) и интенсивный (характеризуется обустройством перспективных буровых площадок в кусты, строительством объектов инфраструктуры, прокладыванием нефтепроводов). При освоении крупных месторождений этапы чередуются.

При проведении пиროлогической экспертизы важно выяснить, на каком этапе находится формирование НГК. При отсутствии официальных данных получить сведения можно по временному ряду оптико-электронных космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения. На этапе экстенсивного освоения пиროлогическую экспертизу рекомендуется проводить на основе составления среднемасштабных карт РГМ (1 : 200 000 – 1 : 100 000). Среднемасштабные карты РГМ позволяют оценить ППО по текущим природным условиям, выявить наиболее пожароопасные участки. Таким образом, они могут выступать в качестве основы для планирования безопасного проведения работ на участках, не готовых к горению при текущих условиях погоды.

Для пиროлогической экспертизы на этапе интенсивной разработки месторождений целесообразно будет использовать крупномасштабные

карты РГМ (1 : 50 000 – 1 : 25 000), которые позволяют учесть расположение небольших объектов, наиболее точно определить пиროлогические характеристики природной среды на основе полевых исследований.

При проведении пиროлогической экспертизы участка разработки месторождения важно учитывать характер пожароопасности и воздействия НГО на изменение пиროлогических характеристик растительности. На карте оценки текущей ППО выделяют объекты НГО как потенциальные источники загораний, обладающие высокой пожарной опасностью – факелы, кусты и другие объекты, имеющие скопление углеводородов (пункты сбора нефти), средней пожарной опасностью – разведочные объекты и объекты транспорта, низкой пожарной опасностью – промышленные минерализованные площадки, на которых могут присутствовать горючесмазочные материалы, и объекты, пожарная опасность на которых отсутствует – распространение горения невозможно, например карьеры камня, песка.

Строительство и эксплуатация НГК изменяет характер РГМ, условия их увлажнения и высыхания, повышает пиროлогическую расчлененность территории, ее доступность и количество антропогенных источников огня на ней. При создании НГК происходит вырубка леса на трассах дорог и трубопроводов, на строительных площадках наблюдается частичное или полное сдирание напочвенного покрова гусеницами тракторов, появляются карьеры и канавы.

На открытых участках, где вырублен лес, высыхание основных проводников горения, главной группы растительных горючих материалов, определяющей возможность возникновения и распространения горения по территории, происходит быстрее, чем под пологом леса, что повышает пожарную опасность.

Сдирание напочвенного покрова (минерализация) затрудняет распространение горения, но на обнаженной поверхности довольно быстро может развиваться осоковый или злаковый покров, что, напротив, значительно увеличивает пожарную опасность, поскольку весной и засушливой осенью может образоваться достаточный для распространения горения запас травяной ветоши, «созревающей» уже при первом классе засухи по условиям погоды.

Откачивание воды из скважин при нефтегазодобыче может понизить уровень грунтовых вод и провоцировать процессы разболачивания, что сопровождается высыханием мха и подстил-

ки на заболоченных участках и повышением ППО (Методика..., 1992).

Дороги и трубопроводы, проложенные поперек даже слабых склонов, препятствуют поверхностному стоку и вызывают переувлажнение и заболачивание, особенно при тяжелосуглинистых подстилающих грунтах, а также усыхание насаждений. Если в процессе заболачивания разрастаются мхи (политрихум (*Polytrichum* Hedw.) и сфагнум (*Sphagnum* L.)), то ППО – снижается, а если разрастаются осоки (*Carex* L.) и злаки (Роасеае Barnhart), то ППО возрастает. Вниз по направлению от дороги (по склону) может происходить пересыхание почвы и увеличение пожарной опасности.

Особую роль играют потери нефти. С одной стороны, они отравляют среду, уничтожают растительность, т. е. часть растительных горючих материалов, но с другой – сама нефть является горючим материалом.

Дороги вдоль трубопроводов могут играть роль противопожарных барьеров на пути распространения лесных пожаров, если не зарастают злаками и осоками, и тем самым облегчают борьбу с ними. Но таежные дороги служат также путями проникновения в лес людей – носителей источников огня. Кроме наземного транспорта, в нефтегазовой отрасли очень широко используется авиатранспорт, особенно вертолеты, поэтому практически любая, самая удаленная точка тайги в районе стала доступной. Современное кризисное состояние экономики, безусловно, усилит посещаемость лесов людьми для сбора ягод, грибов, охоты и рыбной ловли, что еще больше увеличит число источников огня.

В критические погодные периоды (в особо засушливое и жаркое лето) может появиться опасность возникновения крупных пожаров в зонах разработки нефтегазовых месторождений и возле трубопроводов. Это создает угрозу уничтожения важных хозяйственных объектов на нефтяных и газовых скважинах, тушить которые очень трудно. Пожары могут распространяться на большие лесные площади, а также угрожать населенным пунктам. И наконец, выгорание торфяных залежей в районах НГК и по трассам трубопроводов может привести к последующему широкому обводнению территории и значительному удорожанию работ.

Порядок проведения работ при пирологической экспертизе:

1. Выполнить дешифрирование нефтегазовых объектов по данным ДЗЗ, составить карту их размещения, идентифицировав их по:

- форме и размеру (выделить площадные и линейные объекты);
- функциональному состоянию (действующие, законсервированные буровые площадки);
- по пожароопасности.

При проведении ретроспективного анализа временного ряда космических снимков в ГИС информационную базу рекомендуется вести с присвоением кодов объектам согласно объектно-временному иерархическому дедуктивному принципу. Все картографируемые объекты делят на три группы: 1) объекты разработки и эксплуатации месторождений, 2) объекты инфраструктуры, 3) объекты нарушения земель и растительности. Каждой группе присваивают код 1, 2, 3 соответственно. Принадлежность объекта к той или иной группе отмечается первой цифрой. Вторая цифра указывает на суть объекта, его функции. Освоение территории начинают с прокладывания геофизических профилей, по которым в дальнейшем осуществляется движение транспорта. Они выполняют несколько функций, но по сути воздействия на окружающую природную среду представляют просеки, поэтому эти объекты вошли в группу объектов нарушений растительности.

Функционально измененные участки, например дороги или ЛЭП, вошли в группу объектов инфраструктуры. Разведочные буровые скважины и их площадки – следующий этап в изучении запасов месторождения. Помимо вырубок растительности и нарушения почвенного покрова на их местах остаются амбары. Эти объекты отнесены к группе разработки и эксплуатации месторождений, им был присвоен номер 1. После разведочных буровых скважин идет строительство и обустройство кустов скважин. Этим объектам был присвоен порядковый номер 2 в данной группе объектов. Таким образом, нумерация объектам внутри группы присвоена по очередности их размещения. Если исследование предполагает выделение временных периодов, то каждому из них присваивают номер, указывающийся третьей цифрой в коде объекта. Таким образом, код объекта представляется тремя цифрами, по которому можно определить его характер, функции и время появления (см. таблицу).

Эта классификация позволяет идентифицировать каждый отдельно взятый объект, добавлять новые объекты, которые могут возникнуть по мере освоения и разработки месторождения без нарушения ряда и упростить работу с данными. Графическое отражение классификации представлено в легенде карты, где каждому объ-



## Классификация и коды объектов на участке освоения Юрубчено-Тохомского месторождения

| Группа объектов                         | Объект                         | Код   |
|-----------------------------------------|--------------------------------|-------|
| Разработка и эксплуатация месторождений | Площадки под буровые скважины  | 1.1.n |
|                                         | Куст эксплуатационной скважины | 1.2.n |
|                                         | Промышленные объекты           | 1.3.n |
|                                         | Факел                          | 1.4.n |
|                                         | Газопровод внутрипромысловый   | 1.5.n |
|                                         | Нефтепровод внутрипромысловый  | 1.6.n |
| Инфраструктура                          | Автомобиля грунтовая           | 2.1.n |
|                                         | Автомобиля на насыпи           | 2.2.n |
|                                         | ЛЭП                            | 2.3.n |
|                                         | Карьер                         | 2.4.n |
|                                         | Вахтовый поселок               | 2.5.n |
| Нарушение земель и растительности       | Геофизический профиль          | 3.1.n |
|                                         | Вырубка                        | 3.2.n |
|                                         | Пожарища                       | 3.3.n |

Примечание. n – код периода (1970–1984 – 1; 1984–2001 – 2; 2001–2013 – 3).

екту присвоен знак, а периоду его размещения – цвет линий (для линейных объектов) или границ (для площадных объектов) (см. рисунок).

2. Провести анализ расположения объектов по отношению к формам рельефа и гидрографии – отметить участки, на которых возможно изменение пирологических характеристик растительности в результате воздействия размещенных НГО.

3. Изучить схему типов леса лесничества, на территории которого расположено исследуемое месторождение. Пользуясь определителем, составить пирологическую характеристику по типам основных проводников горения (Редькин, Волокитина, 2014).

4. Запросить материалы лесоустройства в виде векторных слоев и таксационного описания на исследуемый участок. Провести их анализ, в ГИС составить пирологическое описание каждого выдела, указав в информационной базе объектов номер выдела, преобладающие древесные породы, тип леса, возраст преобладающей породы, относительную полноту, экспозицию и крутизну склона, тип ОПГ для весны/осени и для лета, критический класс засухи для весны/осени и для лета.

5. В случае отсутствия лесоустроительных материалов необходимо провести ландшафтно-индикационное дешифрирование типов ОПГ, опираясь на эталонные участки растительности, на которые имеется лесоустроительная информация или, в случае ее полного отсутствия, – на результаты полевых исследований ключевых участков, идентифицируя и экстраполируя их по космическим снимкам.

6. На основе подготовленных векторных слоев размещения НГО (их воздействия на ППО), пирологической характеристики РГМ, гидрографии и рельефа составить прекарту (первый вариант карты, требующий верификации) пирологической экспертизы с указанием зон повышенной природной пожарной опасности (см. рисунок, б).

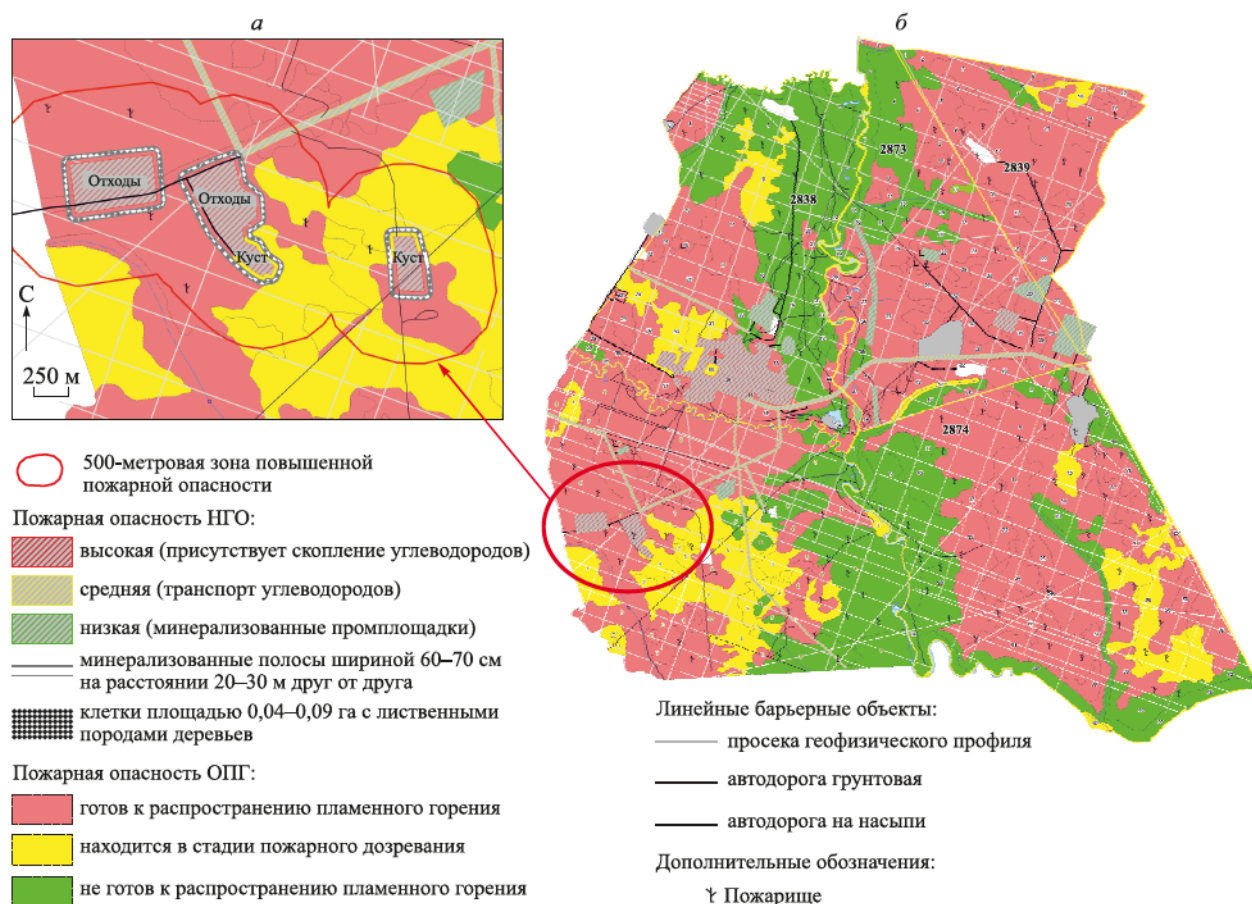
7. Выделить ключевые участки, требующие уточнения полевыми исследованиями (участки пожарищ, воздействия размещенных НГО на ППО, расположения типов ОПГ, идентификация которых затруднена по космическим снимкам).

8. Провести полевые исследования.

9. Составить карту пирологической экспертизы.

10. Использовать рекомендации по противопожарному обустройству, принятые в лесничествах, для всей территории НГК, а для каждого пожароопасного объекта разместить информационные и предупреждающие стенды для пропаганды и разъяснительной работы среди персонала и других посетителей территории (см. рисунок, а).

11. Уточнить маршруты авиапатрулирования, которые могут осуществляться в том числе с помощью квадрокоптеров и гирокайтов (Кузиков, 2022). В качестве рекомендаций по совершенствованию противопожарного устройства территории предлагается создание вокруг нефтегазовых объектов заградительной противопожарной полосы (см. рисунок). Для этого прокладывают две минерализованные полосы шириной 60–70 см на расстоянии 20–30 м друг от друга. Пространство между ними делят на



Пример прекарт пирологической экспертизы весенне-осеннего периода для III класса засухи.

**а** – противопожарное обустройство НГО; **б** – зоны повышенной природной пожарной опасности.

клетки площадью 0,04–0,09 га дополнительными минерализованными полосами. Из клеток удаляют валеж, вырубает и удаляют подрост, молодые хвойные деревья, но обязательно оставляют лиственные породы деревьев – березы (*Betula* L.) и осины (*Populus tremula* L.). Напочвенный покров в клетках выжигают. Выжигание должно проводиться при невысоком уровне засухи в вечернее время. Необходимо учитывать, что заградительная полоса не может выполнять роль надежной защиты объекта от верхового пожара. При возникновении и развитии сильного лесного пожара, движущегося в сторону любого объекта, включая и населенные пункты, заградительная полоса должна использоваться в качестве опорной линии для заблаговременного отжига.

Для обустройства 500-метровой зоны повышенной природной пожарной опасности рекомендуется удаление основных проводников горения любым способом:

- 1) сгребанием опада, выкашиванием травы;
- 2) безопасным выжиганием против ветра весной до оттаивания грунта;

3) минерализацией верхнего почвенного слоя.

Карты пирологической экспертизы могут быть использованы для разработки профилактических мероприятий: регулирование посещаемости пожароопасных участков территории; определение мест установки информационных и предупреждающих стендов для пропаганды и разъяснительной работы среди персонала; разработка маршрутов авиапатрулирования с учетом ежедневного территориального распределения пожароопасных участков; анализ эффективности авиапатрулирования территории.

В контексте энергоперехода, устойчивого развития и перестройки мышления компаниям целесообразно было бы проявлять гораздо большую вовлеченность в формирование на государственном уровне целей и задач по декарбонизации и развитию нефтегазовой отрасли, инвестированию в новые технологии, направленные на предупреждение аварийных ситуаций (Антонов, 2022) и пожароохранные проекты лаборатории лесной пирологии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН для сокращения негативных последствий пожаров (Софронова и др., 2022).



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Действующие требования к материалам ОВОС для ресурсодобывающих предприятий, принятые Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации по Приказу от 01.12.2020 № 999, не содержат оценку природной пожарной опасности и влияния пожаров растительности, включая лесные, на окружающую среду, хотя пожары растительности являются мощным экологическим фактором, и их отрицательное влияние на природную среду может даже превышать уровень промышленного загрязнения.

Впервые в РФ проведение оценки воздействия на окружающую среду нефтегазовых комплексов предлагается дополнить технологией пирологической экспертизы, разработанной в Институте леса им. В. Н. Сукачева СО РАН и вошедшей в список Топ-1000 форума «Сильные идеи для нового времени – 2022» (Софронова и др., 2022).

В основе представленных в данной статье методических рекомендаций – многолетние фундаментальные пирологические исследования и использование современных материалов дистанционного зондирования Земли, геоинформационных технологий. Предложенные методические рекомендации позволят выполнять пирологическую экспертизу планируемых и действующих НГК, что приведет к значительному снижению пожаров растительности, включая лесные, в ресурсодобывающих регионах. Проведение пирологической экспертизы нефтегазодобывающими компаниями будет способствовать снижению выбросов парниковых газов, повышению инвестиционной привлекательности компаний и ESG-рейтингу.

Для доработки и внедрения разработанных методических рекомендаций в практику необходимо их пилотирование на конкретном НГК Красноярского края с информационной эколого-просветительской поддержкой СМИ, с заинтересованностью нефтегазодобывающих компаний в сохранении лесных ресурсов и благоприятной окружающей среды, повышении пожарной безопасности НГО через финансирование проведения пирологической экспертизы, содействием Министерства природных ресурсов и экологии РФ и Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

*Статья подготовлена в рамках базового проекта «Научные основы сохранения ресурсного и экологического потенциала лесов Сибири в условиях кумулятивных антропогенных и природных рисков», № FWES-2021-0010, Рег. НИОКТР № 121030900181-4.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антонов Д. Система предотвращения аварий на трубопроводах // Форум «Сильные идеи для нового времени – 2022». СПб.: Росконтресс, 2022.
- Волокитина А. В. Принципы разработки определителя типов основных проводников горения (на примере Красноярского Приангарья). М.: ВИНТИ, 1990. № 5352-B90. 31 с.
- Волокитина А. В. Пирологическая экспертиза ресурсодобывающих предприятий // Вестн. КрасГАУ. 2012. № 6. С. 67–72.
- Волокитина А. В., Софронов М. А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 314 с.
- Волокитина А. В., Софронов М. А., Корец М. А., Софронова Т. М., Михайлова И. А. Прогноз поведения лесных пожаров. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2010. 211 с.
- В центре внимания – человек. Отчет об устойчивом развитии. М.: РУСАЛ, 2021. <https://rusal.ru/upload/iblock/749/vjb1mj5ndij4neep8pnjervek7bczlpz.pdf>
- Грушевенко Е., Катитонов С., Мельников Ю., Пердеро А., Шевелева Н., Сигиневич Д. Декарбонизация нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России / под ред. Т. Минтровой, И. Гайда. Сколково: Центр энерг. Моск. шк. упр. Сколково, 2021. 158 с.
- Данилова И. В., Рыжкова В. А., Корец М. А. Алгоритм автоматизированного картографирования современного состояния и динамики лесов на основе ГИС // Вестн. НГУ. Сер. «Информ. технол.». 2010. Т. 8. Вып. 4. С. 15–24.
- Корец М. А., Волокитина А. В. Программа для расчета пирологического описания лесоустроительных выделов. Свид-во о гос. рег. программы для ЭВМ № 2014660252 от 03.10.2014. М., 2014.
- Корец М. А., Волокитина А. В. Программа для прогноза распространения низового пожара. Свид-во о гос. рег. программы для ЭВМ № 2015661771 от 09.07.2015. М., 2015.
- Кузиков С. Использование Gyrokite (гирокайта) для предотвращения лесных пожаров и мониторинга лесных массивов // Форум «Сильные идеи для нового времени-2022». СПб.: Росконтресс, 2022.
- Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: Учеб. пособ. для студентов вузов. М.: Аспект Пресс, 2004. 184 с.
- Лурия Е. А., Бурцев М. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Ефремов В. Ю., Кашницкий А. В., Мазуров А. А., Матвеев А. М., Суднева О. А., Сычугов И. Г., Толтин В. А., Уваров И. А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мо-

- ниторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263–284.
- Манович В. Н., Гук А. П., Алтынцев М. А. Автоматизированное дешифрирование многоспектральных космических снимков высокого разрешения при решении задач лесоустройства и таксации леса // Лесн. хоз-во. 2013. № 2. С. 37–40.
- Мелехов И. С. Природа леса и лесные пожары. Архангельск: ОГИЗ, 1947. 60 с.
- Методика оценки воздействия промышленных предприятий на окружающую среду по техногенным факторам. М.: ЭкоНИИПроект, 1992. 115 с.
- Платформа NextGIS, 2023. <https://nextgis.ru/>
- Приказ Минприроды от 01.12.2020 № 999 «Об утверждении требований к материалам оценки воздействия на окружающую среду». М.: Минприроды, 2020.
- Приказ ОАО «НК «Роснефть» от 16.11.2009 № 574 «Политика компании в области устойчивого развития». М.: НК Роснефть, 2009.
- Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 05.07.2011 № 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды». М.: Федерал. агентство лесн. хоз-ва, 2011.
- Редькин А. Ю., Волокитина А. В. Определение типов основных проводников горения в процессе лесоустройства // Хвойные бореал. зоны. 2014. Т. 32. № 3–4. С. 47–52.
- Софронов М. А., Волокитина А. В. Методика пирологического обследования и описания лесных участков, пройденных пожарами. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2007. 71 с.
- Софронова А. В. Картографирование изменений на лесных территориях под воздействием объектов нефтегазовой отрасли // Исследование компонентов лесных экосистем Сибири. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2011. С. 64–67.
- Софронова А. В., Волокитина А. В. Методические рекомендации по проведению пирологической экспертизы на разных этапах формирования нефтегазовых комплексов // Передовые технологии и материалы будущего: сб. ст. IV Междунар. науч.-техн. конф. «Минские научные чтения-2021», Минск, 9 декабря, 2021 г.: В 3 т. Минск: БГТУ, 2021. Т. 1. С. 269–272.
- Софронова А. В., Волокитина А. В., Софронова Т. М. Применение технологий пирологической экспертизы для снижения пожарной опасности в районах нефтегазовых месторождений и повышения промышленной безопасности нефтегазовых объектов // Форум «Сильные идеи для нового времени – 2022». СПб: Росконгресс, 2022.
- Указ Президента от 01.01.2018 № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года». М.: Кремль, 2018.
- Указ Президента от 15.06.2022 № 382 «О мерах по сокращению площади лесных пожаров в Российской Федерации». М.: Кремль, 2022.
- Хорошев А. В., Мерекалова К. А., Алещенко Г. М. Полномасштабная организация межкомпонентных отношений в ландшафте // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 1. С. 26–36.
- Черненькова Т. В., Левицкая Н. Н., Козлов Д. Н., Тихонова Е. В., Огуреева Г. Н., Пестерова О. А. Оценка состояния и динамики биоразнообразия лесов Московской области с использованием наземных и дистанционных методов // Разнообразие и динамика лесных экосистем России. Кн. 1. Гл. 8 / Под ред. акад. А. С. Исаева. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2012. 461 с.
- Экологическая экспертиза. Новосибирск: Ин-т геол. и минерал. им. В. С. Соболева СО РАН, 2023. <https://www.igm.nsc.ru/index.php/nauka/napravleniya-deyatelnosti/ekologicheskaya-ekspertiza>
- Энергопереход // Neftegaz.ru, 2021. <https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/683119-energoperekhod/>



## **PYROLOGICAL EXPERTISE OF OIL AND GAS COMPLEXES**

**A. V. Sofronova<sup>1</sup>, A. V. Volokitina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Comprehensive School No. 6*

*Leningradskiy Mikrorayon, 51, Sayanogorsk, Republic of Khakassia, 655602 Russian Federation*

<sup>2</sup> *V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch,*

*Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch*

*Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

---

E-mail: avsofronova.rf@gmail.com, volokit@ksc.krasn.ru

The paper considers the urgency of the problem of flammability of sites for the location of oil and gas industry facilities and the need for pyrological expertise. For the first time in the Russian Federation, it is proposed to supplement the assessment of the impact on the environment of oil and gas complexes with the technology of pyrological expertise, developed at V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, and included in the Top-1000 list of the forum "Strong ideas for the new time-2022". A proposal was made to supplement Clause 7.13.1.19 of the Order of the Ministry of Natural Resources dated December 1, 2020 № 999 "On approval of requirements for environmental impact assessment materials" with a fire-fighting arrangement of the territory, in accordance with the recommendations of the pyrological expertise. The concept of the pyrological expertise is given. The state of the issue on the assessment of natural fire danger in Russia and on the environmental policy of oil and gas companies is considered. To reduce the flammability of oil and gas fields, improve the fire safety of oil and gas facilities, better integrate Russian oil and gas companies into the energy transition process outlined by the Paris Agreement in 2015, and meet the requirements for industry decarbonization and ESG development, a complete review of corporate governance principles and available technologies is required, as well as shifting in mindset. The need to include vegetation fires, the number of which increases with the development of deposits, in the list of sources of greenhouse gases is noted. A review of materials and methods that can be used in the pyrological expertise is given. Guidelines have been developed for conducting the pyrological expertise based on a modern method for assessing fire hazard: making vegetation fuel maps and assessing the fire hazard of oil and gas facilities using the results of the Yurubcheno-Tokhomskoe field study as an example. The methodological recommendations presented in this article are based on many years of fundamental pyrological studies and the use of contemporary data for remote sensing of the Earth and geoinformation technologies. Carrying out a pyrological expertise by oil and gas companies will help reduce vegetation fires, and hence reduce greenhouse gas emissions, increase the investment attractiveness of companies and the ESG-rating.

**Keywords:** *assessment of fire hazard, vegetation fuel maps, GIS-technologies, ESG-rating of oil and gas companies.*

**How to cite:** *Sofronova A. V., Volokitina A. V. Pyrological expertise of oil and gas complexes // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 3. P. 3–14 (in Russian with English abstract and references).*

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ СТАТЬИ

УДК 630.232:622.271

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ДРАЖНЫХ ОТВАЛАХ

А. И. Петров, С. В. Залесов, В. С. Котова

Уральский государственный лесотехнический университет  
620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37

E-mail: PetrovAi2009@yandex.ru, Zalesovsv@m.usfeu.ru, VeronikaKotova880@gmail.com

Поступила в редакцию 21.02.2023 г.

Для добычи драгоценных металлов на Урале из лесного фонда изъяты значительные площади земель. После завершения разработки россыпных месторождений указанные земли требуют проведения рекультивационных работ. Низкое содержание в почвогрунтах, сформировавшихся в процессе добычи драгоценных металлов (золото, платина, серебро), элементов минерального питания и азота исключает сельскохозяйственное направление рекультивации без внесения значительных доз органических и минеральных удобрений. В то же время эффективно лесохозяйственное направление рекультивации созданием лесных культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Установлено, что посев этих культур обуславливает их перевод в покрытые лесной растительностью земли при густоте подроста от 3.9 до 6.4 тыс. шт./га. Доля списанных (погибших) культур при этом составляет 10.9 % от созданных данным способом. При механизированной посадке 2–3-летних сеянцев сосны обыкновенной доля списанных культур составляет 4.3 %, а при ручной списания не зафиксировано. По причине мозаичности почвогрунтов перевод созданных лесных культур в покрытые лесной растительностью земли варьируется от 4 до 11 лет. Сохранность лесных культур можно увеличить использованием семян I класса качества местного происхождения, поскольку погибшие лесные культуры были созданы преимущественно семенами II класса качества.

**Ключевые слова:** нарушенные горными выработками земли, *Pinus sylvestris* L., посев, посадка, Южный Урал.

DOI: 10.15372/SJFS20230302

#### ВВЕДЕНИЕ

Добыча полезных ископаемых, в том числе драгоценных и редкоземельных, связана с изъятием земель, которые после завершения работ должны быть возвращены в состояние, пригодное для дальнейшего использования по прямому назначению. Уральский регион известен тем, что именно здесь были открыты первые на территории Российской Федерации месторождения золота (Альбрехт и др., 2015). За почти 300-летнюю историю добычи в этом регионе золота, платины и серебра накоплен значительный опыт по рекультивации нарушенных земель. При этом чаще всего при рекультивации комбинированно использовались два основных направления: ле-

сохозяйственное и водохозяйственное (Залесов и др., 2022). Образование водных объектов при добыче россыпного золота дражным способом позволяет, кроме того, развивать рыбохозяйственное и рекреационное направления рекультивации.

Опыт рекультивации нарушенных в результате добычи драгоценных металлов земель довольно подробно изложен в целом ряде научных публикаций (Касимов, Галако, 2002; Ветлужский, 2007; Лешков, 2007; Дегтева, 2021). Однако подобных работ на Урале немного (Ермакова, 2022) и они не создают полного понимания процессов, происходящих на землях после завершения работ по добыче золота. Указанное объясняет выбор направления исследований.



Цель работы – анализ приживаемости и сохранности лесных культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданных посадкой и посевом на дражных отвалах, с разработкой предложений по повышению эффективности лесоразведения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований служили лесные культуры сосны обыкновенной, созданные посадкой и посевом на дражных отвалах после завершения добычи драгоценных металлов в Миасском лесничестве Челябинской области. До проведения работ по добыче драгоценных металлов участок входил в лесной фонд, расположенный в пойме р. Куштумга, притоке р. Миасс. В соответствии со схемой природной зональности Б. П. Колесникова (1961), территория района исследований относится к подзоне сосново-березовых лесов, а в соответствии с действующим нормативным документом (Приказ..., 2014) – к Южно-Уральскому лесостепному району.

На климат района исследований оказывают влияние Уральские горы, расположенные на пути теплых и влажных атлантических масс воздуха. При средней многолетней температуре воздуха 2.0 °С и количестве осадков 481.0 мм создаются благоприятные условия для произрастания сосны обыкновенной, лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dylis), березы повислой (*Betula pendula* Roth) и других древесных пород. В то же время для района исследований характерны поздние весенние и ранние осенние заморозки, что сокращает продолжительность вегетационного периода.

Добыча рассыпных драгоценных металлов ведется в районе исследований уже на протяжении многих десятилетий. При этом основной объем изымаемых для добычи площадей приходится на лесной фонд, что свидетельствует о целесообразности лесохозяйственного направления рекультивации. Последняя проводится посадкой 2- и 3-летних сеянцев, а также посевом семян сосны обыкновенной после технического этапа, заключающегося в выравнивании участка.

В процессе исследований анализировались приживаемость и сохранность лесных культур, созданных посевом и посадкой. В основу работ положен метод пробных площадей (пп), которые закладывались в соответствии с требованиями нормативного документа (Приказ..., 2021)

и апробированных методик (Данчева, Залесов, 2015; Бунькова и др., 2020).

Перед созданием лесных культур были взяты образцы почв и грунтов на разных участках дражных отвалов и определены их основные физико-химические характеристики. Основное внимание при этом было уделено определению содержания фосфора, калия и азота, а также содержанию общего органического вещества и кислотности. Анализы проводились в лабораторных условиях в соответствии с требованиями апробированных методик (Аринушкина, 1970).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Дражная добыча драгоценных металлов приводит к перемешиванию горизонтов почвы и материнской породы. При этом данные процессы происходят на большой площади. Так, за 1965–1986 гг. в Миасском лесничестве было передано для добычи золота, платины и серебра около 900 га.

После завершения добычи выполнялся технический этап рекультивации, заключающийся в выравнивании поверхности бульдозером и частичном нанесении плодородного слоя толщиной 5–7 см.

Анализ физических и химических свойств почвы показал, что условно территорию рекультивируемых дражных отвалов можно разделить на три группы с песчаными, супесчаными и дерново-подзолистыми с наличием торфа почвами. При этом песчаные почвы характеризуются низким содержанием органики (2–4 %) и макроэлементов (фосфора – 0, калия – 1–2 мг/100 г почвы при содержании азота до 2 мг/100 г). Засоление в пределах 0.02–0.08 %. Реакция почвенного раствора нейтральная.

В супесчаных почвах содержание органического вещества 4–10 %, реакция раствора слабокислая. Почва плохо обеспечена элементами питания: содержание фосфора – 0, калия – 0.2–2.0 мг/100 г, азота – 3–9 мг/100 г почвы.

Дерново-подзолистая почва богата торфом, поэтому доля органического вещества достигает 30 %. Почва среднекислая, в ней практически отсутствует фосфор, содержание калия варьируется от 1.4 до 2.0 мг/100 г, азота – 1–5 мг/100 г почвы. Засоление 0.07–0.13 %.

Таким образом, почвы дражных отвалов характеризуются низкой обеспеченностью элементами минерального питания и использование их для выращивания сельскохозяйственной продукции возможно только при условии внесения

Характеристика лесных культур сосны обыкновенной, созданных на дражных отвалах

| Номер участка | Площадь, га | Способ создания      | Посадочный материал | Густота посадки на 1 га | Приживаемость (%), год |      | Период до перевода, лет | Площадь списания, га | Сохранность на момент перевода, шт./га |
|---------------|-------------|----------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|------|-------------------------|----------------------|----------------------------------------|
|               |             |                      |                     |                         | 1-й                    | 3-й  |                         |                      |                                        |
| 1             | 40.0        | Посадка ручная       | 2-летние сеянцы     | 4500 шт.                | 92.4                   | 91.7 | 4                       | —                    | 4410                                   |
| 2             | 10.0        | То же                | 3-летние сеянцы     | 4000 шт.                | 92.0                   | 91.2 | 5                       | —                    | 3680                                   |
| 3             | 20.0        | Посадка механическая | То же               | 4000 шт.                | 92.0                   | 91.2 | 5                       | —                    | 3680                                   |
| 4             | 10.0        | Посадка ручная       | »                   | 3500 шт.                | 90.5                   | 89.6 | 5                       | —                    | 3170                                   |
| 5             | 18.0        | Посадка механическая | »                   | 3500 шт.                | 90.5                   | 89.6 | 6                       | —                    | 3170                                   |
| 6             | 12.0        | То же                | »                   | 4500 шт.                | 91.4                   | 90.6 | 6                       | —                    | 4350                                   |
| 7             | 9.2         | »                    | »                   | 4000 шт.                | 93.8                   | 90.6 | 6                       | —                    | 3720                                   |
| 8             | 9.6         | »                    | »                   | 3600 шт.                | 86.5                   | 83.0 | 5                       | —                    | 3220                                   |
| 9             | 9.0         | Посев                | Семена I класса     | 1.4 кг                  | 86.5                   | 95.0 | 6                       | —                    | 5020                                   |
| 10            | 10.0        | Посадка механическая | 3-летние сеянцы     | 5000 шт.                | 78.0                   | 73.6 | 5                       | 8                    | 3680                                   |
| 11            | 20.0        | Посев                | Семена местные      | 1.4 кг                  | 58.0                   | 92.2 | 6                       | —                    | 6400                                   |
| 12            | 39.8        | »                    | Семена I класса     | 1.4 кг                  | 87.8                   | 89.6 | 9                       | —                    | 5700                                   |
| 13            | 9.0         | »                    | То же               | 1.4 кг                  | 41.6                   | 66.4 | 7                       | —                    | 5630                                   |
| 14            | 1.2         | »                    | »                   | 1.4 кг                  | 88.5                   | 83.1 | 7                       | —                    | 5630                                   |
| 15            | 25.0        | Посев                | Семена кондиционные | 1.2 кг                  | 85.5                   | 89.2 | 9                       | —                    | 3880                                   |
| 16            | 35.0        | »                    | То же               | 1.2 кг                  | 82.0                   | 88.8 | 11                      | —                    | 4810                                   |
| 17            | 10.0        | »                    | Семена II класса    | 1.9 кг                  | 96.1                   | 17.6 | —                       | 10.0                 | —                                      |
| 18            | 6.0         | »                    | То же               | 1,9кг                   | 95.1                   | 89.8 | 9                       | —                    | 4600                                   |
| 19            | 7.8         | »                    | »                   | 1,9кг                   | 23.5                   | —    | —                       | 7.8                  | —                                      |
| 20            | 4.3         | Посадка ручная       | 2-летние сеянцы     | 4500 шт.                | 99.4                   | 89.1 | 6                       | —                    | 3900                                   |
| 21            | 11.2        | То же                | То же               | 5000 шт.                | 97.0                   | 89.0 | 8                       | —                    | 4908                                   |
| 22            | 1.8         | Посадка механическая | »                   | 6500 шт.                | 98.8                   | 91.0 | 7                       | —                    | 5470                                   |
| 23            | 0.6         | Посадка ручная       | »                   | 6500 шт.                | 98.9                   | 91.0 | 7                       | —                    | 5300                                   |
| 24            | 18.2        | Посадка механическая | »                   | 6500шт.                 | 98.9                   | 91.0 | 7                       | —                    | 5237                                   |
| 25            | 57.5        | То же                | »                   | 6200 шт.                | 91.0                   | 88.0 | 8                       | —                    | 5132                                   |
| 26            | 15.0        | »                    | »                   | 4000 шт.                | 77.5                   | —    | —                       | —                    | —                                      |
| 27            | 14.5        | »                    | »                   | 3500 шт.                | 86.6                   | —    | —                       | —                    | —                                      |
| Итого         | 424.7       |                      |                     |                         |                        |      |                         | 25.8                 |                                        |

значительных доз органических и минеральных удобрений. При этом указанные нарушенные земли вполне пригодны для выращивания малотребовательных к почвенному плодородию древесных пород, к которым в полной мере относится сосна обыкновенная (Залесов, 2020).

Вблизи дражных отвалов нет надежных хвойных обсеменителей. Последнее объясняет отсутствие на них самосева сосны и необходимость искусственного лесоразведения.

В процессе проведения исследований проанализированы показатели приживаемости лесных культур сосны обыкновенной на 27 участках общей площадью 424.7 га (см. таблицу).

Из общей площади обследованных 424.7 га посадкой механизированным способом создано 185.8 га (43.8 %), посевом семян – 162.8 га (38.3 %), ручной посадкой сеянцев – 76.1 га (17.9 %), погибло и было списано 25.8 га (6.1 %) лесных культур, из них 17.8 га было создано посевом семян II класса качества. Особо следует отметить, что из 162.8 га, созданных посевом, 7.8 га (4.5 %) списано в 1-й год, а 10.0 га (6.1 %) – на 3-й год после посева. При механизированной посадке списано 8.6 га, или 4.3 %.

Приведенные в таблице данные позволяют сделать вывод о том, что на дражных отвалах можно успешно создавать лесные культуры сос-



а



б



Лесные культуры из сосны обыкновенной на дражных отвалах.

а – 8-летние; б – 13-летние.

ны обыкновенной. Общая доля списанных лесных культур не превышает 6.1 %.

При этом помимо списанных лесных культур не переведено в покрытые лесной растительностью земли 29.5 га (участки 26 и 27). Однако с момента посадки прошло всего 2 года, а приживаемость спустя год после посадки 77.5 – 86.6 % дает все основания полагать, что на данных участках будут сформированы искусственные насаждения.

Перевод участков в покрытые лесной растительностью земли происходил через 4–11 лет после посева или посадки. Указанное свиде-

тельствует о перспективности сосны обыкновенной для создания лесных культур на дражных отвалах.

Общий вид лесных культурах из сосны обыкновенной, созданных на дражных отвалах, показан на рисунке.

Учитывая, что приживаемость лесных культур, созданных посевом, незначительно уступает таковой в лесных культурах, созданных посадкой, по причине низкой конкуренции со стороны живого напочвенного покрова на песчаных почвах можно практиковать данный способ создания лесных культур.

В то же время при посеве следует применять семена I класса качества и создавать лесные культуры рано весной, поскольку верхний слой песчаных почв достаточно быстро высыхает, а следовательно, семена не обеспечивают дружных всходов.

Отсутствие существенной конкуренции лесным культурам со стороны живого напочвенного покрова и деревьев листовенных пород исключает необходимость проведения агротехнических уходов и осветления. Первый прием рубок ухода целесообразно проводить по низовому методу в возрасте 15–20 лет с целью снижения густоты лесных культур.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Уральском регионе имеют место большие площади дражных отвалов, требующие рекультивации, почвы и грунты которых бедны элементами минерального питания, что исключает сельскохозяйственное направление рекультивации без внесения высоких доз удобрений. Низкое плодородие почв и грунтов дражных отвалов обуславливает доминирование лесохозяйственного направления рекультивации и выбор в качестве главной породы сосны обыкновенной.

Приживаемость лесных культур, созданных посевом, на 3-й год после посева варьирует от 66.4 до 95 % при густоте на момент перевода в покрытые лесной растительностью земли от 3.9 до 6.4 тыс. шт./га.

При ручной посадке 2-летних сеянцев сосны все созданные лесные культуры переведены в покрытые лесной растительностью земли с густотой от 3.2 до 6.4 тыс. шт./га.

Отпад (списание) лесных культур, созданных посевом, составляет 17.8 га или 10.9 % от общей их площади. При механизированной посадке 2–3-х летних сеянцев доля списанных культур составила 4.3 %.

Поскольку все погибшие лесные культуры, созданные посевом, были посеяны семенами II класса качества, следует использовать районированные семена I класса качества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Альбрехт В. Г., Набиуллин Ф. М., Клейменов Д. А. Первое золото России. Екатеринбург: Урал. рабочий, 2015. 248 с.
- Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
- Бунькова Н. П., Залесов С. В., Залесова Е. С., Магасумова А. Г., Осипенко Р. А. Основы фитомониторинга: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотех. ун-т, 2020. 90 с.
- Ветлужский Н. В. Анализ скорости и состояния естественного зарастания отвалов золотодобычи бассейна р. Кундат (Кемеровская область) // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Материалы междунар. науч. конф., Екатеринбург, 4–8 июня 2007 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. С. 80–90.
- Данчева А. В., Залесов С. В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения. Екатеринбург: Урал. гос. лесотех. ун-т, 2015. 152 с.
- Дегтева С. В. Особенности восстановления растительности на отвалах отработанных россыпей Приполярного Урала // Теор. и практ. экол. 2021. № 3. С. 80–89.
- Ермакова М. В. Рост и формирование культур сосны при рекультивации дражных отвалов // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Материалы XI Всерос. науч. конф. с междунар. участ., Сатка, 12–16 сент. 2022 г. Сатка: Принтотоника, 2022. С. 63–66.
- Залесов С. В. Лесоводство: учебник. Екатеринбург: Урал. гос. лесотех. ун-т, 2020. 295 с.
- Залесов С. В., Зарипов Ю. В., Осипенко Р. А. Опыт лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных земель при разведке месторождений глины, хризотил-асбеста и редкоземельных руд. Екатеринбург: Урал. гос. лесотех. ун-т, 2022. 282 с.
- Касимов А. К., Галако В. А. Экологические аспекты лесовосстановления отработанных россыпей Прикамья. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 229 с.
- Колесников Б. П. Генетическая классификация типов леса и ее задачи на Урале // Вопросы классификации растительности: Тр. Ин-та биол. Урал. филиала АН СССР. 1961. Вып. 27. С. 47–59.
- Леишов В. Г. Разработка рассыпных месторождений: Учебник для вузов. М.: Горн. книга, 2007. 906 с.
- Приказ Минприроды от 18.08.2014 г. № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации». М.: Минприроды России, 2014.
- Приказ Минприроды от 29.12.2021 № 1024 «Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления». М.: Минприроды России, 2021.



## **AN EFFICIENCY OF CREATION OF SCOTS PINE FOREST CROPS ON DREDGE DUMPS**

**A. I. Petrov, S. V. Zalesov, V. S. Kotova**

*Ural State University of Forest Engineering  
620100, Yekaterinburg, Sibirskiy trakt str., 37*

---

E-mail: PetrovAi2009@yandex.ru, Zalesovsv@m.usfeu.ru, VeronikaKotova880@gmail.com

Significant areas of land has been withdrawn from the forest fund for the extraction of precious metals in the Urals. After the completion of the development of alluvial deposits, these lands require reclamation work. Low content in soils formed during the extraction of precious metals (gold, platinum, silver) of mineral nutrition elements and nitrogen excluder the agricultural direction of reclamation without the introduction of significant doses of organic and mineral fertilizers. At the same time, the forestry direction of reclamation is effective by creating Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest crops. It has been established that the creation of forest crops by sowing causes their transfer to lands covered with forest vegetation's with a density of 3.9 to 6.4 thousand pieces per ha of pine undergrowth. The proportion of decommissioned dead forest crops is 10.9 % of those created by this method. When creating forest crops by mechanized planting of 2–3 year old seedlings of Scots pine, the share of decommissioned forest crops is 4.3 % and in manually planting of the same age seedlings decommission of forest crops was not recorded. Due to the mosaic nature of soils, the transfer of established forest crops covered with forest vegetation of the ground varies from 4 to 11 years. An increase in the preservation of forest crops can ensured by the use first class quality seeds of local origin, since the dead forest crops were created mainly by seeds of the second quality class.

**Keywords:** *disturbed by mining lands, Pinus sylvestris L., sowing, planting, Southern Urals.*

**How to cite:** Petrov A. I., Zalesov S. V., Kotova V. S. An efficiency of creation of Scots pine forest crops on dredge dumps // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 3. P. 15–20 (in Russian with English abstract and references).

УДК 630 (57.087):470.57

## ДИНАМИКА СМЕНЫ ПОРОД В ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

З. З. Рахматуллин<sup>1</sup>, А. Ш. Тимерьянов<sup>1</sup>, И. Р. Рахматуллина<sup>2</sup>,  
Г. Е. Одинцов<sup>3</sup>, А. К. Габделхаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный аграрный университет  
450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50 лет Октября, 34

<sup>2</sup>Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы  
450008, Республика Башкортостан, Уфа, ул. Октябрьской революции, 3а

<sup>3</sup>АНО Институт рационального природопользования  
450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 8 марта, 17

E-mail: zagir1983@mail.ru, HAF628@yandex.ru, rahmat\_irina@mail.ru,  
odintsov94@inbox.ru, aliya201199@mail.ru

Поступила в редакцию 23.01.2023 г.

Проблема смены лесных пород в полезащитном лесоразведении остается слабо изученной. Проанализирована динамика смены пород в тополевой полезащитной лесной полосе длиной 450 м и шириной 10 м, произрастающей рядом с лесными культурами сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в степной зоне, вблизи д. Шигаикулбаш Буздякского района Республики Башкортостан. Учетные площадки заложены через каждые 50 м. В лесополосе произрастает благонадежный подрост сосны, подрост тополя (*Populus* L.) ни на одной из учетных площадей не обнаружено. Дана сравнительная характеристика подроста сосны (густота, средние возраст, высота, диаметр) и состояние деревьев тополя за 2008 и 2020 гг. Выявлена смена конструкции лесополосы с ажурной на плотную, отмечены частичное усыхание тополя, а на некоторых участках – выход подроста сосны в первый ярус. Наибольшая густота сосны (свыше 1.5 тыс. шт./га) выявлена на расстоянии до 200 м от лесных культур сосны, наименьшая (не более 0.4 тыс. шт./га) – в центре лесополосы. В 2020 г. категории мелкого подроста не обнаружено, в основном – это крупный подрост, часть из которого вступила в репродуктивную фазу. Наблюдалось усыхание деревьев тополя. Этому способствовал комплекс причин: полное отсутствие в лесополосах агротехнического ухода, засуха, повторяющаяся в течение нескольких лет и предельный в условиях степи возраст деревьев. Подрост тополя по всей протяженности лесной полосы отсутствовал. Аналогичная картина отмечалась и в соседних лесополосах, что позволяет сделать выводы о фактической смене тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на сосну обыкновенную в полезащитных лесных полосах, которая должна сопровождаться проведением рубок ухода и агротехнической обработкой почвы на закрайках лесополос с последующим формированием молодого поколения соснового древостоя ажурной конструкции.

**Ключевые слова:** защитные лесные насаждения, подрост, густота, тополь бальзамический, сосна обыкновенная.

DOI: 10.15372/SJFS20230303

### ВВЕДЕНИЕ

Лесомелиоративные насаждения играют важную роль в защите почв от дефляции и водной эрозии (Общая, Хрипунов, 2018; Михин и др., 2019; Кретинин и др., 2020). В то же время значительные площади полезащитных лесных

полос находятся в неудовлетворительном состоянии, повреждены болезнями и вредителями, несанкционированными рубками (Тимерьянов и др., 2011). Возобновительные процессы в них протекают весьма слабо, что приводит к снижению срока службы лесонасаждений (Ишниханов, Тимерьянов, 2016; Тимерьянов, Рахма-



туллин, 2016; Тунякин и др., 2018; Ишбирдина и др., 2019; Тунякин и др., 2023). В связи с этим возникает необходимость ревизии современного состояния полегающих лесных полос и разработки мероприятий по продлению срока их службы (Garrity, 2004; Рахматуллина, 2009; Zomer et al., 2009; Elevitch et al., 2018).

Наличие в непосредственной близости от полегающих лесных полос массивов искусственного соснового леса может положительно сказаться на продлении срока их службы (Рахматуллина, 2009). Проведенные нами в 2008 г. в Республике Башкортостан исследования в лесной полосе из тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), возле которой произрастали культуры сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), показали наличие в ней естественного возобновления сосны, что и определило цель исследования – оценить динамику смены тополя бальзамического на сосну обыкновенную в тополево-лесополосе за период с 2008 по 2020 г. В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- провести анализ ростовых показателей деревьев тополя бальзамического и естественного возобновления сосны обыкновенной на учетных площадках 2008 и 2020 гг.;
- оценить общее состояние тополево-лесополосы и перспективы ее смены на сосновую.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования служила тополево-полегающая лесная полоса, расположенная вблизи д. Шигаикулбаш Буздякского района Республики Башкортостан. Район исследования находится в северной части Бугульминско-Белебеевской возвышенности и входит в Предуральскую степную зону. Климат здесь континентальный, недостаточно увлажненный. Среднегодовая температура воздуха составляет  $-2.2^{\circ}\text{C}$ , среднегодовое количество осадков – 400–500 мм, в теплый период – 300–350 мм. Лесополосы произрастают на типичных карбонатных черноземах.

Таксация древостоев на временных пробных площадях проводилась согласно ОСТ 56-69-83 (1983) по общепринятой методике (Методы..., 2002). При этом учетные площадки (уп) в лесополосе были заложены через каждые 50 м от стены искусственно созданного соснового леса. Их площадь составляла 0.01 га и охватывала всю ширину лесополосы. На уп определялись породный состав самосева и густота подроста. Под-

рост был подразделен по высоте на три группы: мелкий (до 0.5 м), средний (0.51–1.5 м) и крупный (выше 1.5 м). Изучение особенностей роста деревьев в высоту и по диаметру проводилось по методике А. А. Молчанова и В. В. Смирнова (1967). Материал обрабатывался с помощью электронной таблицы Excel, статистического пакета Statistica. Уровень доверительной вероятности 0.95.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Конструкция тополево-лесополосы длиной 450 м, шириной 10 м в 2008 г. была ажурной, к 2020 г. произошла ее смена на плотную. Спутниковый снимок и схема расположения лесополосы представлены на рис. 1 и 2.

Измерением были охвачены 430 экз. подроста сосны в 2008 г. и 326 экз. – в 2020 г. Их основные показатели отражены в табл. 1.

Из табл. 1 и рис. 2 видно, что в 2008 и в 2020 гг. самосев и подрост сосны наблюдались по всей протяженности тополево-лесополосы, однако прослеживалась тенденция уменьшения густоты подроста к центру поля (250 м) между двумя смежными участками соснового леса, где насчитывалось всего 333 экз./га в 2008 г. и 397 экз./га в 2020 г. из-за значительного снижения количества рассеянных семян сосны в центре поля.

Для всех учетных площадок типично двухвершинное возрастное распределение подроста. Основной пик приходился на возраст 9–11 лет. Второй пик наблюдался на расстоянии 50 м у подроста 3-летнего возраста, на расстоянии 100 м преобладали 4-летние, на 150 м – 3–5-летние, на 200 м – 5-летние особи сосны. Такое распределение указывает на перепады в обилии и качестве семеношения в материнском искусственном древостое и на разную интенсивность ветра в разные годы (Рахматуллина, 2009).

В 2020 г. мелкий подрост не обнаружен ни на одной из учетных площадок. Доля среднего подроста составила 6.7 % на уп 1 и 2 и 13.2 % – на уп 3. Весь остальной подрост был представлен группой крупных (выше 1.5 м), большая часть которых (60–70 %) имела высоту более 2.5 м. Так как возраст отдельных экземпляров сосны на уп 1–3 достигает 15–20 лет и они вступили в репродуктивную фазу (1–2 балла семеношения по Капперу), то вполне возможно, что средний подрост вырос уже из семян, рассеянных с этих деревьев. По мере удаления от материнского ис-

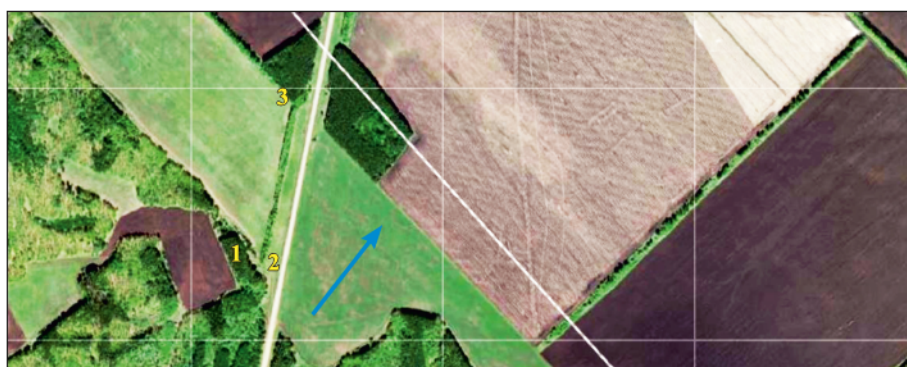


Рис. 1. Спутниковый снимок тополевой лесополосы (Google Earth, 2023).

1 – материнский искусственный древостой сосны обыкновенной; 2, 3 – начало и конец лесной полосы; ➔ – направление господствующих ветров.

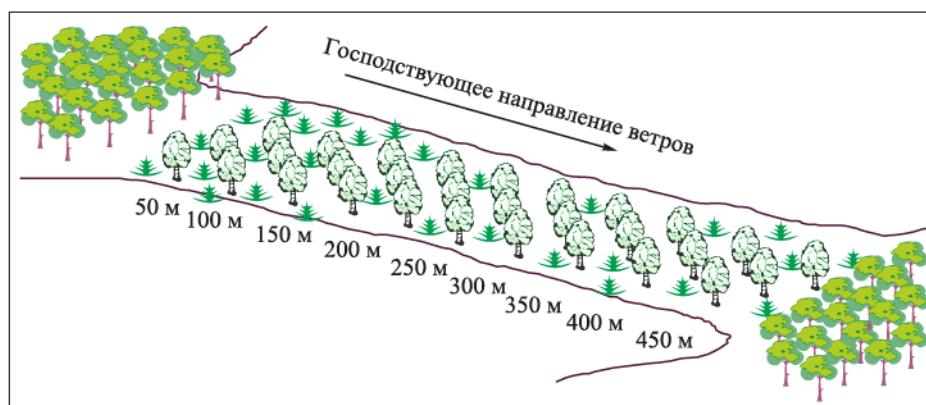


Рис. 2. Схема расположения тополевой лесополосы.

кусственного соснового древостоя, размещенного с наветренной стороны тополевой лесополосы (рис. 2), наблюдается тенденция уменьшения количества подроста сосны в тополевой лесополосе на всей ее протяженности (рис. 3).

Сильной зависимости диаметра деревьев от количества деревьев не обнаружено – корреляция – 0.55. Большая часть подроста (до 60 %) характеризуется как благонадежный, с высокой жизнеспособностью на всем удалении от стены

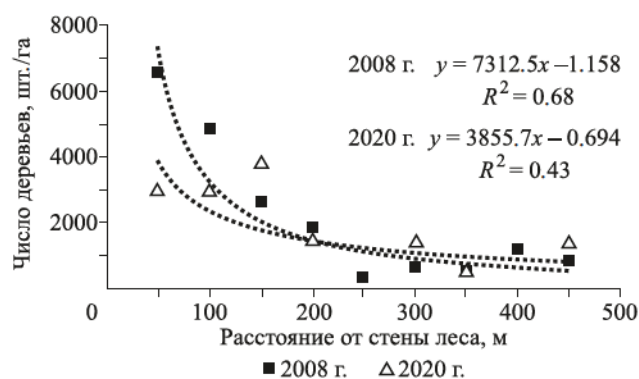
соснового леса. На прилегающих к тополевой лесополосе сельскохозяйственных полях подроста сосны и других пород не обнаружено, что объясняется хорошим агротехническим уходом этих полей.

По мере удаления от стен материнских искусственных древостоев сосны примерно к центру поля (150–200 м) и снижения воздействия ее молодого поколения на тополь наблюдается существенное (примерно в 2–3 раза) снижение

Таблица 1. Сравнительная таксационная характеристика подроста сосны в 2008 и 2020 гг.

| Номер уп | Расстояние от стены леса, м | Густота стояния, шт./га |         | Средний возраст, лет |         | Средняя высота, м |         | Средний диаметр, см |         |
|----------|-----------------------------|-------------------------|---------|----------------------|---------|-------------------|---------|---------------------|---------|
|          |                             | 2008 г.                 | 2020 г. | 2008 г.              | 2020 г. | 2008 г.           | 2020 г. | 2008 г.             | 2020 г. |
| 1        | 50                          | 6556                    | 3012    | 9.0                  | 14.8    | 2.4               | 4.5     | 2.7                 | 6.9     |
| 2        | 100                         | 4889                    | 3024    | 7.7                  | 12.9    | 1.5               | 3.9     | 2.3                 | 5.9     |
| 3        | 150                         | 2667                    | 3805    | 7.7                  | 10.3    | 1.5               | 3.0     | 2.3                 | 4.6     |
| 4        | 200                         | 1889                    | 1589    | 8.9                  | 13.4    | 1.4               | 4.5     | 2.0                 | 8.7     |
| 5        | 250                         | 333                     | 397     | 11.3                 | 12.9    | 1.3               | 4.0     | 1.2                 | 6.5     |
| 6        | 300                         | 667                     | 1415    | 7.0                  | 12.5    | 1.0               | 3.9     | 2.5                 | 6.7     |
| 7        | 350                         | 556                     | 589     | 11.2                 | 12.0    | 2.1               | 3.8     | 2.3                 | 7.0     |
| 8        | 400                         | 1222                    | 1031    | 9.0                  | 13.9    | 1.2               | 4.2     | 1.8                 | 7.8     |
| 9        | 450                         | 889                     | 1388    | 9.0                  | 10.1    | 1.5               | 3.6     | 2.3                 | 6.2     |





**Рис. 3.** Густота подроста сосны в тополевой лесополосе на разном расстоянии от стены искусственного материнского соснового леса в 2008 и 2020 гг.

**Таблица 2.** Таксационные показатели 37-летнего древостоя тополя бальзамического в лесной полосе

| Номер уп | Расстояние от стены соснового леса, м | Густота стояния, шт./га | Средняя высота, м | Средний диаметр, см |
|----------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| 1        | 50                                    | 1000                    | 10.8              | 18.7                |
| 2        | 100                                   | 600                     | 8.3               | 18.3                |
| 3        | 150                                   | 500                     | 9.4               | 17.6                |
| 4        | 200                                   | 500                     | 7.0               | 18.5                |
| 5        | 250                                   | 1500                    | 9.9               | 16.0                |
| 6        | 300                                   | 1600                    | 9.6               | 17.5                |
| 7        | 350                                   | 3200                    | 9.2               | 19.2                |
| 8        | 400                                   | 3200                    | 10.6              | 16.6                |
| 9        | 450                                   | 3000                    | 10.6              | 17.9                |

густоты стояния деревьев тополя в обследованной лесополосе, что объясняется недостатком влаги в почве в центре протяженности лесополосы и прилегающего поля (табл. 2).

Суховершинные деревья тополя (до 30 % от их общего количества) были обнаружены на протяжении 200 м лесополосы от стен соснового леса (рис. 4).

При обследовании тополевой лесополосы следов жизнедеятельности вредителей нами не обнаружено, следовательно, можно предположить, что усыхание деревьев тополя связано с комплексом таких причин, как полное отсутствие в лесополосе агротехнических уходов, засуха, повторяющаяся в течение нескольких лет и предельный для степной зоны возраст деревьев.

Анализ почв под изучаемой полезащитной лесополосой показал незначительную разницу по основным показателям на расстояниях 50 и

400 м. Небольшое превышение на расстоянии 400 м в горизонте А отмечено по азоту и полевой влагоемкости.

На участке контроля – удаление 1000 м на открытом поле – основные почвенные показатели меньше, что можно объяснить влиянием на почвообразовательный процесс изучаемой лесополосы (табл. 3).

При определении формы ствола тополя установлено, что они большей частью прямые, деревья с сильной изогнутостью ствола составляют 15 %, раздвоение наблюдается в нижней части ствола лишь у единичных из них. В лесополосе встречено 10 % упавших деревьев тополя. Корреляция между густотой древостоя тополя и количеством подроста сосны отрицательная (–0.65). Подрост тополя по всей протяженности лесной полосы не обнаружен, поэтому перспективы его естественного возобновления здесь



**Рис. 4.** Общий вид тополевой лесополосы с участием в ее составе молодого поколения сосны.

а – сухостойные деревья тополя бальзамического; б – сосна начинает выходить в верхний ярус.

**Таблица 3.** Агрохимические свойства чернозема выщелоченного среднесуглинистого под изучаемой полезащитной лесополосой

| Номер уп                    | Расстояние<br>от стены леса, м | Мощность<br>гумусового<br>горизонта, см | Гумус | Азот общий | Фосфор<br>подвижный | Калий обменный | Сумма поглощенных<br>оснований,<br>м-экв на 100 г | Водный pH | Плотность почвы,<br>г/см³ | Предельная полевая<br>влагоемкость<br>от массы почвы, % |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-------|------------|---------------------|----------------|---------------------------------------------------|-----------|---------------------------|---------------------------------------------------------|
|                             |                                |                                         | %     |            | мг на 100 г         |                |                                                   |           |                           |                                                         |
| 5                           | 50                             | 71                                      | 6.1   | 0.30       | 8.2                 | 10.4           | 50.3                                              | 6.5       | 1.31                      | 22.00                                                   |
| 8                           | 400                            | 77                                      | 7.5   | 0.52       | 8.5                 | 10.5           | 53.1                                              | 6.3       | 1.28                      | 29.00                                                   |
| Открытое поле<br>(контроль) | 1000                           | 61                                      | 7.1   | 0.22       | 7.5                 | 9.4            | 51.2                                              | 6.6       | 1.38                      | 26.55                                                   |

отсутствуют. Такая же ситуация наблюдается и в соседних тополевых лесополосах. Аналогичная картина описана для тополевых лесополос в условиях сухой степи Воронежской области (Тунякин и др., 2018). При этом присутствие разновозрастного подроста во всех структурных составляющих насаждения, в том числе и на опушках, подтверждает способность насаждения к дальнейшему развитию лесообразовательного процесса и расширению его границ не только за счет разрастания опушек, но и образования нового древостоя основных лесообразующих древесных пород. Необходимым условием выхода подроста в первый ярус древостоя является определение оптимальных сроков и технологии уборки тополя (Тунякин и др., 2023). Ранее нами рассматривалось восстановление тополевых лесных полос использованием пневой поросли до наступления периода угасания порослевой возобновительной способности деревьев (Тимерьянов и др., 2011). Однако в случае с изучаемой лесной полосой такой вариант маловероятен, так как возле пней тополя различного диаметра (результат незаконных рубок) корневой поросли не обнаружено. В то же время в соседних лесных полосах можно наблюдать подрост сосны обыкновенной при близком подветренном расположении к сосновым древостоям. Наличие жизнеспособного подроста древесных видов из близлежащих массивов леса в тополевых лесных полосах отмечался и для других районов Республики Башкортостан (Ишбирдина и др., 2019).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что наличие сосновых насаждений в непосредственной близости от тополевых полезащитных лесных полос способ-

ствует появлению подроста сосны под пологом древостоев и указывает на фактическую смену их видового состава. Естественное возобновление сосны способно к полноценной замене тополевого древостоя, однако наблюдается неравномерность распределения молодого поколения сосны по площади, которую можно успешно нивелировать проведением рубок ухода. Для продления срока службы обследованной лесополосы и им подобным, не нарушая непрерывность ее использования, целесообразны вырубка усохших деревьев тополя бальзамического в несколько приемов и агротехническая обработка почвы на закрайках лесополос с последующим формированием соснового молодого поколения древостоя ажурной конструкции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ишбирдина Л. М., Тимерьянов А. Ш., Одинцов Г. Е. Флора лесополос с тополем бальзамическим (*Populus balsamifera* L.) в окрестностях города Уфы // Тр. СПбНИИ лесн. хоз-ва. 2019. № 2. С. 4–22.
- Ишминзлов Р. М., Тимерьянов А. Ш. Особенности адаптивно-ландшафтного земледелия на полях, защищенных лесными полосами // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. ст. Барнаул: Алтай. гос. агр. ун-т, 2016. Т. 2. С. 107–109.
- Кретинин В. М., Кулик К. Н., Кошелев А. В. Агроресомелиоративное почвоведение: развитие, достижения, задачи // Вестн. рос. с.-х. науки. 2020. № 1. С. 23–26.
- Методы изучения лесных сообществ / Под ред. В. Т. Ярминко и И. В. Лянгузовой. СПб.: НИИ хим. СПбГУ, 2002. 240 с.
- Михин В. И., Михина Е. А., Михина В. В. Формирование лесомелиоративных комплексов с участием тополя бальзамического в Центральном Черноземье России // Успехи соврем. естествозн. 2019. № 12. Ч. 2. С. 224–228.
- Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 95 с.
- Обица Е. Н., Хрипунов А. И. Значение лесомелиорации в комплексе мер по защите почв от эрозии на сельско-



- хозяйственных землях Ставрополя // Науч.-агроном. журн. 2018. Т. 103. № 2. С. 26–28.
- ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустroительные. Метод закладки. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. 60 с.
- Рахматуллина И. Р. Естественное возобновление в полезащитных лесных полосах // Дост. науки и техн. АПК. 2009. № 11. С. 45–46.
- Тимерьянов А. Ш., Хайретдинов А. Ф., Гафиятов Р. Х. Воспроизводство защитных лесных насаждений // Лесн. хоз-во. 2011. № 3. С. 28–29.
- Тимерьянов А. Ш., Рахматуллин З. З. Защитные лесные полосы на орошаемых землях Республики Башкортостан // Природообустройство. 2016. № 5. С. 96–101.
- Тулякин В. Д., Вавин В. С., Рыбалкина Н. В. Новое о лесообразовательном процессе в лесных полосах Каменной степи // ИВУЗ. Лесн. журн. 2018. № 6 (366). С. 89–100.
- Тулякин В. Д., Шенин Л. М., Рыбалкина Н. В. Влияние тополя на процесс лесообразования в насаждениях Каменной степи // Междунар. науч.-иссл. журн. 2023. № 1 (127). С. 1–5.
- Elevitch C. R., Mazaroli D. N., Ragone D. Agroforestry standards for regenerative agriculture // Sustainability. 2018. V. 10. Iss. 9. Article number: 3337.
- Garrity D. P. Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals // Agrofor. Syst. 2004. V. 61. N. 1. P. 5–17.
- Zomer R. J., Trabucco A., Coe R., Place F. Trees on farms: Analysis of the global extent and geographical patterns of agroforestry. ICRAF Working Paper N. 89. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre, 2009. 63 p.

## DYNAMICS OF THE TREE SPECIES' CHANGE IN THE FIELD-PROTECTIVE FOREST BELTS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Z. Z. Rakhmatullin<sup>1</sup>, A. Sh. Timer'yanov<sup>1</sup>, I. R. Rakhmatullina<sup>2</sup>,  
G. E. Odintsov<sup>3</sup>, A. K. Gabdelkhakov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bashkir State Agrarian University

50 let Oktyabrya str., 34, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450001 Russian Federation

<sup>2</sup>Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla

Oktyabr'skoy Revolyutsii str., 3a, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450008 Russian Federation

<sup>3</sup>ANO Institute for Rational Nature Management

8 Marta str., 17, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450001 Russian Federation

E-mail: zagir1983@mail.ru, HAF628@yandex.ru, rahmat\_irina@mail.ru,  
odintsov94@inbox.ru, aliya201199@mail.ru

The problem of changing tree species in protective afforestation remains poorly covered. The dynamics of species' change in poplar (*Populus* L.) protective forest belt growing next to the forest crops of the Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) is discussed in the article. A forest belt 450 m long and 10 m wide grows in the steppe zone near the village of Shigaikulbash, Buzdyaksky District of the Republic of Bashkortostan. Accounting plots are laid every 50 m. Reliable pine undergrowth in the forest belt, poplar undergrowth was not found on any of the accounting plots. Comparative characteristics of pine undergrowth (density, average age, stem height, and diameter) and the condition of poplar trees were compared for 2008 and 2020. It was revealed that there was a change in the design of the forest belt from openwork to dense, there is a partial shrinkage of poplar, in some areas there is an exit of pine undergrowth to the first tier. For both periods, the highest density of pine (over 1.5 thousand trees/ha) was detected at a distance of up to 200 meters from pine forest crops, the lowest density (no more than 0.4 thousand trees/ha) – in the center of the forest belt. In 2020, the category of small undergrowth was not found, most of it is large undergrowth, some of which have entered the reproductive phase. The drying of poplar trees is observed. This was facilitated by a complex of reasons: the complete absence of agrotechnical care in the forest belts, a drought that has been recurring for several years and the maximum age of trees in the conditions of the steppe. There is no poplar undergrowth along the entire length of the forest strip. A similar pattern is observed in neighboring forest belts, which allows to make a conclusions about the actual change of balsam poplar (*Populus balsamifera* L.) to Scotch pine in protective forest belts, which should be accompanied by logging and agrotechnical tillage on the edges of forest belts, followed by the formation of a young pine tree stand of openwork design.

**Keywords:** protective forest stands, undergrowth, density, balsam poplar, Scotch pine.

**How to cite:** Rakhmatullin Z. Z., Timer'yanov A. Sh., Rakhmatullina I. R., Odintsov G. E., Gabdelkhakov A. K. Dynamics of the tree species' change in the field-protective forest belts of the Republic of Bashkortostan // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 3. P. 21–26 (in Russian with English abstract and references).

УДК 630\*232:631.589.2+674.031.623.234.2

## АДАПТАЦИЯ ТРИПЛОИДНОЙ ОСИНЫ К УСЛОВИЯМ *ex vitro* С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКИ

С. С. Макаров<sup>1, 2</sup>, А. М. Антонов<sup>2</sup>, Ю. В. Александрова<sup>2</sup>,  
О. П. Лебедева<sup>2</sup>, И. Б. Кузнецова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет –  
Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева  
127434, Москва, ул. Тимирязевская, 49

<sup>2</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова  
163002, Архангельск, наб. Северной Двины, 17

<sup>3</sup> Костромская государственная сельскохозяйственная академия  
156530, Костромская обл., Костромской р-н, п. Караваево, Учебный городок, Караваевская с/а, 34

E-mail: makarov\_serg44@mail.ru, a.antonov@narfu.ru, yu.aleksandrova@narfu.ru,  
o.lebedeva@narfu.ru, sonnereiser@yandex.ru

Поступила в редакцию 18.01.2023 г.

Приведены результаты исследований особенностей адаптации полученных *in vitro* растений-регенерантов триплоидной осины (*Populus tremula* L.) с применением гидропонной установки. Триплоидные клоны осины характеризуются быстрым ростом, высоким качеством древесины и повышенной устойчивостью к болезням и вредителям по сравнению с диплоидными клонами и могут быть использованы для создания лесосырьевых плантаций. В целях сохранения ценного генофонда триплоидных форм осины целесообразно использовать клональное микроразмножение, при этом адаптация растений к условиям *ex vitro* – самый сложный процесс. Выращивание растений при помощи гидропонного метода имеет ряд преимуществ. При адаптации регенерантов триплоидной осины, у которых длина зеленой массы преобладает над корневой, наблюдались нормальное развитие без признаков инфицирования и хороший тургор зеленой массы при их извлечении из пробирки. Регенеранты триплоидной осины с декапитацией верхушечного побега имели соотношение длины зеленой массы к корневой, близкое к 1 : 1, при этом наблюдалось преобладание корней со значениями выше среднего. Из регенерантов осины с оставлением 2 междоузлий формировались растения с преобладанием корневой массы над зеленой, они имели в среднем 2 корня I порядка. Растения-регенеранты триплоидной осины с биометрическими показателями корней 5–7 см и зеленой массы до 5 см имели наиболее высокие показатели приживаемости (94.7–100 %). Постепенное снижение площади листовой поверхности способствует лучшей приживаемости регенерантов, при этом необходимо уменьшение уровня влажности со 100 % на начальном этапе адаптации до 60 % в течение 5 дней, далее – на 20 % через каждые 3 дня. Период адаптации растений триплоидной осины в гидропонной установке составляет 16 дней.

**Ключевые слова:** *Populus tremula* L., укоренение, гидропоника, клональное микроразмножение, *in vitro*, *ex vitro*.

DOI: 10.15372/SJFS20230304

### ВВЕДЕНИЕ

Мировой опыт лесного хозяйства свидетельствует о широких возможностях промышленного выращивания быстрорастущих насаждений плантационного типа для перерабатывающей промышленности и топливно-энергетических целей в непосредственной близости от мест

переработки древесины. Плантационное лесовыращивание позволяет в 1.5–3 раза ускорить получение целевой древесины по сравнению с традиционным способом (Жигунов, 2008; Паничев, 2014; Крылов и др., 2015). К перспективным древесным породам – продуцентам сырья для плантационного выращивания в таежной зоне – относится осина (*Populus tremula* L.) –



наиболее распространенный и быстрорастущий вид тополя (Кузнецов, 2009; Багаев и др., 2014).

Плантационное выращивание осины с коротким циклом ротации возможно с использованием быстрорастущих триплоидных форм, отобранных в 1938 г. в Шарьинском районе Костромской области академиком ВАСХНИЛ А. С. Яблоковым (1941), а в 1962 г. – дополнительно сотрудником Костромской ЛОС ВНИИЛМ С. Н. Багаевым (1964). На базе данных клонов на площади более 130 га в 1989 г. был создан генетический резерват исполинской осины (Багаев, 2008). Особенность исполинских и других быстрорастущих клонов осины – их способность давать по два линейных прироста за вегетационный период, в результате чего в стволе откладывается значительное количество поздней древесины, содержащей больше механических тканей. Триплоидные (с тройным набором хромосом) формы осины отличаются от обычных (диплоидных) быстрым ростом, высоким качеством древесины и устойчивостью к вредителям и болезням, в том числе к стволовой гнили. В возрасте рубки 30 лет запас древесины достигает 400 м<sup>3</sup>/га (Яблоков, 1963; Стороженко и др., 1987; Багаев и др., 2013, 2014, 2021). Уникальные лесоводственные качества триплоидных клонов осины обуславливают сохранение и воспроизводство их ценного генофонда для дальнейшего плантационного выращивания, при этом целесообразно использовать современные технологии клонального микроразмножения растений *in vitro*, которые обеспечивают высокий коэффициент размножения, возможность круглогодичного проведения работ и ускоренного выпуска растений к заданному сроку, а также позволяют исключить угрозы их заражения вирусными и другими болезнями (Бутенко, 1999; Гарипов, 2014; Сельскохозяйственная биотехнология..., 2015; Калашникова, 2020).

Процесс адаптации растения к нестерильным условиям *ex vitro* – один из самых сложных при клональном микроразмножении. При этом эффективным методом адаптации может стать гидропонный метод, основными особенностями и преимуществами которого, по сравнению с традиционными, являются выращивание растений без почвы с применением искусственных субстратов различного происхождения; отсутствие патогенной микрофлоры и вредителей в почве; возможность управления ростом и развитием растений на протяжении всего вегетационного периода; использование малых площадей для непрерывного культивирования;

возможность применения готовых долговечных гидропонных систем, комплексных минеральных удобрений и многоспектральных светодиодных источников искусственного освещения с учетом биологических особенностей культуры; круглогодичное получение растительного сырья вне зависимости от сезона и климатических условий; тщательный контроль качества готовой продукции (Вахмистров, 2013; Maboko, Du Plooy, 2013; Texier, 2013; Шишкин, Антипова, 2017; Sharma et al., 2018; Макаров и др., 2020, 2021). Перспективность использования гидропонного метода при выращивании некоторых видов хвойных древесных пород отмечена многими исследователями (Руденко, 2002; Руденко, Шестак, 2006; Антонов и др., 2019; Селякова, Полянская, 2020).

В России проведен ряд исследований по клональному микроразмножению триплоидной осины и адаптации полученных растений-регенерантов *ex vitro* (Машкина, Исаков, 2007; Столярова, 2010; Зонтиков и др., 2016; Анохина и др., 2021; Багаев и др., 2021), а также получен положительный опыт использования посадочного материала *in vitro* для создания лесных плантаций (Жигунов и др., 2014; Машкина и др., 2019). Однако практически не изучено применение гидропоники для адаптации растительного материала осины.

Цель исследования – изучение особенностей адаптации полученных *in vitro* растений-регенерантов триплоидной осины с применением гидропонной установки.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по адаптации растений проводили в 2021–2022 гг. в лаборатории клонального микроразмножения и экспериментальной гидропоники на базе Северного (Арктического) федерального университета им. М. В. Ломоносова. В качестве объектов исследования использовали растения-регенеранты триплоидной осины (клон 27), полученные ранее методом клонального микроразмножения (Багаев и др., 2021). Для проведения адаптации в многоярусной гидропонной установке (производитель – ООО «Биологические системы», Россия) выращенных растений-регенерантов триплоидной осины заложили три опыта для регенерантов, у которых длина зеленой массы преобладает над корневой; регенерантов с декапитацией верхушечного побега и с оставлением 2 междоузлий.

Несмотря на то что декапитация верхушечного побега (снятие апикального доминирования) инициирует развитие побегов из пазушных почек, что может впоследствии привести к многостольности растений, при высадке посадочного материала в условия открытого грунта проводится формирование саженца в один ствол. Такой посадочный материал будет пригоден для создания плантационных культур.

При адаптации растений-регенерантов триплоидной осины в гидропонных установках соблюдали световой режим (световой поток светодиодных ламп – 8000 лм, цветовая температура – 4000 К, PPF – 165 мкмоль/(с · м<sup>2</sup>)), 16-часовой фотопериод, а также влажностный режим за счет системы туманообразования (уровень влажности 100 % на начальном этапе адаптации с постепенным снижением данного показателя). Растения укореняли на субстрате, состоящем из торфа нейтрального, вермикулита и перлита в соотношении 5 : 2 : 1 соответственно. Данная смесь компонентов в стаканчике не вымывается и не утрамбовывается. Такой состав позволяет делать реже режим подтопления питательным раствором, а за счет просыхания грунта стимулируется рост корней 2–3-го порядка. Полученным субстратом набивали кассету РКЛ-81. Режим кислотности (pH) питательного раствора – 5.6–5.9. В качестве питательного раствора для стимулирования структурного и вегетативного роста и укрепления корней использовали удобрение для гидропоники TriPart Flora Series

Grow (General Hydroponics Europe, Франция) из расчета 1.0 мл/л. Статистическую обработку экспериментальных данных и оценку достоверности результатов опытов проводили с использованием программы StatSoft Statistica 10.0.1011.

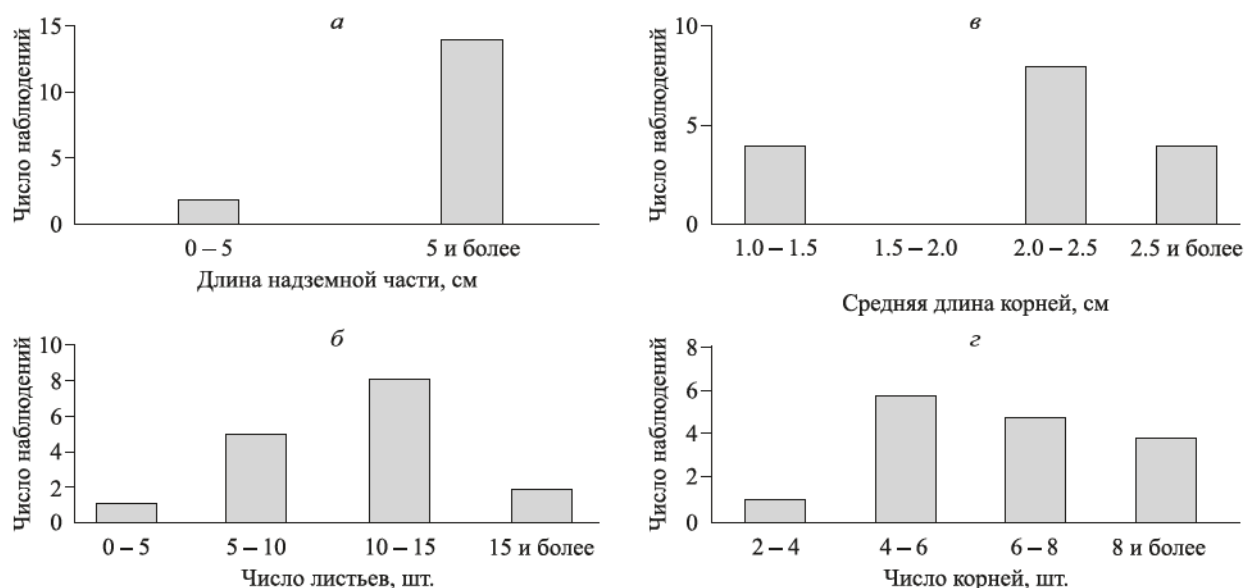
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенных исследований при адаптации растений-регенерантов триплоидной осины, у которых длина зеленой массы преобладает над корневой (опыт 1), при их извлечении из пробирки наблюдали нормальное развитие без признаков инфицирования и хороший тургор зеленой массы. Средняя длина надземной части составила  $6.84 \pm 2.08$  см. Согласно значению асимметрии, распределение смещено в сторону значения больше среднего, коэффициент вариации в рамках нормы – 30 % (рис. 1).

Длина корневой системы составила в среднем  $6.25 \pm 1.54$  см, коэффициент вариации – 25 %. Растения развиты непропорционально, наблюдается преобладание (в 2 раза больше) зеленой массы над корневой системой. В среднем регенерант имел 2 корня первого порядка.

Листовой аппарат развит нормально, в среднем растение имеет 10 листьев. При адаптации таких растений большое внимание уделяли постоянной подаче тонкодисперсионному потоку влаги.

При ослаблении интенсивности мелкодисперсного распыления воды у адаптируемых регенерантов триплоидной осины на 10-е сутки



**Рис. 1.** Зависимость распределения выборки по параметрам адаптируемых растений-регенерантов триплоидной осины с преобладанием длины зеленой массы над корневой от числа наблюдений.

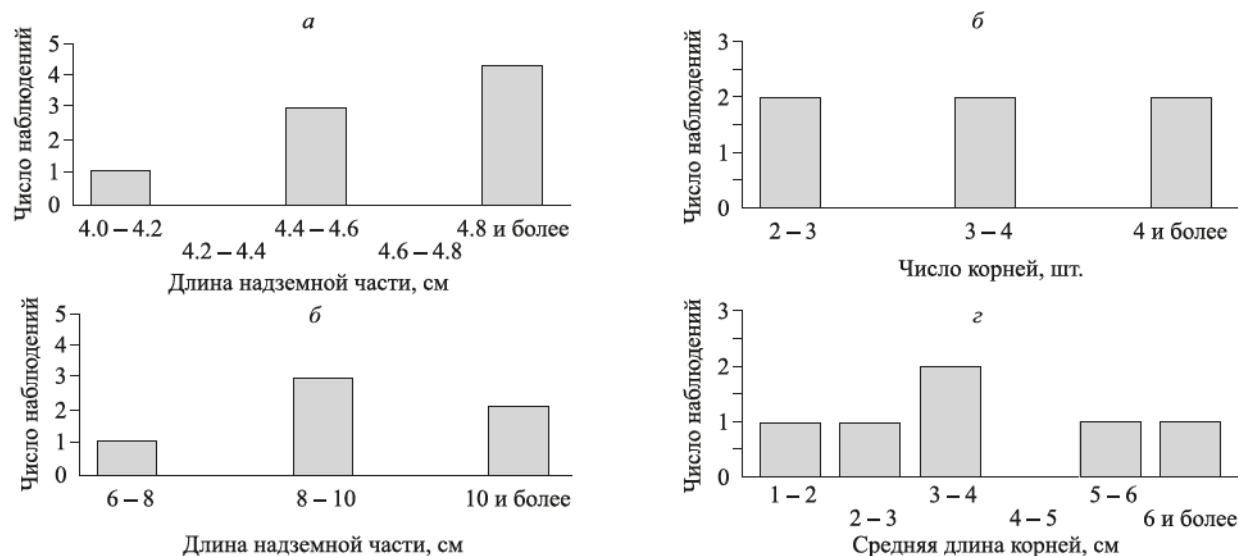
*a* – средняя длина побега, см; *b* – число листьев, шт.; *v* – средняя длина корней, см; *z* – число корней, шт.





**Рис. 2.** Адаптируемые растения-регенеранты триплоидной осины с преобладанием длины зеленой массы над корневой в кассетах.

*а* – после пересадки; *б* – на 10-е сутки адаптации.



**Рис. 3.** Зависимость распределения выборки по параметрам адаптируемых растений-регенерантов триплоидной осины с декапитацией верхушечного побега от числа наблюдений.

*а* – средняя длина побега, см; *б* – число листьев, шт.; *в* – число корней, шт.; *г* – средняя длина корней, см.

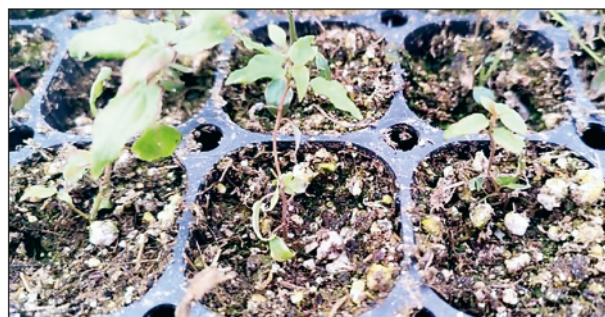
адаптации отмечено снижение тургора с последующим увяданием верхушки. При этом полную гибель не наблюдали, однако растения находились в угнетенном состоянии (рис. 2).

На 16-е сутки приживаемость составила 94.7 %. В ходе исследований по адаптации регенерантов триплоидной осины с декапитацией верхушечного побега (опыт 2) извеченные из пробирки регенеранты декапитировали с оставлением зеленого побега длиной 4–5 см, со средним числом листьев 9 шт. на каждом растении (рис. 3).

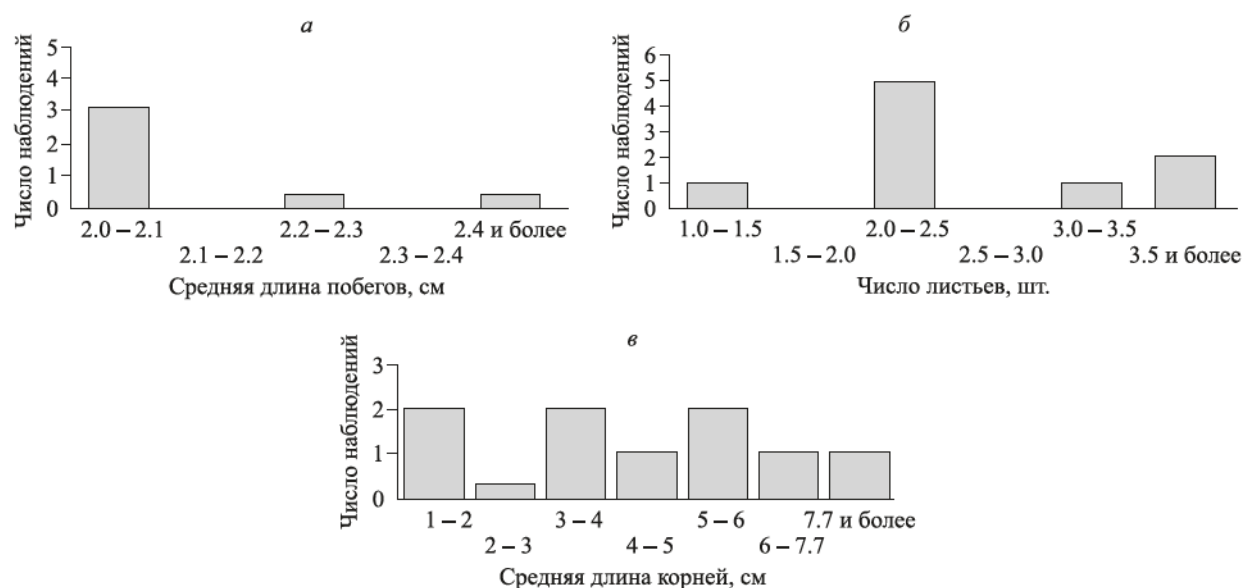
Отмечено соотношение длины зеленой массы к корневой, близкое к 1 : 1. Среднее число корней составило 3 шт. на растение, при этом преобладали корни со значениями выше среднего. Коэффициент вариации по всем значениям был не выше 35 %.

В течение 14 сут по мере снижения интенсивности тумана у адаптируемых растений триплоидной осины наблюдали потерю тургора.

У растений с большим числом листовых пластинок отмечено более сильное увядание, чем у растений с меньшим числом листовых пластинок, что связано со снижением транспирирующей поверхности. На 16-е сутки приживаемость составляла 100 %, а сохранность зеленой массы была выше, чем в опыте 1 (рис. 4).



**Рис. 4.** Адаптируемые растения-регенеранты триплоидной осины с декапитацией верхушечного побега в кассетах на 16-е сутки после пересадки.

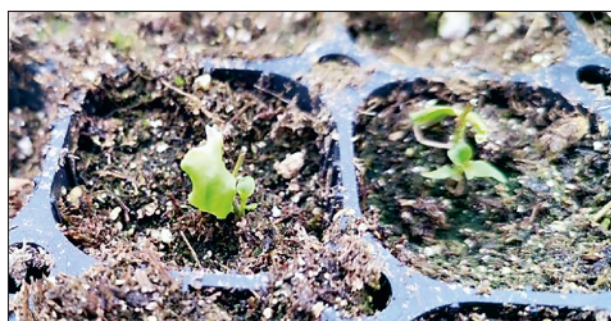


**Рис. 5.** Зависимость распределения выборки по параметрам адаптируемых растений-регенерантов триплоидной осины с оставлением 2 междоузлий от числа наблюдений.

*а* – средняя длина побега, см; *б* – число листьев, шт.; *в* – средняя длина корней, см.

При адаптации регенерантов осины с оставлением 2 междоузлий (опыт 3) формировались растения с преобладанием корневой массы над зеленой. В среднем для обеспечения растения фотосинтезом оставляли 2 листовые пластинки. Согласно полученным данным, растения имели в среднем 2 корня первого порядка, средний показатель максимальной длины корня составил  $5.12 \pm 2.24$  см, при этом преобладали значения выше среднего (рис. 5). Это характеризуется тем, что очень много регенерантов осины имели 1 корень длиной 6–8 см, что подтверждает и коэффициент вариации (более 40 %).

Приживаемость растений триплоидной осины в опыте 3 составила 100 %, при этом у листьев сохранялся первоначальный вид, а также отмечено наличие зеленой пазушной почки, из которой формируется полноценное растение (рис. 6).



**Рис. 6.** Адаптируемые растения-регенеранты триплоидной осины с оставлением двух междоузлий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных экспериментов по адаптации полученных методом *in vitro* растений триплоидной осины в гидропонной установке выявлено, что лучшую приживаемость имеют регенеранты с метрическими показателями корней 5–7 см, зеленой массы – до 5 см. Снижение площади листовой поверхности обеспечивает более успешную приживаемость регенерантов. На начальном этапе адаптации необходимо создание 100%-го уровня влажности с последующим его снижением в течение 5 дней до уровня 60 % и далее – по 20 % с интервалом в 3 дня. Продолжительность адаптации растений триплоидной осины в гидропонной установке составляет 16 дней. Использование гидропонного метода адаптации клонированных *in vitro* растений перспективно при выращивании триплоидных форм осины с целью дальнейшей закладки быстрорастущих лесосырьевых плантаций.

Работа выполнена при поддержке научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования» (тема «Технологии выращивания и адаптации посадочного материала лиственных пород Европейского Севера», рег. № 122120500078-8), а также в рамках государственного задания Федерального агентства лесного хозяйства РФ по пла-



новой теме «Разработка научно-обоснованных технологий закладки короткооборотных лесосырьевых плантаций осины с использованием быстрорастущих форм» (Приказ Рослесхоза от 23.12.2021 № 975).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анохина Н. С., Коновалов В. Ф., Ханова Э. Р. Микрклональное размножение карельской березы и триплоидной осины *in vitro* // Экобиотех. 2021. Т. 4. № 2. С. 101–106.
- Антонов А. М., Александрова Ю. В., Пастухова Н. О., Лютикова А. И. Сравнительный анализ эффективности корнеобразования черенков в аэропных и гидропных системах // Вестн. КрасГАУ. 2019. № 2. С. 62–69.
- Багаев Е. С. Генетический резерват осины исполнинской в Костромской области // Лесхоз. информ. 2008. № 10–11. С. 36–38.
- Багаев Е. С., Коренев И. А., Багаев С. С., Зонтиков Д. Н. Особенности формирования быстрорастущих клонов в генетическом резервате исполнинской осины // Лесн. хоз-во. 2013. № 2. С. 26–28.
- Багаев Е. С., Макаров С. С., Багаев С. С., Родин С. А. Исполнинская осина: биологические особенности и перспективы плантационного выращивания. Пушкино: ВНИИЛМ, 2021. 72 с.
- Багаев Е. С., Рыжова Н. В., Щутов В. В. Ведение хозяйства в осинных лесах Костромской области. Кострома: КГТУ, 2014. 138 с.
- Багаев С. Н. Отбор ценных форм осины и березы в Костромской области. М.: Проспект ВДНХ СССР, 1964. 4 с.
- Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М.: ФБК-Пресс, 1999. 160 с.
- Вахмистров Д. Б. Растения без почвы. М.: Рипол Классик, 2013. 118 с.
- Гарипов Н. Р. Отбор и выращивание триплоидной осины (*Populus tremula* L.) с применением методов молекулярной генетики и биотехнологии в Республике Татарстан: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01. М.: ВНИИЛМ, 2014. 128 с.
- Жигунов А. В. Приоритетные направления лесного селекционного семеноводства и плантационного лесовыращивания на Северо-Западе России // Лесхоз. информ. 2008. № 3–4. С. 11–15.
- Жигунов А. В., Шабунин Д. А., Бутенко О. Ю. Лесные плантации триплоидной осины, созданные посадочным материалом *in vitro* // Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та. Сер.: Лес. экол. Природопольз. 2014. № 4 (24). С. 21–30.
- Зонтикова Д. Н., Зонтикова С. А., Сергеев Р. В. Размножение высокопродуктивных диплоидных и триплоидных форм осины (*Populus tremula* L.) в культуре *in vitro* // Агрохимия. 2016. № 7. С. 59–65.
- Калашикова Е. А. Клеточная инженерия растений: учеб. и практ. для вузов. М.: Юрайт, 2020. 333 с.
- Крылов В., Ковалева О., Смирнов А. Промышленные лесосырьевые плантации как новый лесной бизнес // Лес-ПромИнформ. 2015. № 3 (109). С. 44–46.
- Кузнецов А. Осина как ценное древесное сырье // Лес-ПромИнформ. 2009. № 8 (66). С. 94–98.
- Макаров П. Н., Макарова Т. А., Самойленко З. А., Гулакова Н. М. Технология выращивания эфиромасличных культур в закрытых системах // Вестн. Нижегород. гос. ун-та. 2020. № 2. С. 53–59.
- Макаров П. Н., Макарова Т. А., Самойленко З. А., Гулакова Н. М. Элементы агротехники зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum*) в условиях светокультуры // Вестн. Алтай. гос. агр. ун-та. 2021. № 10 (204). С. 44–50.
- Машина О. С., Исаков Ю. Н. Микрклональное размножение хозяйственно ценных генотипов осины // Сохранение, изучение и воспроизводство генетических ресурсов лесных древесных растений: сб. науч. тр. Воронеж: НИИЛГиС, 2007. С. 47–58.
- Машина О. С., Шабанова Е. А., Вариводина И. Н., Гродецкая Т. А. Полевые испытания размноженных *in vitro* клонов осины (*Populus tremula* L.): рост, продуктивность, качество древесины, генетическая стабильность // ИВУЗ. Лесн. журн. 2019. № 6 (372). С. 25–38.
- Паничев Г. П. Плантационное выращивание лесных ресурсов // Лесн. вестн. Сер.: Экономика. 2014. № 3. С. 43–46.
- Руденко О. А. Черенкование хвойных видов семейства Cupressaceae на гидропонике: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01. Красноярск: СибГТУ, 2002. 179 с.
- Руденко О. А., Шестак К. В. Черенкование интродуцентов на гидропонике // Хвойные бореал. зоны. 2006. Т. 23. № 2. С. 214–217.
- Сельскохозяйственная биотехнология и бионженерия: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. / под ред. акад. РАН В. С. Шевелухи. М.: URSS, 2015. 704 с.
- Селякова В. А., Полянская И. С. Выращивание саженцев сосны в гидропонике // Актуальные вопросы и перспективы развития науки и образования: Материалы Междунар. (заочн.) науч.-практ. конф. Нефтекамск: Мир науки, 2020. С. 40–43.
- Столярова Н. А. Выращивание посадочного материала триплоидной осины, полученного по технологии *in vitro*, и закладка плантаций // Изв. СПбЛТА. 2010. Вып. 193. С. 62–71.
- Стороженко В. Г., Михайлов Л. Е., Багаев С. Н. Ведение хозяйства в осинниках. М.: Агропромиздат, 1987. 145 с.
- Шиикин П. В., Антипова О. В. Бессубстратная технология гидропного выращивания // Овощи России. 2017. № 3 (36). С. 56–61.
- Яблоков А. С. Исполнинская форма осины в лесах СССР // Тр. ВНИИЛХ. М.: ВНИИЛХ, 1941. Вып. 23. С. 1–52.
- Яблоков А. С. Воспитание и разведение здоровой осины. М.: Гослесбумиздат, 1963. 441 с.
- Maboko M. M., Du Plooy C. P. High-plant density planting of basil (*Ocimum basilicum*) during summer/fall growth season improves yield in a closed hydroponic system // Acta Agr. Scand., Sect. B – Soil & Plant Sci. 2013. V. 63. Iss. 8. P. 748–752.
- Sharma N., Acharya S., Kumar K., Singh N., Chaurasia O. P. Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: an overview // J. Soil Water Conserv. 2018. V. 17. Iss. 4. P. 364–371.
- Texier W. Hydroponics for everybody. All about home horticulture. Paris, France: Mama Publ., 2013. 328 p.

## ADAPTATION OF TRIPLOID ASPEN TO *ex vitro* CONDITIONS USING A HYDROPONIC SYSTEM

S. S. Makarov<sup>1, 2</sup>, A. M. Antonov<sup>2</sup>, Yu. V. Alexandrova<sup>2</sup>, O. P. Lebedeva<sup>2</sup>, I. B. Kuznetsova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy  
Timiryazevskaya, 49, Moscow, 127434 Russian Federation

<sup>2</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov  
Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002 Russian Federation

<sup>3</sup> Kostroma State Agricultural Academy  
Uchebny Gorodok, Karavaevskaya s/a, 34, Karavaevo, Kostroma District, Kostroma Oblast, 156530 Russian Federation

---

E-mail: makarov\_serg44@mail.ru, a.antonov@narfu.ru, yu.aleksandrova@narfu.ru, o.lebedeva@narfu.ru, sonnereiser@yandex.ru

The results of the studies of the features of adaptation of triploid aspen regenerants obtained *in vitro* using a hydroponic system are discussed in the article. Triploid clones of aspen (*Populus tremula* L.) are characterized by rapid growth, high wood quality and increased resistance to diseases and pests compared to diploid clones and can be used to create forest plantations. Use of clonal micropropagation is advisable to preserve the valuable gene pool of triploid forms of aspen, while the adaptation of plants to *ex vitro* conditions is the most difficult process. Growing plants using the hydroponic method has several advantages. Triploid aspen regenerants, in which the length of the green mass prevails over the root mass, have a normal development without signs of infection and a good turgor of the green mass when they are removed from the test tube during the adaptation. Triploid aspen regenerants with decapitation of the apical shoot have the ratio of the lengths of the green mass to the root mass is close to 1:1, while the predominance of roots with values above the average is observed. Aspen plants with a predominance of root mass over green are formed from regenerants with leaving of 2 internodes and have an average of 2 roots of the first order. Triploid aspen plants-regenerants with biometric parameters of roots 5–7 cm and green mass up to 5 cm had the highest survival rates (94.7–100 %). A gradual decrease in the leaf surface area contributes to a better survival of regenerants, while it is necessary to reduce the humidity level from 100 % at the initial stage of adaptation to 60 % within 5 days, then – on 20 % with an interval of 3 days. The period of adaptation of triploid aspen plants in a hydroponic system is 16 days.

**Keywords:** *Populus tremula* L., rooting, hydroponics, clonal micropropagation, *in vitro*, *ex vitro*.

**How to cite:** Makarov S. S., Antonov A. M., Alexandrova Yu. V., Lebedeva O. P., Kuznetsova I. B. Adaptation of triploid aspen to *ex vitro* conditions using a hydroponic system // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 3. P. 27–33 (in Russian with English abstract and references).



УДК 712.41:911.375:574.472:[599.323/.363+599.364]

## ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ МИКРОМАММАЛИЙ В ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЕ ЕКАТЕРИНБУРГА ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНОГО СООБЩЕСТВА

Н. Ф. Черноусова

Институт экологии растений и животных УрО РАН  
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

E-mail: nf\_cher@mail.ru

Поступила в редакцию 01.02.2023 г.

Изучено состояние мелких млекопитающих в лесопарках и парке г. Екатеринбурга и в естественном лесном насаждении в зависимости от изменения фитоценозов под действием рекреации. Показаны заметные изменения нижних ярусов фитоценозов в лесных сообществах городской черты, относящихся к сосновым насаждениям, характерным для южно-таежного округа Зауральской предгорной лесорастительной провинции (Колесников и др., 1973). Отмечены низкая возобновительная способность основных лесообразующих пород и появление в составе подлеска новых видов, не имеющих значения для лесообразовательных процессов, но являющихся признаками трансформации нижних ярусов фитоценоза. Степень регрессионной депрессии во всех городских участках была средняя или слабая, в контроле – очень слабая или отсутствовала. В лесопарках и парке большее значение имеет как расширение видового состава кустарниковых пород за счет синантропных видов, так и увеличение их численности. Подлесок в них представлен малиной (*Rubus idaeus* L.), жимолостью татарской (*Lonicera tatarica* L.), калиной трехлопастной (*Viburnum opulus* L.), рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), черемухой обыкновенной (*Prunus padus* L.), ивой козьей (*Salix caprea* L.), бузиной красной (*Sambucus racemosa* L.), иргой круглолистной (*Amelanchier ovalis* Medik.), кизильником (*Cotoneaster* Medik.), шиповником (*Rosa acicularis* Lindl.), боярышником (*Crataegus oxyacantha* L.). По видовому составу подлесок контроля намного беднее, чем в городских локалитетах: в нем присутствуют черемуха обыкновенная, ива козья, шиповник, ракитник русский (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klask.), рябина обыкновенная. Показано, что подлесок влияет на условия произрастания травяно-кустарничковых видов и развитие мохового покрова с созданием режима благоприятствования для одних групп растительности и подавления других. Хотя между лесопарками выявлено высокое сходство по флористическому составу нижних ярусов, они различаются по составу доминирующих видов. Изменения в нижних ярусах фитоценозов оказали влияние на другие компоненты экосистемы, в частности на сообщества мелких млекопитающих. В городской черте заметную долю в сообществе составляют отсутствующие в лесу виды мышей: лесная (*Apodemus uralensis* Pallas, 1811) и полевая (*A. agrarius* Pallas, 1771), которые (в годы депрессии численности в окружающих лесах) составляют в лесопарках и парке от 60 до 98 % сообщества микромаммалий. Сравнение степени сходства характеристик нижних ярусов фитоценозов и характеристик сообществ микромаммалий показало высокое их соответствие.

**Ключевые слова:** урбанизация, мелкие млекопитающие, южно-таежная зона, лесопарк, парк, фитоценоз, нижние ярусы, дендрограмма сходства.

DOI: 10.15372/SJFS20230305

### ВВЕДЕНИЕ

Постоянно нарастающая урбанизация в современном мире приводит к увеличивающемуся воздействию человека на окружающую его природу. В городах в настоящее время проживает около 3/4 населения мира (Природный

комплекс..., 2000). При этом основное влияние города выражается в непрерывном изъятии пространства из естественной природной среды, в существенном воздействии рекреации на прилегающие природные сообщества, и как следствие – реакции на быстро меняющиеся условия, в ускорении эволюционных процессов в экосистемах.

Изучение сообществ живых организмов представляет больший интерес, чем рассмотрение отдельных видов, поскольку комплексный подход к исследованиям позволяет оценить полную картину процессов, происходящих в экосистемах.

Природные лесные сообщества, примыкающие к Екатеринбургу – крупному промышленному центру (насчитывающему более 1.5 млн жителей), могут служить подходящими объектами для изучения влияния урбанизации на фито- и зооценозы. Лесопарки города – это лесные экотопы (в широком смысле слова (Соловьева, Розенберг, 2006)), испытывающие рекреационное воздействие, различающееся по степени нагрузки в разных частях лесопарка в зависимости от его близости к городской застройке.

Для растительных сообществ ранее было показано, что: «сукцессии, стадии которых представляют синантропные сообщества, протекают не как закономерные четкие смены «комплексов» видов, соответствующих дискретным стадиям, а как стохастические процессы. В разных конкретных сукцессионных рядах одного типа одни и те же виды могут приходить в сукцессию и уходить из нее в разное время и, естественно, разное время удерживаться в составе синантропных сообществ» (Маркин и др., 2008, с. 51).

Мелкие млекопитающие – один из важных компонентов экосистем естественных биоценозов. Они, особенно грызуны, благотворно влияют на структуру почвы и травяно-кустарниковую растительность, а также являются основной пищей большинства хищных животных из различных классов. Анализируя структуру и разнообразие фитоценозов и сообществ микромаммалий в городских парках и лесопарковой зоне, мы можем судить о степени сопряженности этих характеристик под воздействием урбанизации.

Цель настоящего исследования – выявить зависимость характера и связи антропогенной трансформации природных сообществ микромаммалий (грызунов и насекомоядных) от особенностей лесорастительных сообществ, составляющих лесопарки, в сравнении с сообществом естественного лесного насаждения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в двух лесопарках, расположенных на северо-восточной (Калиновский: 56°54' с. ш., 60°40' в. д.) и юго-восточной (Лесоводов России: 56°48' с. ш., 60°40' в. д.)

окраинах Екатеринбурга; внутри города – в лесных участках Центрального парка культуры и отдыха (ЦПКиО: 56°48' с. ш., 60°38' в. д.); а также в практически ненарушенном лесу в 50 км на ЮВ от города (56°36' с. ш., 61°02' в. д.), используемого нами в качестве контроля.

Исторически ЦПКиО и лесопарк Лесоводов России составляли один лесной массив, впоследствии разделенный застройкой и дорогой на два в разной степени измененных урбанизацией лесных участка.

Материал по мелким млекопитающим собирали с перерывами в период с 2010 по 2021 г. В данной статье представлены усредненные результаты за 8 лет. Отлов проводили в летний период стандартным методом ловушко-линий (Новиков, 1953). В каждом локалитете выставляли по 75 ловушек на 4 сут, ловушки проверяли раз в день по утрам, таким образом, за один сезон на каждом участке обрабатывалось по 300 ловушко-суток (л.-с.). Для характеристики сообществ мелких млекопитающих, помимо их встречаемости и численности по усредненным данным для всех локалитетов, по стандартным формулам (Бигон и др., 1989) были рассчитаны индексы  $\alpha$ -разнообразия Шеннона и Симпсона и индекс выравненности Пиелоу, которые в дальнейшем совместно с показателями видового состава использовались для оценки сходства сообществ.

На всех участках линий отлова мелких млекопитающих определяли полноту и состав древостоев закладкой круговых реласкопических площадок. Типы леса приведены по классификации Б. П. Колесникова с соавт. (1973). Проводили учет подроста и подлеска на 25 площадках размером 2 × 2 м с указанием видового состава и высоты; травяно-кустарничковый покрова – на 25 площадках размером 1 × 1 м с фиксированием проективного покрытия каждого вида, наличия и проективного покрытия мохового покрова (Побединский, 1966). Также определяли суммарную мощность опада и лесной подстилки. Была подсчитана встречаемость каждого вида подроста, кустарников и травяно-кустарничкового покрова для определения степени рекреационной деградации участков, с учетом требований ГОСТ 56-100-95 (1995).

Результаты анализировали, используя программы Statistica 8 и Past 3.2 (Hammer, 2022). Для оценки бета-разнообразия как сообществ мелких млекопитающих, так и комплекса фитоценологических и эдафических условий обследованных лесных участков использовали один из



методов многомерного анализа – кластерный анализ, графически отражающий иерархическую классификацию объектов в виде классической дендрограммы (Песенко, 1982).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Лесорастительные условия обследованных локалитетов.** Лесопарки Екатеринбурга представлены сосновыми насаждениями, характерными для южно-таежного округа Зауральской предгорной лесорастительной провинции (Колесников и др., 1973). Это лесные экотоны, испытывающие два основных фактора воздействия: аэротехногенное загрязнение, не имеющее ярко выраженных визуальных признаков в пределах участков исследования, и рекреационное воздействие, следствием которого является нарушение лесной подстилки, почвенного и живого напочвенного покрова, проникновение под лесной полог синантропных видов растений (Черноусова и др., 2014; Chernousova et al., 2014). В лесопарках разрушается подстилка и уплотняется почва.

Екатеринбург по классификации городских поселений Г. Н. Тихоновой с соавт. (2012) относится к разряду «крупнейших городских агломераций». В историческом центре города присутствуют небольшие участки искусственных зеленых насаждений, не имеющих ничего общего с естественной растительностью региона. Центральный парк культуры и отдыха, который прежде находился на окраине города, смыкаясь с лесопарковой зоной, вследствие расширения границ застройки оказался внутри него.

В лесопарках и парке под пологом леса идет процесс задернения почвы, составляющий местами 30–70 % площади. Эти и другие факторы значительно ухудшают лесовозобновительные процессы, идущие в лесных участках городской черты, где сосновый подрост, как правило, нежизнеспособный, отсутствует или заменяется березовым подростом. В естественном лесном насаждении образования дернины не наблюдается, сосновый подрост густой или средней густоты, жизнеспособный, с небольшой примесью березы (*Betula* L.).

За счет интродукции ряда видов кустарников, подлесок в лесопарках и парке города оказался разнообразнее по видовому составу, чем в естественном лесном насаждении. Травяно-кустарничковый покров, напротив, в контроле –

самый богатый (~45 видов), а в лесопарках – заметно беднее (22–30 видов).

В Калиновском лесопарке линии отлова находятся в сосняке орляковом. Все участки достаточно однородны по характеристикам эдификатора – сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), возобновление древесных пород редкое. Полнота насаждений здесь составляет 0.6–0.7. Возраст древостоя 80–110 лет. Наилучшим по количеству и встречаемости подростом сосны и березы является самый отдаленный участок этого лесопарка. В составе подростом фиксируется появление яблони сибирской (*Malus baccata* (L.) Borkh.) и клена ясенелистного (*Acer negundo* L.). Кустарниковые породы представлены 7–11 видами, в том числе синантропные виды составляют от 13 до 36 % от общего числа на участке в зависимости от удаленности к застройке. Суммарная мощность опада и лесной подстилки составляет в среднем около 3 см с, диапазоном колебаний от 0.5 до 8.0 см.

В парке Лесоводов России линии отлова расположены в насаждениях сосняка разнотравного с одним типом лесорастительных условий. Полнота составляет 0.3–0.4. Возраст древостоя около 150 лет. Возобновление лесных насаждений здесь крайне малочисленно. Подлесок по сравнению с Калиновским лесопарком более густой; представлен малиной (*Rubus idaeus* L.), жимолостью татарской (*Lonicera tatarica* L.), калиной трехлопастной (*Viburnum opulus* L.), рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), черемухой обыкновенной (*Prunus padus* L.), ивой козьей (*Salix caprea* L.), бузиной красной (*Sambucus racemosa* L.), иргой круглолистной (*Amelanchier ovalis* Medik.), кизильником (*Cotoneaster Medik.*), шиповником (*Rosa acicularis* Lindl.), боярышником (*Crataegus oxyacantha* L.). В отличие от характерных видов, для данного типа леса (Колесников и др., 1973) зафиксировано появление жимолости татарской, калины трехлопастной, черемухи обыкновенной, ивы козьей, бузины красной, ирги круглолистной, кизильника, боярышника. В количественном отношении наиболее густой подлесок наблюдается в парке Лесоводов России.

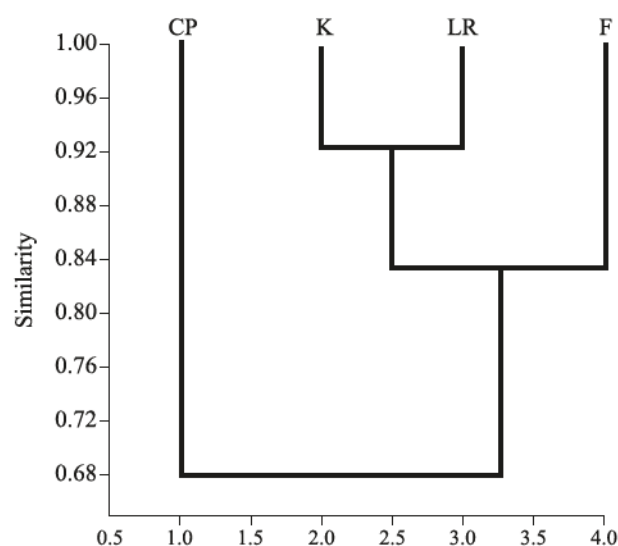
ЦПКиО и контрольный лес относятся к группе типов леса сосняк ягодниковый, сосняк зеленомошниково-ягодниковый. По полноте древостоев участки практически идентичны (0.6). Возраст древостоя в ЦПКиО 103–178 лет. Возобновительная способность данной группы типов леса должна быть очень хорошая, но в условиях Центрального парка подрост очень

редкий, часто нежизнеспособный или полностью отсутствует. Подлесочные виды парка: малина, жимолость татарская, калина трехлопастная, рябина обыкновенная, ракитник русский (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klask.), черемуха обыкновенная, ива козья, ирга круглолистная, кизильник, шиповник, можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), яблоня сибирская, крыжовник (*Ribes uva-crispa* L.).

Возраст древостоя в контрольном лесу – 90–180 лет. Наблюдается густой, иногда средней густоты жизнеспособный подрост; в подросте и подлеске отсутствуют синантропные виды. По видовому составу подлесок контроля намного беднее, чем в городских локалитетах. В нем присутствуют черемуха обыкновенная, ива козья, шиповник, ракитник русский, рябина обыкновенная.

Степень регрессионной депрессии на всех городских участках была средней или слабой, что соответствует I и II стадиям деградации, за исключением ЦПКиО с максимальной тропичной сетью, и достигала 11–20 % – IV стадия деградации (ОСТ 56–100–95). В контроле она была очень слабой или отсутствовала.

Для обоих лесопарков, ЦПКиО и леса по характеристикам растительных ярусов (за исключением древесного, так как для мелких млекопитающих ведущее значение имеют именно нижние ярусы фитоценозов), их разнообразию и свойствам поверхностных почвенных горизонтов была построена дендрограмма, отражающая степень сходства между участками (рис. 1).



**Рис. 1.** Уровни сходства (Similarity) между исследованными растительными сообществами Екатеринбурга и контролем.

CP – ЦПКиО; K – лесопарк Калиновский; LR – лесопарк Лесоводов России; F – лесной участок.

Оценивались следующие показатели: проективное покрытие (в процентах) травяно-кустарничками, злаками, синантропными видами (без злаков); число видов подроста лиственных пород, кустарников, травяно-кустарничкового яруса, злаков, синантропных без злаков; суммарная мощность опада и подстилки (подробное описание и количественная характеристика рассмотренных показателей опубликованы ранее (Черноусова и др., 2014; Chernousova et al., 2014)).

Из дендрограммы видно, что наибольшее сходство наблюдается между нижними ярусами лесопарков, следующий уровень группировки с ними формирует лесной участок, а фитоценоз ЦПКиО образует совершенно отдельный кластер, намного отличающийся от лесопарков и лесного сообщества.

Вид дендрограммы совпадает с фактически наблюдаемыми состояниями изученных фитоценозов.

**Сообщества микромаммалий.** Мелкие млекопитающие – важный компонент любого биоценоза, их видовой состав и разнообразие отражают иногда незначительные изменения в фитоценозе.

Исследования в указанных локалитетах проводим с 1990 г., но в данной статье представлены результаты лишь за последние годы. Мы объединили данные отловов за указанные в методике несколько лет исследований. В эти годы во всех сообществах наблюдалась динамика видового и численного состава, которая описана нами ранее (Черноусова, 2010; Chernousova, 2010), и в разные годы те или иные (особенно малочисленные) виды выпадали из сообществ.

За рассматриваемый период исследований нами было отработано 9600 л.-с. Всего отловлено 2253 особи мелких млекопитающих, принадлежащих отрядам Rodentia (Bowdich, 1821) и Insectivora (Bowdich, 1821). Виды млекопитающих, отловленные в разных локалитетах, и их относительная численность представлены в таблице.

Анализ состава сообществ микромаммалий выявил существенное его отличие в городских локалитетах по сравнению с контролем (см. таблицу). В лесу отсутствовали не характерные для соснового леса виды рода *Apodemus*: полевая и лесная мыши. Последняя была поймана лишь в единичном экземпляре и только в один год на участке, наиболее приближенном к дороге. Фактически фауна микромаммалий была представлена типичными для данного типа леса 10 видами. Редкие для леса мышь-малютка



## Виды мелких млекопитающих, отловленные за 8 лет в обследованных локалитетах

| Вид                                                           | Лес  | Лесопарк     |                  | ЦПКиО |
|---------------------------------------------------------------|------|--------------|------------------|-------|
|                                                               |      | Калинов-ский | Лесоводов России |       |
| <i>Apodemus agrarius</i> Pallas, 1771 – мышь полевая          | 0    | +            | ++               | +++   |
| <i>A. (Sylvemus) uralensis</i> Pallas, 1811 – м. лесная       | +    | +++          | ++++             | > 100 |
| <i>Clethrionomys glareolus</i> Schreber, 1780 – рыжая полевка | +++  | ++++         | ++               | 0     |
| <i>C. rutilus</i> Pallas, 1779 – красная полевка              | ++   | +            | ++++             | +++   |
| <i>C. rufocanus</i> Sundevall, 1846 – красно-серая полевка    | +    | +            | 0                | 0     |
| <i>Microtus arvalis</i> Pallas, 1778 – обыкновенная полевка   | +++  | +            | ++               | 0     |
| <i>M. oeconomus</i> Pallas, 1776 – полевка-экономка           | +    | +            | +                | 0     |
| <i>M. agrestis</i> Linnaeus, 1761 – темная полевка            | +++  | +            | 0                | 0     |
| <i>Sicista betulina</i> Pallas, 1779 – лесная мышовка         | +    | +            | +                | 0     |
| <i>Micromys minutus</i> Pallas, 1771 (мышь-малютка)           | +    | +            | 0                | 0     |
| <i>Sorex araneus</i> Linnaeus, 1758 – бурозубка обыкновенная  | +++  | ++           | +++              | ++    |
| <i>S. caecutiens</i> Laxmann, 1788 – б. средняя               | +++  | ++           | +                | +     |
| <i>S. minutus</i> Linnaeus, 1766 – б. малая)                  | ++   | +            | ++               | 0     |
| Число видов                                                   | 12   | 13           | 10               | 5     |
| Численность особей на 100 л.-с.                               | 138  | 162          | 238              | 213   |
| Индекс доминирования                                          | 0.18 | 0.38         | 0.29             | 0.57  |
| Индекс Симпсона                                               | 2.04 | 1.39         | 1.57             | 0.85  |
| Индекс Шеннона–Уивера                                         | 0.82 | 0.62         | 0.71             | 0.43  |
| Индекс выровненности Пилоу                                    | 0.64 | 0.31         | 0.48             | 0.47  |

Примечание. Численность животных, особей на 100 л.-с. в сумме за 8 лет: (+) – меньше 5; (++) – от 5 до 10; (+++) – от 10 до 50 особей; (+++++) – от 50 до 100.

и лесная мышовка отловлены за весь период по две особи каждого вида.

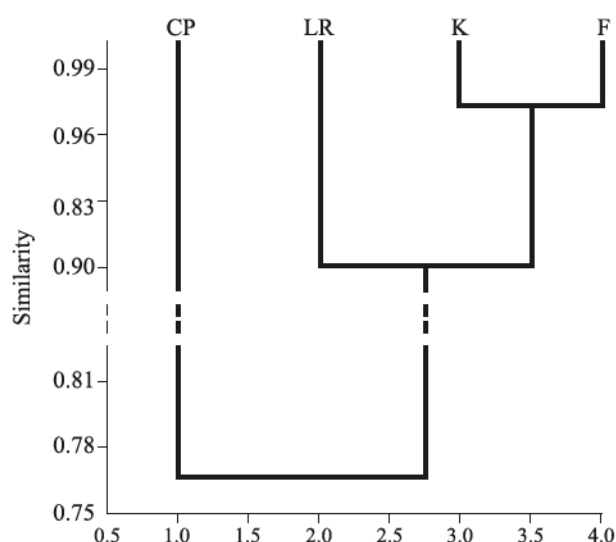
Наибольшее число видов мелких млекопитающих отловили в Калиновском лесопарке (см. таблицу). В нем присутствовали все виды, которые обнаружены нами во всех участках за 30 лет, хотя лесная мышовка и мышь-малютка в рассматриваемый в данной статье период – лишь по 1 экз. В некоторые предыдущие годы лесная мышовка была в Калиновском лесопарке довольно многочисленна для этого вида, до 7 особей за период отлова, даже выше, чем в контрольном лесу. В лесопарке Лесоводов России за последние 10 лет была отловлена только 1 особь лесной мышовки. Помимо гемисинантропов в нем присутствовали все лесные виды, кроме красно-серой полевки и мыши-малютки.

Следует отметить, что в исторически едином лесном сообществе (лесопарке Лесоводов России и ЦПКиО) род лесных полевок представлен красной полевкой и только в лесопарке Лесоводов России появлялись единичные экземпляры рыжей в отдельные годы, в то время как на других наших участках из представителей рода *Clethrionomys* преобладала именно рыжая полевка.

Логично, что число отловленных видов было самым низким в ЦПКиО. Здесь практически отсутствовало большинство лесных видов, в то время как гемисинантропы (полевая и особенно лесная мышь) составляли от 60 до 98 % сообщества. Как видно из таблицы, эти виды были многочисленны во всех городских сообществах мелких млекопитающих, но только в Центральном парке их численность была наиболее высокой, они фактически заместили типичные лесные виды.

В лесопарках доля гемисинантропов также была существенной, составляя не в годы депрессии в Калиновском лесопарке 17–55 %, а в Лесоводов России 24–82 %. За счет этих мышей в городе не наблюдалось депрессии численности сообщества грызунов в то время, когда она отмечалась в окружающих лесах, в том числе и в контрольном. Именно в годы депрессии в лесах процент мышь лесная + м. полевая в городских локалитетах был максимальным, достигая указанных выше значений.

По показателям видового состава и альфа-разнообразия сообществ мелких млекопитающих (см. таблицу) построена дендрограмма, отражающая степень сходства между сообществами из разных локалитетов (рис. 2).



**Рис. 2.** Уровни сходства (Similarity) между исследованными сообществами мелких млекопитающих в Екатеринбурге и в контроле.

Условн. обозн. см. на рис. 1.

При сравнении дендрограмм для растительных сообществ и микромаммалей видно, что Центральный парк в обоих случаях наиболее удален от других сообществ. Однако для мелких млекопитающих большее сходство наблюдается между лесом и Калиновским лесопарком, а сообщество лесопарка Лесоводов России образует отстоящий от них кластер.

По мнению R. H. Whittaker (1969), видовое разнообразие в сообществах, особенно животных, подвергающихся стрессовым воздействиям, уменьшается, однако, как следует из наших результатов, это происходит далеко не всегда. В некоторых случаях повышение разнообразия сообществ, видимо, является результатом их экотонного характера. Проникновение в окрестности города гемисинантропов, не характерных для лесов данного типа, привело к увеличению числа обитающих в лесопарках видов животных и, следовательно, к увеличению видового разнообразия. Однако сообщество, максимально подверженное рекреационному прессу в ЦПКиО, соответствует высказанному R. H. Whittaker (1969) положению.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В лесопарко-парковых участках процессы урбанизации, представленные главным образом рекреацией и сопутствующими ей процессами, оказали заметное влияние на нижние ярусы фитоценоза. Большее значение имеет как расши-

рение видового состава кустарниковых пород за счет синантропных видов, так и увеличение их численности. Причем в обоих лесопарках доминируют типичные виды лесных кустарников, а их активное разрастание прямо или косвенно спровоцировано близостью урбанизированной среды. Изменения, наблюдаемые в фитоценозе, влияют на мощность лесной подстилки. По суммарной ее мощности и количеству опада участки отлова лесопарков также заметно различаются. Выявленные процессы трансформации нижних ярусов фитоценозов, естественно, сказались на сообществах млекопитающих. В зависимости от пресса рекреационной нагрузки меняется видовой состав сообщества. Типичные лесные виды, характерные для данного типа тайги, вытесняются видами-гемисинантропами, которые в годы депрессии в окружающих лесах практически единственно представляют сообщество микромаммалей городской черты.

Состав сообществ микромаммалей в городских локалитетах существенно отличается от контроля. В лесу отсутствовали нехарактерные для сосняков виды рода *Apodemus*, которые в лесопарках составляли существенную долю в сообществе микромаммалей. Единичный экземпляр лесной мыши, пойманной в контрольном лесу только однажды на участке, наиболее приближенном к дороге, лишь подтверждает, что антропогенная нагрузка приводит к появлению этого вида.

Отловленные в лесу виды представлены всеми обычными для данного типа леса в отличие от городских сообществ, где их доля была невысока, а в городе большинство отсутствовало.

Таким образом, реакция сообщества мелких млекопитающих отражает изменения в фитоценозах, что очевидно из соответствия дендрограмм сходства между характеристиками фитоценозов нижних ярусов, изученных локалитетов и сообществ обитающих там мелких млекопитающих. Следовательно, оценив сообщество мелких млекопитающих, мы можем предполагать, что в экосистеме происходят изменения в направлении, отличающем ее от окружающих природных сообществ.

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 122021000082-0 «Механизмы гомеостатирования живых систем на уровне особи, популяции, таксоцена, биогеоценоза в условиях природных и антропогенных средовых градиентов ландшафтов Урала».*



Автор искренне благодарна сотрудникам лесного отдела Ботанического сада УрО РАН доктору сельскохозяйственных наук О. В. Толкачу и инженеру О. Е. Добротворской за помощь в описании лесорастительных условий сообществ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2 т. / Пер. с англ. М.: Мир, 1989. Т. 1. 667 с.
- Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Практ. рук-во. Свердловск: Урал. науч. центр АН СССР, 1973. 176 с.
- Маркин Б. М., Ямалов С. М., Наумова Л. Г., Сайфуллина Н. М., Суюндукова Г. Я. Особенности синантропных сообществ как объектов классификации: роль дедуктивного метода // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2008. Т. 113. Вып. 4. С. 51–59.
- Новиков Г. А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных. М.: Сов. наука, 1953. 502 с.
- ОСТ 56–100–95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. Утв. Приказом Рослесхоза от 20.07.1995 № 114. (По состоянию на 25.09.2006). М., 1995. 13 с.
- Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 260 с.
- Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.
- Природный комплекс большого города. Ландшафтно-экологический анализ / О. В. Глебова, Э. Г. Коломьца, Г. С. Розенберг, М. В. Сидоренко, В. П. Юнина. М.: Наука; МАИК Наука/Интерпериодика, 2000. 286 с.
- Соловьева В. В., Розенберг Г. С. Современное представление об экотонах или теория экотонов // Усп. совр. биол. 2006. Т. 126. № 6. С. 531–549.
- Тихонова Г. Н., Тихонов И. А., Суров А. В., Богомоллов П. Л., Котенкова Е. В. Экологические аспекты формирования фауны мелких млекопитающих урбанизированных территорий средней полосы России. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2012. 372 с.
- Черноусова Н. Ф. Динамика численности мелких млекопитающих на урбанизированных территориях // Сиб. экол. жур. 2010. № 1. С. 149–156.
- Черноусова Н. Ф., Толкач О. В., Добротворская О. Е. Сообщества мелких млекопитающих в урбаногенно нарушенных лесных экосистемах // Экология. 2014. № 6. С. 439–447.
- Chernousova N. F. Population dynamics of small mammal species in urbanized areas // Contemp. Probl. Ecol. 2010. V. 3. N. 1. P. 108–113 (Original Rus. text © N. F. Chernousova, 2010, publ. in Sib. Ecol. Zhurn. 2010. V. 17. N. 1. P. 149–156).
- Chernousova N. F., Tolkach O. V., Dobrotvorskaya O. E. Small mammal communities in forest ecosystems affected by urbanization // Rus. J. Ecol. 2014. V. 45. N. 6. P. 490–497 (Original Rus. text © N. F. Chernousova, O. V. Tolkach, O. E. Dobrotvorskaya, 2014, publ. in Ekologiya. 2014. N. 6. P. 439–447).
- Hammer Ø. Past 3 – the Past of the Future. Univ. Oslo: Natural History Museum, 2022.
- Whittaker R. H. New concepts of kingdoms of organisms // Science. 1969. V. 163. N. 3863. P. 150–160.

## SPECIES COMPOSITION AND DIVERSITY OF MICROMAMMALS COMMUNITIES IN FOREST PARK ZONE OF YEKATERINBURG WITH TRANSFORMATION OF FOREST PLANT COMMUNITY

N. F. Chernousova

*Institute of Plant & Animal Ecology, Russian Academy of Sciences, Ural Branch  
8 Marta str., 202, Yekaterinburg, 620144 Russian Federation*

---

E-mail: nf\_cher@mail.ru

The study of the small mammal communities state in the city's forest parks and park and in the forest, depending on changes in phytocenoses under the influence of recreation, was carried out. These studies have shown that the lower layers of phytocenoses of the forest communities belonging to pine stand characteristic of the South taiga district of the Trans-Urals foothill forest province (Kolesnikov et al., 1973) have been noticeably changed of the urban area. First of all, we observed a low renewable capacity of the main forest-forming species of the sites and the appearance of new species in the undergrowth, which are not important for forest-forming processes, but are signs of transformation of the lower layers of phytocenosis. The degree of regression digression in all urban sites was medium or weak. In the control it was very weak or absent. In forest parks and park both the extension of the shrub species composition due to synanthropic species and the increase in their number are of greater importance. The undergrowth in them is represented by raspberries (*Rubus idaeus* L.), tatarian honeysuckle (*Lonicera tatarica* L.), three-lobed viburnum (*Viburnum opulus* L.), mountain ash (*Sorbus aucuparia* L.), bird cherry (*Prunus padus* L.), goat willow (*Salix caprea* L.), elderberry (*Sambucus racemosa* L.), round-leaved irga (*Amelanchier ovalis* Medik.), dogwood (*Cotoneaster* Medik.), rosehip (*Rosa acicularis* Lindl.), hawthorn (*Crataegus oxyacantha* L.). The undergrowth species composition of the control is much poorer than in urban localities: it contains: bird cherry, goat willow, dog rose, green broom (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klask.), mountain ash. The development of undergrowth is an influence on the growing conditions of grass-shrub species and the development of moss cover with the creation of a regime of favorability for some vegetation groups and suppression of others. Although there is a high similarity in the floral composition of the lower tiers between the forest parks, they differ in the composition of the dominant species. Changes in the lower levels of phytocenoses naturally had an impact on other components of the ecosystem, in particular, on communities of small mammals. In the urban sites appreciable share in the communities is made up of species absent from the forest: Ural field mouse (*Apodemus uralensis* Pallas, 1811) and striped field mouse (*A. agrarius* Pallas, 1771), which (during the years of depression in the surrounding forests) make up 60 % to 98 % of the community in the forest parks and parks. Comparison of the degree of similarity of the characteristics of the lower layers of phytocenoses and the characteristics of micromammal communities showed their high correspondence.

**Keywords:** *urbanization, small mammals, south taiga zone, forest park, park, phytocenosis, forest lower layers, dendrogram of similarity.*

**How to cite:** Chernousova N. F. Species composition and diversity of micromammals communities in forest park zone of Yekaterinburg with transformation of forest plant community // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 3. P. 34–41 (in Russian with English abstract and references).



УДК 58.006:674.032.477.43(470.23-25)

## КИПАРИСОВИК ТУПОЙ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Г. А. Фирсов<sup>1</sup>, К. Г. Ткаченко<sup>1</sup>, А. В. Волчанская<sup>1</sup>, Н. Е. Староверов<sup>2</sup>, А. Ю. Грязнов<sup>2</sup><sup>1</sup> Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН  
197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2<sup>2</sup> Санкт-Петербургский электротехнический университет (ЛЭТИ)  
197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5E-mail: gennady\_firsov@mail.ru, kigatka@gmail.com, sandalet@mail.ru,  
nik0205st@mail.ru, ay.gryaznov@yandex.ru

Поступила в редакцию 31.01.2023 г.

Виды рода кипарисовики (*Chamaecyparis* Spach) семейства кипарисовые (Cupressaceae) – однодомные вечнозеленые деревья с конусовидной плотной кроной и ароматической смолистой хвоей. В природе они растут в Восточной Азии (Китай, Япония, Тайвань) и Северной Америке; декоративные растения, пригодные для городского озеленения и современной урбанофлористики. Хорошо смотрятся в одиночных, групповых и аллеи-ных посадках, особенно в местах с подходящим климатом. Дают ценную легкую мелковолоконистую ароматную твердую и прочную древесину. Сортовое богатство велико – всего 4 вида дали свыше 1500 современных культиваров. В культуре известно много сортов японской селекции, которые уже хорошо зарекомендовали себя и в других странах. В большинстве случаев кипарисовики пригодны в районах с морским климатом, мягкими зимами и высокой влажностью воздуха. Сравнение с литературными и архивными данными показывает, что за последние годы и десятилетия на фоне потепления климата произошло значительное увеличение размеров растений. Кипарисовик тупой (*Chamaecyparis obtusa* (Siebold et Zucc.) Endl.) в ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН известен с 1870 г., выращивался в коллекции в разные периоды, первые упоминания – с 1870 по 1898 г., затем – с 1949 по 1977 г. В современной коллекции арборетума числится с 2009 г. В возрасте 14 лет представляет собой двухствольное дерево высотой 1.94 м со штамбом 0.20 м. В 2018 г. впервые наблюдалось семеношение. В 2021 г. получено семенное потомство. При продолжающемся потеплении климата Санкт-Петербурга и все более благоприятных условиях перезимовки кипарисовик тупой имеет перспективы для более широкого разведения на Северо-Западе России и внедрения в современный ассортимент садов и парков города как новое декоративное растение. Для посадки кипарисовика тупого следует выбирать место, защищенное от холодных ветров, без застойного увлажнения, близких грунтовых вод, но можно слегка затененное. В летнее время растения необходимо поливать, особенно молодые, не допуская пересушки их земляного кома. В зимний период во время сильных снегопадов полезно отряхивать растения, чтобы избежать снеголома.

**Ключевые слова:** *Chamaecyparis obtusa*, история интродукции, фенология, рентгеноскопический анализ, качество семян, Санкт-Петербург.

DOI: 10.15372/SJFS20230306

## ВВЕДЕНИЕ

По данным сайтов The Plant List (2013) и The World Flora Online (2023), род кипарисовик (*Chamaecyparis* Spach) включает 74 научных названия растений видового ранга, из них только 5 – общепринятые. Существует порядка 140–205 научных названий растений внутривидового ранга для рода кипарисовики, которые в насто-

ящее время являются синонимами общепринятых внутривидовых названий.

Виды рода кипарисовики – однодомные вечнозеленые деревья с конусовидной плотной кроной и ароматической смолистой хвоей. В природе они растут в Восточной Азии (Китай, Япония, Тайвань) и Северной Америке (Krüssmann, 2009; Grimshaw, Bayton, 2010; Элайс, 2014; Фирсов, Орлова, 2019; Фирсов, 2020; Фирсов и др.,

2020). Ствол покрыт чешуйчатой или глубоко трещиноватой коричнево-бурой корой. Игло-видные листья только на сеянцах, у взрослых растений листья чешуевидные, перекрестнопарные, заостренные, прижатые, на спинке обычно с заметной железкой. Зрелые шишки до 12 мм в диаметре, деревянистые, со щитовидными, тесно прилегающими друг к другу чешуями. Семена с 2 боковыми крыльями, созревают в первый год. Кипарисовики – долгоживущие растения, продолжительность жизни до 600 лет и более. Растут в прохладных хвойных и хвойно-широколиственных лесах умеренного пояса Северного полушария, поднимаясь от уровня моря высоко в горы. Виды рода кипарисовики декоративные растения, пригодные для городского озеленения и современной урбанofлористики. Хорошо смотрятся в одиночных, групповых и аллейных посадках, особенно в местах с подходящим климатом. Дают ценную древесину – легкую, мелковолоконистую, ароматическую, твердую и очень прочную. Сортовое богатство настолько велико, что всего 4 вида дали свыше 1500 современных культиваров (Auders, Spicer, 2013). В культуре известно много сортов японской селекции, которые уже хорошо зарекомендовали себя в других странах. В большинстве случаев кипарисовики пригодны в районах с морским климатом, мягкими зимами и высокой влажностью воздуха. В северных широтах они заменяют настоящий кипарис, от которого, однако, отличаются более мелкими шишками и морфологией хвоинок. На Северо-Западе России и в Санкт-Петербурге в последние годы эта группа хвойных завоевывает все большую популярность среди садоводов-любителей, но не все виды и культивары в этих климатических условиях достаточно зимостойки. Возможности их культуры расширяются на фоне потепления климата (Фирсов, Ткаченко, 2020). В отличие от многих других хвойных, виды рода кипарисовики хорошо переносят пересадку даже в более зрелом возрасте. Они экологически лабильны – стойко выдерживают городские условия. Их можно выращивать в контейнерной культуре как оранжерейно-комнатные и использовать для зимних садов.

В Санкт-Петербурге они известны со второй половины XIX в. За чуть более чем 150 лет истории интродукции видов этого рода в Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В. Л. Комарова (БИН РАН) были испытаны все 5 видов этого рода и около 30 разновидностей и форм. Кипарисовик тупой

(*Chamaecyparis obtusa* (Siebold & Zucc.) Endl.) и горохоплодный (*C. pisifera* (Siebold & Zucc.) Endl.) впервые были отмечены в документах по парку-арборетуму с 1870 г., а кипарисовик Лоусона (*C. lawsoniana* (A. Murray bis) Parl.) – с 1874 г. (Связева, 2005).

Первые сведения о зимостойкости кипарисовиков в Санкт-Петербурге содержатся в работе Э. Л. Вольфа (1917), в которой охарактеризованы около 3350 древесных пород (видов и форм). Именно на этих данных основывались представления о зимостойкости древесных растений на Северо-Западе России. Климат Санкт-Петербурга во времена Вольфа был холоднее, чем сейчас (Фирсов, Волчанская, 2012). Кипарисовик туполистный был описан как не зимостойкий и вымерзающий (баллы IV–V по предложенной им 5-балльной шкале), кипарисовик горохоплодный – как заметно более устойчивый и отнесен к группе II сравнительно зимостойких древесных пород (но на открытых местах – III). В другой работе Э. Л. Вольф (1915) отмечал, что, по сравнению с горохоплодным кипарисовиком: «Более компактная веточки имеет японский тупой кипарисовик (*C. obtusa*), который, хотя он столь же прелестен и эффектен, не повсюду преуспевает так же легко и хорошо, как тот».

Когда началось восстановление коллекций Ботанического сада БИН после Великой Отечественной войны и блокады Ленинграда, *C. lawsoniana* f. *glauca* (Jaeg.) Beissn. был представлен в парке небольшим деревцем на участке 99, позже выпал. Кипарисовик горохоплодный в то время рос на участке 25 обмерзающим кустом до 1.5 м высотой. Была в коллекции и его перистая форма (f. *plumosa* (Carr.) Beissn.) – также небольшой экземпляр. По состоянию на конец 1970-х годов в парке БИНа был представлен только кипарисовик горохоплодный и его перистая форма (f. *plumosa*) в числе 7 экз. Растения семенного происхождения, в парк высажены в 1958–1973 гг. Все находились в вегетативном состоянии. Лучшие из них достигали 3.7 м высоты при диаметре ствола 3–6 см, к настоящему времени они сохранились. К 2001 г. в парке уже числилось 8 названий видов и форм этого рода, были высажены на постоянное место в парке дендрарий *C. lawsoniana* Fraseri и культивары кипарисовика горохоплодного *C. pisifera* Filifera Aurea и Squarrosa Sulphurea. Появился на участке непрерывного цветения и *C. pisifera* Plumosa Aurea. Таким образом, в современной коллекции Ботанического сада БИН РАН к наиболее старым представителям этого рода относится



кипарисовик горохоплодный. Он же наиболее зимостойкий, ежегодно образует самосев (Связева, 2005; Хмарик и др., 2018).

Цель работы – оценить результаты интродукционного испытания кипарисовика тупого, у которого впервые удалось получить семенное потомство в условиях Ботанического сада Петра Великого, и перспективы для внедрения этого вида в городское озеленение.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кипарисовик тупой в лучших условиях представляет собой дерево до 30 (не редко и до 50) м высотой и стволом до 1.5–2 м в диаметре, с густой широкой конусовидной кроной и отстоящими ветвями. Кора красновато-коричневая, довольно гладкая, веточки многократно и густо ветвящиеся, сжатые, на верхушках слегка свисающие. Побеги короткие, толстоватые. Чешуевидные листья прижаты к побегам. Плоскостные листья 1.5–1.8 мм длины, около 1 мм ширины, туповатые, на спинке килеватые, с хорошо заметной железкой, сверху блестящие, зеленые, снизу с отчетливыми белыми устьичными полосками. Боковые листья по размерам ненамного превышают по длине плоскостные, не сжатые, по наружному краю также почти прямые. Концы побегов повислые (Krüssmann, 2009; Auders, Spicer, 2012). Шишки на коротких веточках, шаровидные, 8–10 мм в диаметре, состоят из 8–10 морщинистых чешуй. Каждая чешуя несет по 2–3 (до 5) семени с узким крылом. Имеются смоляные ходы. Древесина довольно легкая, по механическим свойствам приближается к древесине кипариса. Годичные слои узкие, хорошо различаются. Древесина ядровая, заболонь белая, ядро красноватое. Родом из Японии и Тайваня, где растет в горах на высотах 600–900 (до 1500) м, придерживаясь северных склонов и глубоких почв на гранитах. Наилучшего развития достигает в районах с прохладным влажным летом и мягкой зимой, на богатых почвах и при хорошем освещении. На родине древесина имеет такое же широкое применение, как и древесина кипарисовика Лавсона. В Японии этот вид используют в качестве деловой древесины; кора идет на сооружении крыш домов, из луба изготавливают канаты. В странах Юго-Восточной Азии считается священным деревом (Фирсов, Орлова, 2019). Выращивают ряд садовых форм. В России в культуре этот вид широко не распространен. Известен преимущественно

из немногих дендрологических коллекций, отмечен лишь в 9 дендрариях и ботанических садах (Каталог..., 1999).

В дендрологической коллекции Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова (СПбГЛТУ) кипарисовик тупой включен как растущий на участке Верхнего дендросада, растение второго класса возраста (принят равным 10 лет) по состоянию на 2000 г. (т. е. 11–20 лет), сильно обмерзающее и вымерзающее с корнем, в вегетативном состоянии, очень поздно начинающий и оканчивающий вегетацию. Однако в каталог ботанического сада СПбГЛТУ, изданный в 2011 г., вид не включен (Орлова и др., 2011), очевидно вымерз.

В работе использованы собственные данные наблюдений за растениями парка-дендрария БИН РАН с начала 1980-х годов (Фирсов и др., 2008, 2010; Фирсов, Фадеева, 2009, 2014; Фирсов, Волчанская, 2021а, б), а также данные метеостанции «Санкт-Петербург» Северо-Западного межрегионального территориального управления федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Климат..., 2010). Измерения выполнены нами нивелирной рейкой в 2018 и 2020 гг.

Рентгеновские снимки семян сделаны на передвижной рентгеновской диагностической установке (ПРДУ), которая предназначена для оперативного контроля различных объектов. Она состоит из рентгенозащитной камеры, источника излучения и пульта управления рентгеновским излучением. Диапазон изменения анодного напряжения 5–50 кВ, анодного тока – 20–200 мкА. Для исследования образцов семян выбран следующий режим: напряжение, подаваемое на трубку – 17 кВ; ток трубки 70 мкА; экспозиция 2 с. Преимущества ПРДУ – имеет на порядок меньшие размеры фокусного пятна и сохраняет их в широком диапазоне анодных напряжений, что позволяет получать изображения объектов удовлетворительного качества с увеличением до 30 раз. Приемник излучения – специальная пластина с фотостимулированным люминофором, такой люминофор способен запоминать (накапливать) часть поглощенной в нем энергии рентгеновского излучения, а также под действием лазера испускать люминесцентное излучение, интенсивность которого пропорциональна поглощенной энергии. Фотоны люминесцентного излучения преобразуются в электрический сигнал, кодирующийся для получения цифрового изображения. Сканирова-



ние пластины выполняется с помощью сканера DIGORA PCT. Полученное с помощью сканера изображение передается на компьютер, что позволяет производить последующую обработку изображения. Время от начала экспозиции до получения изображения – около 3 мин (Старовров и др., 2015; Грязнов и др., 2017; Никольский и др., 2017; Ткаченко и др., 2018).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Кипарисовик тупой отличается от других видов рода тем, что боковые листья длиннее плоскостных, плоскостные – 1.5–1.8 мм дл., на спинке килеватые, снизу с отчетливыми белыми устьичными полосками. Боковые листья по размерам ненамного превышают по длине пло-

скостные, не сжатые. Шишки шаровидные. Крона густая, широко-конусовидная или шаровидная (Auders, Spicer, 2013; Фирсов, Орлова, 2019). Интродуцирован в Европу в 1861 г. Philipp von Siebold и J. G. Veitch (The Hillier..., 2002). Считается медленно растущим, не любит известь в почве и сухой климат (Rehder, 1940).

В парке БИН РАН 1 экз. на участке 100 в пейзажной части Сада. Дерево из флоры Японии с широкой конусовидной кроной, с возрастом может достигать крупных размеров. Выращивается из черенков, привезенных Л. В. Орловой из г. Будапешта (Венгрия) в марте 2009 г.

Обмерзают побеги и хвоя, иногда в холодные зимы повреждается камбий ствола. Образует неправильную крону, штамб 20 см. Посадка 2018 г., с этого же года отмечено первое семеношение (рис. 1–4).



Рис. 1. Общий вид экземпляра кипарисовика тупого.



Рис. 2. Ветка кипарисовика тупого с летними шишками до их созревания.

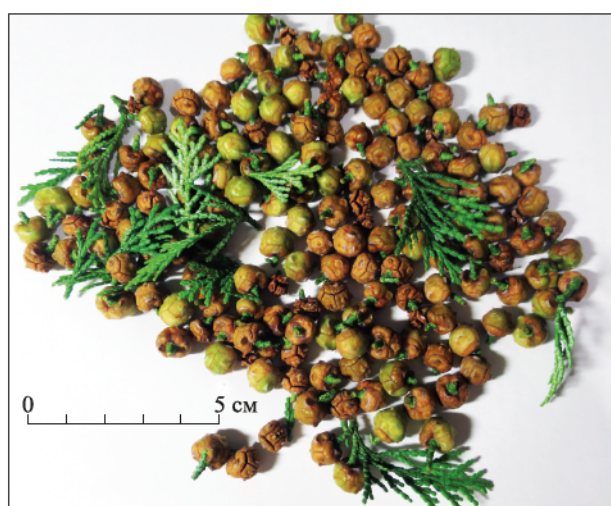


Рис. 3. Собранные в 2022 г. шишки кипарисовика тупого.



Рис. 4. Созревшие шишки кипарисовика тупого крупным планом.



Возраст и размеры кипарисовика тупого  
в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН

| Год  | Возраст,<br>лет | Высота,<br>м | Диаметр    |            |
|------|-----------------|--------------|------------|------------|
|      |                 |              | ствола, см | кроны, м   |
| 2018 | 10              | 1.54         | 1          | 1.6 × 1.1  |
| 2020 | 12              | 1.74         | 1          | 1.95 × 1.1 |
| 2022 | 14              | 1.94         | 1          | 1.8 × 1.3  |

В таблице приведены возраст и размеры кипарисовика тупого в парке-дендрарии после посадки на постоянное место, в 2018–2022 гг. (в 2022 г. измерен 10 мая, в начале вегетации).

Кипарисовик тупой представляет собой дерево с развилкой на 2 ствола на высоте 20 см, живые ветви начинаются с высоты 30 см. Концы побегов повислые, хвоя темно-зеленая. Зимы 2020/21 и 2021/22 гг. перенес без повреждений.

После высадки 13 ноября 2018 г. в парк в прошедшие зимы 2018/19 и 2019/20 гг. обмерзаний не наблюдалось (балл 1 по шкале П. И. Ла-

пина и С. В. Сидневой (1973)). К 2019 г. зимние повреждения камбия ствола, образовавшиеся ранее в более молодом возрасте еще на питомнике, почти заросли.

В 2018 г. отмечен первый урожай, созрело всего 3 шишки. Все семена были пустые (плохо развитые). В 2019 г. урожай шишек достиг 12 шт. Семена не проросли ни в лабораторных условиях, ни в грунте. В 2020 г. было уже 23 шишки. Рентгеноскопическим анализом в собранных семенах выявлено наличие лишь одного выполненного семени, которое и проросло в чашке Петри (рис. 5).

Грунтовая всхожесть семян этой партии была нулевой. В 2021 г. число шишек было уже около 70. Количество выполненных семян было больше (55 %). Лабораторная всхожесть их составила 33 %, грунтовая – 20 % (рис. 6).

Кипарисовик тупой стал давать шишки со всхожими семенами в условиях заметного потепления климата Санкт-Петербурга (Фирсов

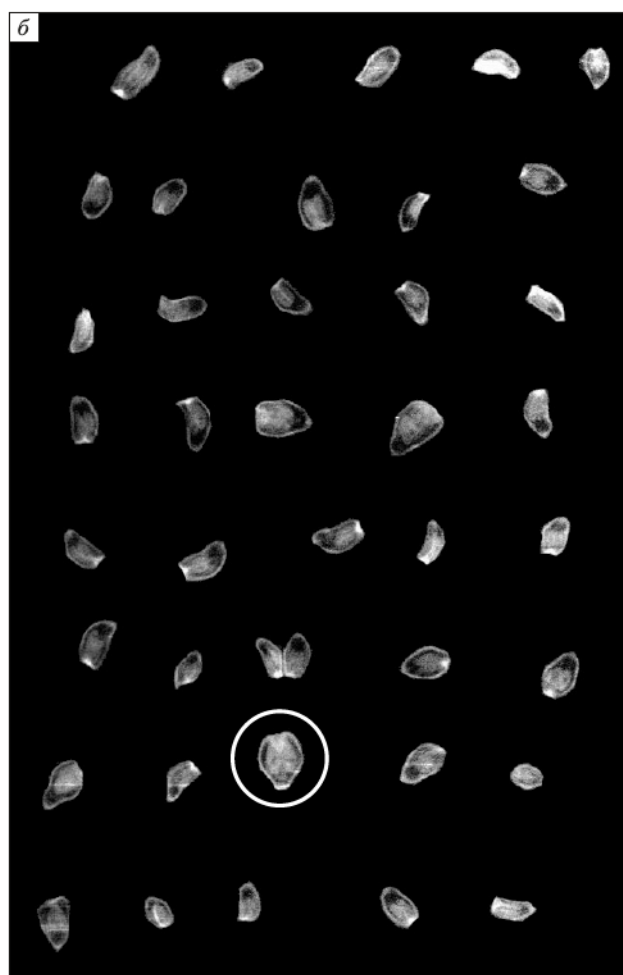
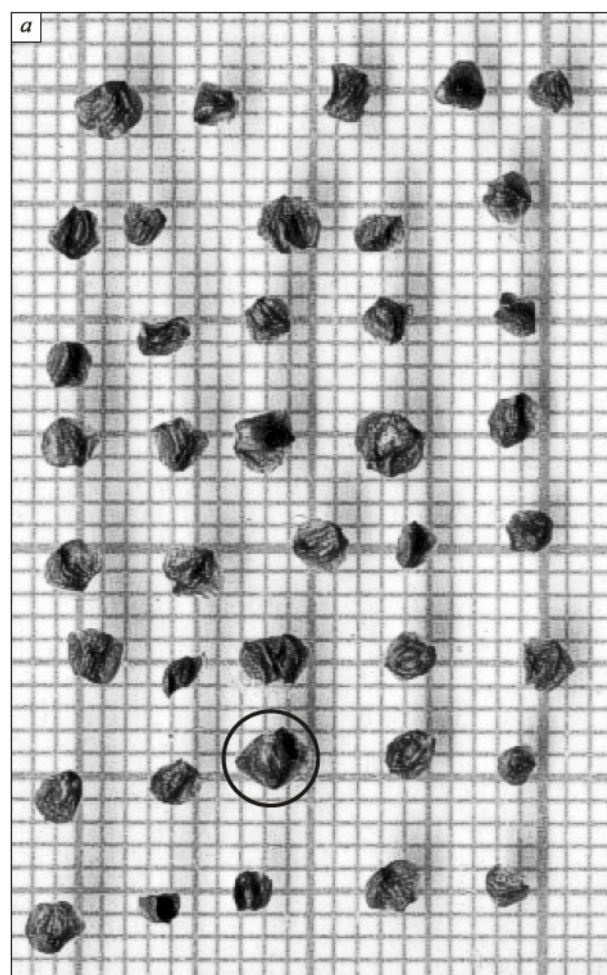
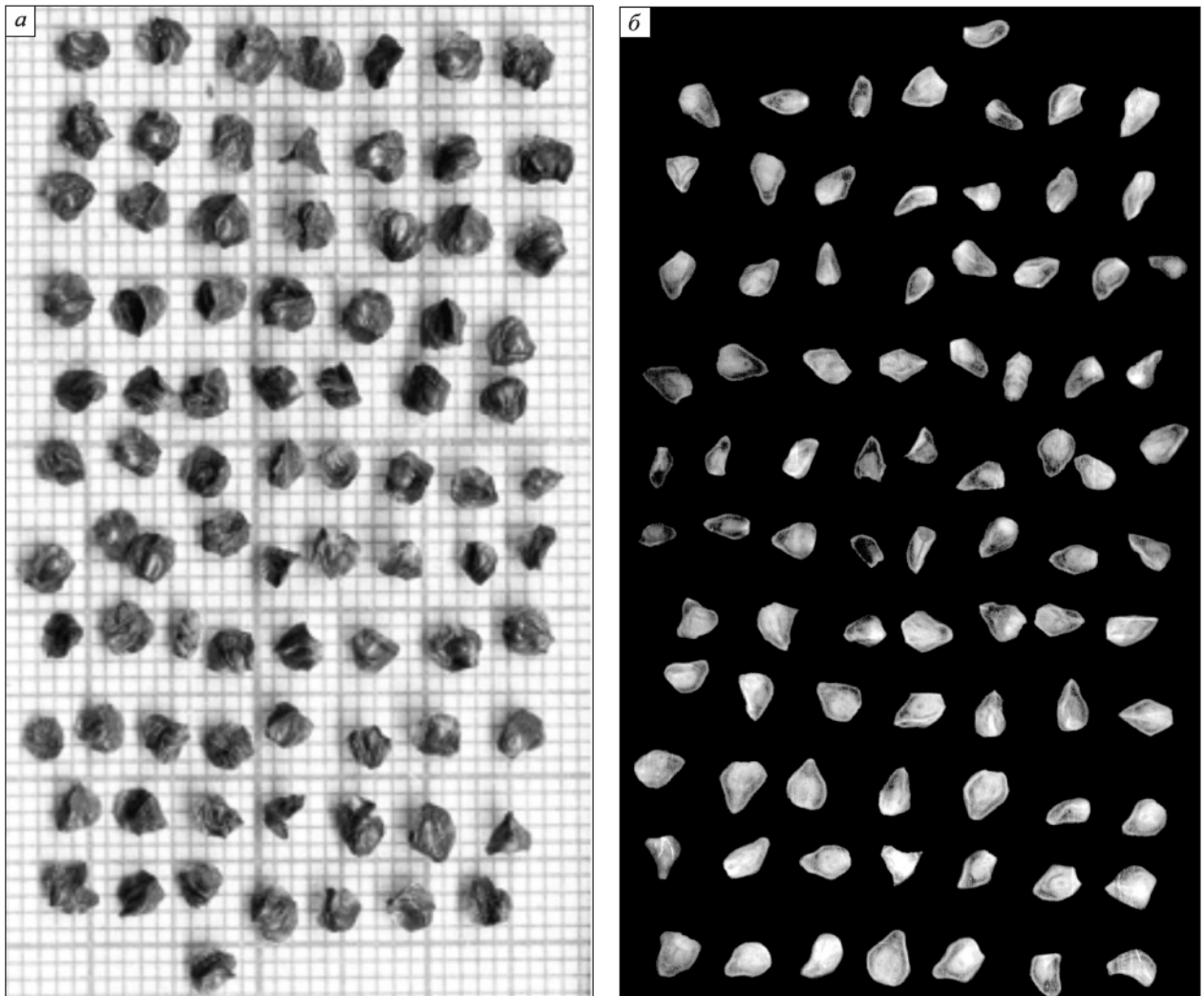


Рис. 5. Семена кипарисовика тупого урожая 2020 г.

Снимок: а – сканированный; б – рентгеновский. В круге выделено проросшее семя.



**Рис. 6.** Семена кипарисовика тупого урожая 2021 г.  
Снимок: *а* – сканированный, *б* – рентгеновский.

и др., 2008, 2010; Фирсов, Ткаченко, 2020; Фирсов, Волчанская, 2021*а, б*). В XXI в. потепление усилилось особенно заметно после 2006 г. До конца календарного года зима в отдельные годы так и не наступила – отсутствовал снежный покров, а некоторые растения продолжали вегетацию. Зима 2006/07 гг. была рекордно короткой и продолжалась лишь 41 день, зато осень длилась почти 5 мес (Фирсов и др., 2008). Декабрь 2006 г. стал самым тёплым в истории (3.0 °C). В 2018 г. (годовая температура 7.0 °C при температуре 4.3 °C во второй половине XX в., которая считалась «нормой современного климата») температурный режим по данным метеостанции «Санкт-Петербург» в целом заметно превышал норму. Март оказался холодным (–4.4 °C). Зато другие 7 мес года стали теплее нормы. Август 2018 г. стал самым тёплым во втором десятилетии XXI в. (19.2 °C), лишь немного уступая августу 1972 г. (19.9 °C) – рекорду за весь период

наблюдений. Самая низкая температура в эту зиму достигла лишь –21.5 °C (1 марта 2018 г.). Год 2019 оказался очень тёплым. Среднегодовая температура воздуха (7.2 °C) лишь на 0.5 °C не достигла рекордного значения (7.7 °C) 2015 г. Зима до конца календарного 2019 г. так и не наступила. Все месяцы холодной части года (ноябрь–март) были с положительной температурой воздуха. Зима 2019/20 гг. оказалась самой тёплой за весь период инструментальных метеорологических наблюдений в Санкт-Петербурге. В ноябре 2019 г. температура воздуха не понижалась ниже –6.6 °C (24 ноября) при среднемесячной положительной температуре (1.9 °C). В декабре среднесуточная температура была отрицательной всего 7 дней, с самой низкой среднесуточной температурой – всего –3.3 °C (29 декабря), а абсолютный минимум за этот месяц достиг лишь –5.2 °C (11 декабря), при том что среднемесячная температура была положитель-



ной (1.8 °C). Предзимье наступило 27 декабря, когда минимальная температура воздуха достигла отрицательных значений (–0.6 °C). В январе 2020 г. только III декада была с отрицательной температурой (–0.1 °C) при среднемесячной температуре 1.5 °C. Это был самый теплый январь, превзошедший январь 1924 г. (–0.4 °C). Самая холодная среднесуточная температура отмечена 27 января 2020 г. (–3.0 °C) при минимальной температуре в этот день лишь –4.8 °C, а ее абсолютно минимальное значение достигло –5.9 °C (6 января). В феврале отмечена самая низкая температура воздуха за зиму 2019/20 гг. –8.9 °C (5 февраля), при среднесуточной температуре в этот день –5.3 °C. С 9 февраля среднесуточная температура стала устойчиво положительной (индикатор наступления весны), а февраль оказался месяцем с положительной температурой воздуха (0.6 °C). Среднегодовая температура воздуха в 2020 г. – самая высокая за период инструментальных метеорологических наблюдений с 1752 г. – 8.3 °C.

Результатом потепления климата в Санкт-Петербурге стало смягчение зимних морозов, значительное увеличение длительности вегетационного периода. Увеличился и безморозный период, что, несомненно, благоприятно для растений. Последние годы, когда у кипарисовика тупого отсутствовали обмерзания, отличаются заметно более высокой теплообеспеченностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представители рода кипарисовик известны в Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН в Санкт-Петербурге с 1870 г., уже более 150 лет. В современной коллекции Ботанического сада выращивается 5 видов и 17 форм рода кипарисовик. Все они имеют жизненную форму дерева, наиболее старые представители этого рода – кипарисовик горохоплодный – датируются 1953 г., он же – самый зимостойкий и образует самосев. Наиболее крупные особи достигают 19.5 м высоты и 38 см диаметра ствола. Сравнение с литературными и архивными данными показывает, что за последние годы и десятилетия на фоне потепления климата произошло значительно увеличение размеров растений. Кипарисовик тупой в Ботаническом саду известен с 1870 г., выращивался в период с 1870 по 1898 и с 1949 по 1977 г. В современной коллекции существует с 2009 г. В возрасте 14 лет представляет собой дерево 1.94 м высотой. В 2018 г.

впервые наблюдалось образование шишек и пыльцы, и, следовательно, семеношение. В 2021 и 2022 гг. получено жизнеспособное семенное потомство.

Рентгеноскопический анализ позволяет выявить в партии семян как выполненные, полнозерные, так и пустые (шуплые). Это дает возможность для посева отбирать выполненные, жизнеспособные семена, имеющие хорошую всхожесть.

При продолжающемся потеплении климата Санкт-Петербурга и более благоприятных условиях перезимовки кипарисовик тупой имеет перспективы для более широкого разведения на Северо-Западе России и внедрения в ассортимент садов и парков города в качестве нового перспективного декоративного вида растений.

Для посадки кипарисовика тупого следует выбирать место, защищенное от холодных ветров, без застойного увлажнения, близких грунтовых вод, но слегка затененное. В летнее время растения следует поливать, особенно это важно для молодых растений, не допуская пересушки их земляного кома. В зимний период во время сильных снегопадов полезно отряхивать растения, чтобы избежать снеголома.

*Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме «Коллекции живых растений Ботанического института им. В. Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)», номер АААА-А18-118032890141-4.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вольф Э. Л. Декоративные кустарники и деревья для садов и парков. Их выбор и культура в разных полосах России. Петроград: Изд-во А. Ф. Девриена, 1915. 461 с.
- Вольф Э. Л. Наблюдения над морозостойкостью деревянистых растений // Тр. бюро по прикл. бот. 1917. Т. 10. № 1. С. 1–146.
- Грязнов А. Ю., Староверов Н. Е., Баталов К. С., Ткаченко К. Г. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества семян // Плодоводство и виноградарство юга России. 2017. Т. 48. № 6. С. 46–55.
- Каталог культивируемых древесных растений России / Ред. колл.: Н. Н. Арнаутков, А. В. Бобров, Ю. Н. Карпун, В. И. Коробов, А. А. Прохоров. Сочи; Петрозаводск, 1999. 173 с.
- Климат Санкт-Петербурга и его изменения / под ред. В. П. Мелешко, А. В. Мещерской, Е. И. Хлебниковой. СПб.: Гл. геофиз. обсерват. им. А. И. Воейкова, 2010. 256 с.
- Латин П. И., Сиднева С. В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуаль-

- ных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М.: Гл. бот. сад АН СССР, 1973. С. 7–67.
- Никольский М. А., Ткаченко К. Г., Грязнов А. Ю., Староверов Н. Е., Халопова Е. Д., Клонов В. А. Рентгеновский сепаратор семян на основе метода съемки с прямым увеличением изображения // Усп. совр. естествозн. 2017. № 10. С. 41–47.
- Орлова Л. В., Фирсов Г. А., Егоров А. А., Неверовский В. Ю. Хвойные Санкт-Петербургской лесотехнической академии (аннотированный каталог). СПб.: СПбГЛТА. 2011. 88 с.
- Связева О. А. Деревья, кустарники и лианы парка Ботанического сада Ботанического института им. В. Л. Комарова (К истории введения в культуру). СПб.: Росток, 2005. 384 с.
- Староверов Н. Е., Грязнов А. Ю., Жамова К. К., Ткаченко К. Г., Фирсов Г. А. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества плодов и семян репродуктивных диаспор // Биотехносфера. 2015. № 6 (42). С. 16–19.
- Ткаченко К. Г., Староверов Н. Е., Грязнов А. Ю. Рентгенографическое изучение качества плодов и семян // Hortus bot. 2018. Т. 13. С. 4–19.
- Фирсов Г. А. Коллекция растений рода *Chamaecyparis* Sprach (Cupressaceae) в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН // Бюл. Гл. бот. сада. 2020. № 4. Вып. 206. С. 9–15.
- Фирсов Г. А., Волчанская А. В. Изменение уровней адаптивности редких видов дендрофлоры России, интродуцированных в Санкт-Петербурге за прошедшие 100 лет // Раст. мир Азиат. России. 2012. № 2 (10). С. 150–153.
- Фирсов Г. А., Волчанская А. В. Древесные растения и климат Санкт-Петербурга в XX веке // Всеобщая история. 2021а. № 1. С. 42–51.
- Фирсов Г. А., Волчанская А. В. Древесные растения в условиях климатических изменений в Санкт-Петербурге. М.: Маска, 2021б. 128 с.
- Фирсов Г. А., Орлова Л. В. Хвойные в Санкт-Петербурге. 2-е изд. СПб.: Изд. дом садовой лит-ры, 2019. 492 с.
- Фирсов Г. А., Орлова Л. В., Волчанская А. В. Аннотированный каталог голосеменных растений парка-дендрария Ботанического сада Петра Великого БИН РАН. СПб.: Первый ИПХ, 2020. 208 с.
- Фирсов Г. А., Ткаченко К. Г. Улучшение репродуктивных возможностей древесных растений в Санкт-Петербурге в условиях потепления климата в начале XXI века // Пространственно-временные аспекты функционирования биосистем: Сб. материалов XVI Междунар. науч. экол. конф., посвящ. памяти А. В. Присного, Белгород, 24–26 ноября 2020 г. Белгород: Белгород, 2020. С. 260–263.
- Фирсов Г. А., Фадеева И. В. Критические зимы в Санкт-Петербурге и их влияние на интродуцированную и местную дендрофлору // Изв. СПбГЛТА. 2009. Вып. 188. С. 100–110.
- Фирсов Г. А., Фадеева И. В. Влияние биоклиматической цикличности на древесные растения в Санкт-Петербурге // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 11. Естеств. науки. 2014. № 2 (8). С. 18–26.
- Фирсов Г. А., Фадеева И. В., Волчанская А. В. Влияние метеорологической аномалии зимы 2006/07 года на древесные растения в Санкт-Петербурге // Лесн. вестн. 2008. № 6. С. 22–27.
- Фирсов Г. А., Фадеева И. В., Волчанская А. В. Фенологическое состояние древесных растений в садах и парках Санкт-Петербурга в связи с изменениями климата // Бот. журн. 2010. Т. 95. № 1. С. 23–37.
- Хмарик А. Г., Бялт В. В., Орлова Л. В., Фирсов Г. А. Современный ассортимент хвойных в садах и парках Санкт-Петербурга // Бюл. Гл. бот. сада. 2018. Вып. 204. № 4. С. 3–16.
- Элайс Т. С. Североамериканские деревья: Определитель. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2014. 959 с.
- Auders A. G., Spicer D. P. Encyclopedia of conifers. A comprehensive guide to cultivars and species. Buchanan, NY, USA: Kingsblue Publ. Ltd., 2013. 1507 p. (V. I. *Abies* to *Picea*. P. 1–779).
- Grimshaw J., Bayton R. New trees: Recent introductions to cultivation. London, UK: Royal Bot. Gardens, Kew, 2010. 992 p.
- Kriissmann G. Manual of cultivated conifers. Portland, OR: Timber Press, 2009. 526 p.
- Rehder A. Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America. Exclusive of the subtropical and warmer temperate regions. Second ed., revised and enlarged. N. Y.: The Macmillan Comp., 1940. 1996 p.
- The Hillier manual of trees and shrubs. 8<sup>th</sup> ed. / J. Hillier, A. Coombes (Eds.). Newton Abbot, UK: David & Charles, 2002. 512 p.
- The Plant List. A working list of all plant species, 2013. <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/G/Cupressaceae/Chamaecyparis/>
- The World Flora Online, 2023. <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000007586>.



## ***Chamaecyparis obtusa* IN PETER THE GREAT BOTANICAL GARDEN**

**G. A. Firsov<sup>1</sup>, K. G. Tkachenko<sup>1</sup>, A. V. Volchanskaya<sup>1</sup>, N. E. Staroverov<sup>2</sup>, A. Yu. Gryaznov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences*

*Professor Popov str., 2, St. Petersburg, 197376 Russian Federation*

<sup>2</sup>*St. Petersburg Electrotechnical University (LETI)*

*Professor Popov str., 5, St. Petersburg, 197376 Russian Federation*

Species of the genus Cypress trees (*Chamaecyparis* Spach), family Cupressaceae – monoecious evergreen trees with a cone-shaped dense crown and aromatic resinous needles. In nature, they grow in East Asia (China, Japan, Taiwan) and North America; ornamental plants suitable for urban gardening and modern urban floristry. These plants look good in single, group and avenue plantings, especially in places with a suitable climate. They give valuable light, fine-grained, fragrant, hard and durable wood. The varietal wealth is so great – only 4 species have produced over 1500 modern cultivars. In culture, many varieties of Japanese selection are known, which have already proven themselves well in other countries. In most cases, cypress trees are suitable in areas with a maritime climate, mild winters and high humidity. Comparison with literature and archival data shows that in recent years and decades, against the background of climate warming, there has been a significant increase in the size of plants. Blunt cypress (*Chamaecyparis obtusa* (Siebold et Zucc.) Endl.), in the Peter the Great Botanical Garden of V. L. Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences has been known since 1870, it grown in the collection in different periods – the first mention from 1870 to 1898, then in the period from 1949 to 1977. It has been included in the modern collection of the arboretum since 2009. At the age of 14, it is a double-trunked tree 1.94 m high, with a trunk of 0.20 m. In 2018, seed production was observed for the first time. In 2021, seed offspring were obtained. Given the ongoing warming of the climate in St. Petersburg and increasingly favorable wintering conditions, blunt cypress has prospects for wider cultivation in the North-West of Russia and introduction into the modern range of gardens and parks in St. Petersburg as a new ornamental plant. For planting blunt cypress, one should choose a place protected from cold winds, without stagnant moisture, near groundwater, but a slightly shaded place is possible. In the summer, plants should be watered, this is especially important for young plants, preventing their earthen coma from drying out. In winter, during heavy snowfalls, it is useful to shake off the plants to avoid snow breakage.

**Keywords:** *blunt cypress, history of introduction, phenology, X-ray analysis, seed quality, St. Petersburg.*

**How to cite:** Firsov G. A., Tkachenko K. G., Volchanskaya A. V., Staroverov N. E., Gryaznov A. Yu. *Chamaecyparis obtusa* in Peter the Great botanical garden // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 3. P. 42–50 (in Russian with English abstract and references).

## НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ

УДК 630.2+581.1

### ЕЛЕНА ГРИГОРЬЕВНА МИНИНА – ВЫДАЮЩИЙСЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ПОЛА И ПОЛОВОЙ РЕПРОДУКЦИИ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ (к 120-летию со дня рождения)

И. Н. Третьякова

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

E-mail: culture@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 21.02.2023 г.

В статье проанализированы научные достижения и наследие известного российского ученого, биолога, физиолога растений – Елены Григорьевны Мининой, в связи со 120-летием со дня рождения (24.04.1903 – 01.04.1989). Будучи выдающимся исследователем во многих сферах репродуктивной биологии и физиологии растений, Е. Г. Минина создала учение об определении пола и половой репродукции у растений и о влиянии фитогормонов на процессы сексуализации. Ход процессов сексуализации она рассматривала как сложную цепь химических превращений, в первую очередь окислительно-восстановительной системы и гормональной регуляции. Елена Григорьевна определила направления исследований в условиях экологического стресса, заложила основы изучения закономерностей морфогенеза, половых трансформаций у древесных растений. Она впервые описала половые трансформации у деревьев сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) с акселерацией репродуктивного цикла. У этих форм проявляются признаки апомиксиса, свойственного процветающим покрытосеменным растениям. Большое внимание в исследованиях Е. Г. Мининой было уделено выяснению роли гравитации в процессах роста, формообразования и семеношения у хвойных растений. Критерием начальной стадии загрязнения атмосферы, по ее мнению, может служить направление роста боковых побегов. Особый интерес проявила она к проблемам эволюционной физиологии и репродуктивной биологии растений, разработав схемы филогенетических взаимоотношений в эволюционном развитии покрытосеменных и голосеменных растений. По мнению Елены Григорьевны, уровень эволюционной продвинутости таксонов и отдельных особей внутри вида проявляется в интенсивности фотосинтеза, углеводно-азотного обмена, биосинтеза гиббереллинов и ростовых процессов. Согласно ее учению, разрабатывается биотехнология соматического эмбриогенеза хвойных видов, при которой соматические клетки в культуре *in vitro* переходят на путь эмбрионального развития, формируя многочисленные эмбрионы и растения с селекционно-значимыми признаками. Приведен список основных научных трудов и перечень диссертаций, защищенных под руководством Е. Г. Мининой.

**Ключевые слова:** Елена Григорьевна Минина, хвойные, пол, половая репродукция, фитогормоны, гравитация.

DOI: 10.15372/SJFS20230307

24 апреля 2023 г. исполняется 120 лет со дня рождения известного ученого-биолога, талантливого педагога, замечательного человека и романтика науки – доктора биологических наук Елены Григорьевны Мининой.

Е. Г. Минина родилась в 1903 г. в г. Красноуфимске Красноуфимского уезда Пермской губернии (в настоящее время – Свердловская

обл.) в семье служащего. В 1922 г. по окончании гимназии она поступила на агрономический факультет Пермского государственного университета, где в то время преподавали выдающиеся русские ученые – физиологи растений проф. Н. А. Максимов и профессор Д. А. Сабинин, благодаря которым Елена Григорьевна получила блестящее биологическое образование.





**Рис. 1.** Елена Григорьевна Минина. 1927 г.

Закончив университет в 1927 г. (рис. 1), Елена Григорьевна обучалась в аспирантуре при Биологическом научно-исследовательском институте Пермского государственного университета по специальности «Физиология растений» под руководством Н. А. Максимова. В 1928 г. она проходила стажировку во Всероссийском институте растениеводства (ВИР) в г. Ленинграде у Н. И. Вавилова, а с 1929 по 1931 г. совмещала учебу в аспирантуре с работой в Научно-исследовательском институте хлопководства в г. Ташкенте.

С 1933 г. в лаборатории физиологии растений Всесоюзного НИИ удобрений и аграрного почвоведения (ВИУАП) Елена Григорьевна начала заниматься минеральным питанием растений под руководством Д. А. Сабинина, который был ее научным наставником и супругом. В 1935 г. без защиты она получила ученую степень кандидата сельскохозяйственных наук за опубликованную работу «Физиологические основы техники внесения удобрений». В последующие годы (1939–1941) Елена Григорьевна работала в Институте генетики АН СССР. В начале Великой Отечественной войны, будучи в эвакуации на Урале, она занимала должность агронома в конторе «Сортсемеовощ». В 1943 г. возвратилась в Москву и поступила в докторантуру Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР, где с 1943 по 1947 г. изучала влияние внешних факторов на признаки пола.

В 1948 г. Елена Григорьевна перешла в лабораторию селекции Института леса АН СССР, где проработала до 1959 г. С того времени Е. Г. Минина посвятила себя изучению физиологиче-

ских вопросов пола и половой репродукции основных лесобразующих видов.

В связи с переводом в 1959 г. Института леса из Москвы в Красноярск, Елена Григорьевна перешла на работу во Всесоюзный НИИ фитопатологии (1959–1963 гг.).

К 1962 г. труды по морфогенезу генеративных почек были обобщены в докторской диссертации «Определение пола древесных». Доказано наличие нескольких сменяющих одна другую фаз развития в морфогенезе генеративных почек и факт контроля их смены внешней средой. Работы имели большую практическую значимость, но Елене Григорьевне пришлось перейти в Институт лесоводства и механизации (ВНИИЛМ, Пушкино), откуда ее уволили как антилысенковку. В дальнейшем она работала в Лаборатории лесоведения АН СССР и во ВНИИ леса и мелиорации (1963–1967 гг.).

В 1968 г. по приглашению академика А. Б. Жукова в возрасте 64 лет Елена Григорьевна переехала из Москвы в Красноярск и поступила на работу в Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, где она работала в должности старшего научного сотрудника лаборатории лесной селекции, семеноводства и акклиматизации до окончания своей научной деятельности в Красноярске, выхода на пенсию и возвращения в Москву в 1976 г. (рис. 2, 3).

Именно в красноярский период ее научной работы сформировалась школа Мининой, свидетельством чему публикации в периодической печати и в особенности фундаментальной монографии «Морфогенез и проявление пола у хвойных» (1979), посвященной сложным процессам индивидуального развития генеративных органов хвойных, ставшей заметным событием в биологии вообще и ботанике в частности. Это единственная в мировой литературе книга, рассматривающая ход развития репродуктивных органов и его влияние на сексуализацию хвойных пород.

Благодаря стойкости Елены Григорьевны, даже во времена репрессий и лысенковщины сохранилась преемственность школ русских физиологов растений Д. Н. Прянишникова и А. С. Фаминцына (последний был учителем А. А. Рихтера и Д. А. Сабинина). Главным для них было видеть жизнь целого растения в условиях окружающей среды, что соответствовало идеям Д. А. Сабинина. Требовалось не только наблюдать все растение с его особенностями, но при необходимости выйти за его пределы, например в почву.



Рис. 2. Елена Григорьевна Минина. Красноярск, 1968 г.

Научное наследие Елены Григорьевны по изучению пола травянистых растений и смещению его под действием факторов внешней среды отражено в ряде публикаций 30–40-х годов и в первой монографии «Смещение пола у растений воздействием факторов внешней среды» (1952), опубликованной под редакцией академика Н. А. Максимова и профессора П. А. Генкеля. В этой книге впервые было показано, что пол растения обусловлен природой самого растения, однако он может сдвигаться под влиянием различных факторов, таких как минеральное питание, водный и газовый режимы, а также

температура, свет и механическое воздействие. В конечном результате изменение пола приводит к повышению урожайности. Ход процессов сексуализации она рассматривала как сложную цепь химических превращений, в первую очередь окислительно-восстановительной системы и гормональной регуляции. Впервые была применена гормональная обработка тканей генеративных почек кабачков, в частности нафтилуксусной кислотой, которая оказала влияние на проявление женского пола, при этом наблюдались активная закладка и дифференциация цветочных почек.

Таким образом, намного опережая свое время, Елена Григорьевна начала исследования в области физиологии фитогормонов и их роли в сексуализации растений. В последующих исследованиях этим вопросам она уделяла первостепенное значение.

В Институте леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР Е. Г. Минина возглавила небольшую физиологическую группу и охватила исследованиями гормональную регуляцию роста и семеношения, роста и геотропизма, а также основала новое направление в исследовании хвойных – использование культуры тканей и органов. Тематика этих исследований – цитофизиология растений, морфогенез вегетативных и генеративных органов, вплоть до полного становления древесного организма, выраженного в его габитусе (форме кроны). Основное внимание Елена Григорьевна по-прежнему уделяла вопросам изучения пола у лесных древесных растений



Рис. 3. Е. Г. Минина в рабочем кабинете Института леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР. Красноярск, 1970 г.



и прежде всего хвойных. В регуляции пола основную роль она отводила фитогормонам, модифицировала применительно к хвойным растениям модель сексуализации Хеслопа – Харрисона, разработанную на покрытосеменных растениях. Согласно ее гипотезе, определение пола растительного организма зависит от взаимодействия ядра и цитоплазмы. Гормоны как неперенные участники генетической регуляции представляют собой основной фактор при проявлении соответствующего характера сексуализации. Способность к заложению и дифференциации примордиев того или иного пола определяется процессами детерминации, при котором гормональные соединения, накапливаясь до пороговой концентрации, обеспечивают феминизацию или маскулинизацию тканей. Детерминационный период для женской сексуализации протекает при высокой концентрации ауксинов, мужской – гиббереллинов.

Развитию генеративных органов и сексуализации у хвойных растений в связи с изменением содержания в них фитогормонов и ингибиторов роста были посвящены ряд статей и монографии. На основе этих представлений Е. Г. Минина оценила возможность применения регуляторов роста для управления проявлением пола. Воздействие гиббереллинами вызывало ускорение перехода у пихты сибирской от вегетативного состояния к репродуктивному и смещение признаков пола в мужскую сторону, а при обработке ауксинами – в женскую.

Под гормональным контролем происходит и развитие женских шишек: морфогенез и формирование эмбриологических структур определяются различным содержанием фитогормонов и ингибиторов роста, а также обменом нуклеиновых кислот. При сопоставлении морфогенеза и свойств женской шишки у голосеменных и цветка покрытосеменных растений отмечена общая черта в их развитии – локализация в апексе побега, имеющего признаки женской сексуализации, но женские шишки характеризуются замедленностью развития и роста по сравнению с покрытосеменными. Елена Григорьевна предположила, что возникновение аномалий в развитии женских шишек по однолетнему циклу у уникальных особей сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Roi) представляет собой проявление апомиксиса, который до сих пор у хвойных не обнаружен, исходя из интенсивного гормонального, углеводно-азотного и энергетического обмена в них аналогичного апомиктам покрытосеменных растений.

Другая область интересов Е. Г. Мининой заключалась в выяснении роли гравитации в процессах роста, формообразования и семеношения у хвойных растений. Влияние силы тяжести на древесные проявляется в форме, нередко различающейся у особей разной сексуализации. Форма кроны отражает степень апикального доминирования и направление роста ветвей, определяющее угол отхождения их от ствола, т. е. плагиотропизм боковых ветвей. Черты внутренних закономерностей, которые определяют достаточно устойчивый габитус дерева даже при возрастных изменениях, были изложены в книге «Геотропизм и пол у хвойных», опубликованной в 1983 г. под редакцией члена-корреспондента АН СССР Ф. Э. Реймерса.

На основании накопленного опыта, в последние годы жизни Еленой Григорьевной высказано предположение о том, что критерием начальной стадии загрязнения атмосферы может быть направление роста боковых побегов. Ветви деревьев, пригибающиеся к земле, т. е. ветви с резко выраженным геотропическим положительным ростом, могут свидетельствовать об ослаблении адаптации особей к загрязнению среды. Проявление реакции на загрязнение атмосферы неодинаково у разных видов и даже отдельных особей. Не исключено, что различная чувствительность отдельных растений к действию гравитации является как раз тем решающим внутренним фактором, от которого зависит адаптация организма к конкретным условиям среды.

После выхода на пенсию в 1976 г. Е. Г. Минина не оставила научную работу, писала критические обзоры и обоснования для решения многих сложных вопросов пола и его регуляции. Особый интерес она проявляла к проблемам эволюционной физиологии и репродуктивной биологии растений, приводила схемы филогенетических взаимоотношений в эволюционном развитии покрытосеменных и голосеменных растений. Уровень эволюционной продвинутости таксонов и отдельных особей внутри вида, по ее мнению, проявляется в интенсивности фотосинтеза, углеводно-азотного обмена, биосинтеза гиббереллинов и ростовых процессов. Например, эволюционно прогрессивными она считала особи сосны обыкновенной с узкопирамидальной формой кроны, у которых интенсивно протекает жизнедеятельность вегетативной сферы, что проявляется в высокой скорости ростовых процессов и нарушениях полового про-

цесса. Другой пример эволюционной прогрессивности она находила у кедра сибирского, для которого характерно бессемянное размножение с признаками апомиксиса, свойственного процветающим покрытосеменным растениям. Такие формы сосны, возникающие в естественных древостоях, были оценены как мутантные, способные дать материал для эволюции.

На основании учения В. И. Вернадского, согласно которому эволюция органического мира прогрессирует на уровне закономерностей, слагающихся в биосфере под влиянием космических факторов, Елена Григорьевна особое внимание уделяла гравитации, которая не остается в течение тысячелетий постоянной, а неизменно варьирует в связи с изменениями на галактической орбите, что, по ее мнению, оказывает влияние на эволюцию организмов.

Е. Г. Минина подготовила десять кандидатов и докторов наук, ее ученики продолжают работать в научных центрах Москвы, Красноярска, Петрозаводска, Риги, Иркутска. Она была одаренным от природы Учителем, никогда не повышавшим голоса, очень добрым и в то же время требовательным человеком поразительной честности, обладающим научной смелостью.

Будучи выдающимся ученым во многих сферах репродуктивной биологии и физиологии растений, она определила направления исследований в условиях экологического стресса, заложила основы изучения закономерностей морфогенеза, половых трансформаций у древесных растений, микроклонального размножения хвойных в культуре *in vitro*. На основании учения Елены Григорьевны, ее ученики разработали биотехнологию соматического эмбриогенеза хвойных видов, при которой соматические клетки в культуре *in vitro* переходят на путь эмбрионального развития, формируя многочисленные эмбрионы и растения с селекционно-значимыми признаками.

Е. Г. Минина скончалась 1 апреля 1989 г. в возрасте 85 лет в Москве, где и была похоронена.

Елена Григорьевна остается для нас не только классиком, но и замечательным примером верного служения науке.

## ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ Е. Г. МИНИНОЙ (1987–1935 гг.)

Минина Е. Г., Третьякова И. Н. Значение фитогормонов для образования женских стробиллов в поле гравитации у пихты сибирской (*Abies sibirica*) // Физиол. раст. 1987. Т. 26. Вып. 5. С. 1957–1961.

Минина Е. Г., Ларионова Н. Л., Третьякова И. Н. Гравитационные адаптации у лесных древесных растений // Журн. общ. биол. 1984. Т. 45. С. 687–693.

Минина Е. Г., Третьякова И. Н. Геотропизм и пол у хвойных. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. 198 с.

Минина Е. Г., Третьякова И. Н. Об аномалиях женских шишек пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) // Бот. журн. 1981. Т. 6. № 1. С. 101–108.

Минина Е. Г., Третьякова И. Н., Ларионова Н. А., Кудашова Ф. Н., Осетрова Г. В. Изучение геотропической чувствительности и пола у узкопирамидальной *Pinus sylvestris* L // Физиол. раст. 1981. Т. 28. Вып. 1. С. 206–209.

Минина Е. Г., Ларионова Н. А. Морфогенез и проявление пола у хвойных. М.: Наука, 1979. 216 с.

Голомазова Г. М., Минина Е. Г., Шемберг М. А. Интенсивность фотосинтеза узкокронных и ширококронных форм *Pinus sylvestris* L. // Физиол. раст. 1978. Т. 2. № 1. С. 85–90.

Минина Е. Г., Ларионова Н. А. Строение и физиологические особенности аномальных женских шишек *Pinus sibirica* Du Tour // Бот. журн. 1976. Т. 61. № 4. С. 526–533.

Минина Е. Г., Муратов Ю. М., Беляев В. В. Гиббереллоподобные вещества в естественно растущих и индуцируемых побегах пихты сибирской // Физиол. раст. 1976. Т. 23. Вып. 1. С. 197–199.

Минина Е. Г. Пол у сосны обыкновенной // Вопросы физиологии половой репродукции хвойных: Сб. ст. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1975. Т. 1. С. 68–89.

Минина Е. Г. Геотропические свойства и сексуализация побегов как фактор формирования кроны у хвойных // Лесоведение. 1974. № 1 С. 13–20.

Минина Е. Г., Муратов Ю. М. Геотропические движения как первичный фактор формирования кроны у лесных пород // Изменчивость древесных растений Сибири: Сб. ст., посвящ. 75-летию со дня рожд. Л. Ф. Правдина. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1974. С. 133–157.

Минина Е. Г., Беляев В. В. Изучение ростовых веществ в связи с дорзовентральностью и сексуализацией побегов у пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) // Физиол. раст. 1973. Т. 19. Вып. 3. С. 658.

Минина Е. Г. К вопросу о морфогенезе кедра сибирского // Лесоведение. 1971. № 4. С. 27–36.

Минина Е. Г. Значение природных ростовых гормонов в регуляции генеративного развития лесных пород // Вопросы лесоведения: Сб. ст. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1970. Т. 1. С. 311–324.

Минина Е. Г. Значение смещения пола для селекции. О связях гетерозиса и полиплоидии с сексуализацией // Журн. общ. биол. 1965. Т. 26. № 4. С. 416–426.

Минина Е. Г., Черных Е. С. Ростовые изменения в почках двудомных растений ивы *Salix acutifolia* L. // Бюл. МОИП. 1963. Т. 68. № 5. С. 51–58.

Минина Е. Г. Определение пола древесных растений: дис. ... д-ра биол. наук. М.: Лаб. лесовед. АН СССР, 1962. 450 с.

Минина Е. Г. О жизнедеятельности почек в связи с сексуализацией у лесных древесных растений // Бот. журн. 1962. Т. 47. № 7. С. 938–944.



- Минина Е. Г. Определение пола у лесных древесных растений // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1960. Т. 47. С. 76–161.
- Минина Е. Г. Биологические основы цветения и плодоношения дуба // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1954. Т. 17. С. 5–97.
- Минина Е. Г., Полозова Л. Я. Условия женской сексуализации почек дуба // Докл. АН СССР. 1952. Т. 86. Вып. 1. С. 189–192.
- Минина Е. Г. Смещение пола у растений воздействием факторов внешней среды. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 157 с.
- Минина Е. Г. Развитие цветочных почек дуба // Журн. общ. биол. 1951. Т. 12. Вып. 1. С. 50–54.
- Минина Е. Г. Значение возраста для определения пола растений // Докл. АН СССР. 1949. Т. 69. С. 93–96.
- Минина Е. Г., Кушиниренко С. В. Роль листьев в сексуализации растений // Докл. АН СССР. 1949. Т. 64. С. 261–263.
- Минина Е. Г., Тылкина Л. М. Физиологическое изучение действия газов на сексуализацию растений // Докл. АН СССР. 1947. Т. 55. С. 169–172.
- Минина Е. Г. О фенотипических изменениях признаков пола у высших растений под влиянием изменений условий питания и других внешних воздействий // Докл. АН СССР. 1938. Т. 21. № 6. С. 302–305.
- Minina E. G. Physiologische Grundlagen der Technik der Einbringung von Düngemitteln // Z. Pflanzenemehr., Düng. Bodenk. 1935. Bd. 40. S. 1–8.

**ДИССЕРТАЦИИ, ВЫПОЛНЕННЫЕ  
ПОД РУКОВОДСТВОМ Е. Г. МИНИНОЙ  
И ЗАЩИЩЕННЫЕ  
В ДИССЕРТАЦИОННОМ СОВЕТЕ  
ИНСТИТУТА ЛЕСА И ДРЕВЕСИНЫ  
ИМ. В. Н. СУКАЧЕВА АН СССР  
(1992–1974 гг.)**

- Скрипаченко Валентина Васильевна. Культивирование *in vitro* тканей хвойных Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 03.00.05 – Ботаника. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1992. 22 с.
- Бахалдина Нина Васильевна. Сексуализация и регуляторы роста лесных древесных растений: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 – Ботаника. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1986. 16 с.
- Третьякова Ираида Николаевна. Цитофизиологическое изучение показателей роста и геотропизма проростков некоторых хвойных: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 – Ботаника. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1974. 28 с.
- Ларионова Наталья Аркадиевна. Изменчивость некоторых признаков кедрового сибирского (*Pinus sibirica* (Rupr) Mayr) и эндогенные регуляторы роста: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 – Ботаника. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1974. 24 с.

## ELENA GRIGOR'EVNA MININA – OUTSTANDING RESEARCHER OF SEX AND SEXUAL REPRODUCTION OF FOREST TREE SPECIES (to 120 years of birthday)

I. N. Tret'yakova

*V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch,  
Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

---

E-mail: culture@ksc.krasn.ru

Article analyzes scientific achievements and heritage of Elena Grigor'evna Minina – famous Russian scientist, biologist, plant physiologist (24.04.1903 – 01.04.1989). Being an outstanding researcher in many fields of reproductive biology and plant physiology, E. G. Minina created the doctrine of sex determination and sexual reproduction in plants and the influence of phytohormones on the processes of sexualization. She considered the course of the processes of sexualization as a complex chain of chemical transformations, primarily the redox system and hormonal regulation. Elena Grigor'evna determined the directions of the studies under environmental stress, laid the foundations for studying the patterns of morphogenesis, sexual transformations in woody plants. She was the first to describe sexual transformations in the Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) trees with acceleration of the reproductive cycle. These forms show signs of apomixis, characteristic of thriving angiosperms. Much attention in Elena Grigor'evna's research was paid to elucidating the role of gravity in the processes of growth, formation and seed-bearing in coniferous plants. The criterion of the initial stage of atmospheric pollution, in her opinion, may be the direction of growth of lateral shoots. She is particularly interested in the problems of evolutionary physiology and reproductive biology of plants, provides schemes of phylogenetic relationships in the evolutionary development of angiosperms and gymnosperms. The level of evolutionary advancement of taxa and individuals within the species, in her opinion, is manifested in the intensity of photosynthesis, carbohydrate-nitrogen metabolism, biosynthesis of gibberellins and growth processes. According to Elena Grigor'evna's teaching, a biotechnology of somatic embryogenesis of coniferous species is being developed, in which somatic cells in *in vitro* culture switch to the path of embryonic development, forming numerous embryos and plants with selectively significant traits. The list of the main scientific publications and the list of dissertations defended under his supervision is given.

**Keywords:** *Elena Grigor'evna Minina, conifers, sex, sexual reproduction, phytohormones, gravity.*

**How to cite:** Tret'yakova I. N. Elena Grigor'evna Minina – outstanding researcher of sex and sexual reproduction of forest tree species (to 120 years of birthday) // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 3. P. 51–57 (in Russian with English abstract and references).



## CONTENTS

### METHODS OF THE STUDIES

|                                                                                                  |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <i>A. V. Sofronova, A. V. Volokitina</i><br>Pyrological Expertise of Oil and Gas Complexes ..... | 3 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

### RESEARCH ARTICLES

|                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>A. I. Petrov, S. V. Zalesov, V. S. Kotova</i><br>An Efficiency of Creation of Scots Pine Forest Crops on Dredge Dumps .....                                                                                                | 15 |
| <i>Z. Z. Rakhmatullin, A. Sh. Timer'yanov, I. R. Rakhmatullina, G. E. Odintsov, A. K. Gabdelkhakov</i><br>Dynamics of the Tree Species' Change in the Field-Protective Forest Belts<br>of the Republic of Bashkortostan ..... | 21 |
| <i>S. S. Makarov, A. M. Antonov, Yu. V. Alexandrova, O. P. Lebedeva, I. B. Kuznetsova</i><br>Adaptation of Triploid Aspen to <i>ex vitro</i> Conditions Using a Hydroponic System .....                                       | 27 |
| <i>N. F. Chernousova</i><br>Species Composition and Diversity of Micromammals Communities in Forest Park Zone<br>of Yekaterinburg with Transformation of Forest Plant Community .....                                         | 34 |
| <i>G. A. Firsov, K. G. Tkachenko, A. V. Volchanskaya, N. E. Staroverov, A. Yu. Gryaznov</i><br><i>Chamaecyparis obtusa</i> in Peter the Great Botanical Garden .....                                                          | 42 |

### SCIENTIFIC HERITAGE

|                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>I. N. Tret'yakova</i><br>Elena Grigor'evna Minina – Outstanding Researcher of Sex and Sexual Reproduction<br>of Forest Tree Species (To 120 Years of Birthday) ..... | 51 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## СОДЕРЖАНИЕ

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

*А. В. Софронова А. В. Волокитина*

|                                                         |   |
|---------------------------------------------------------|---|
| Пирологическая экспертиза нефтегазовых комплексов ..... | 3 |
|---------------------------------------------------------|---|

### ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ СТАТЬИ

*А. И. Петров, С. В. Залесов, В. С. Котова*

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной на дражных отвалах ..... | 15 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|

*З. З. Рахматуллин, А. Ш. Тимерьянов, И. Р. Рахматуллина, Г. Е. Одинцов, А. К. Габделхаков*

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Динамика смены пород в полезащитных лесных полосах Республики Башкортостан ..... | 21 |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|

*С. С. Макаров, А. М. Антонов, Ю. В. Александрова, О. П. Лебедева, И. Б. Кузнецова*

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Адаптация триплоидной осины к условиям <i>ex vitro</i> с применением гидропонной установки ..... | 27 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*Н. Ф. Черноусова*

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Видовой состав и разнообразие сообществ микромаммалий в лесопарковой зоне Екатеринбурга при трансформации лесорастительного сообщества ..... | 34 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*Г. А. Фирсов, К. Г. Ткаченко, А. В. Волчанская, Н. Е. Староверов, А. Ю. Грязнов*

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Кипарисовик тупой в Ботаническом саду Петра Великого ..... | 42 |
|------------------------------------------------------------|----|

### НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ

*И. Н. Третьякова*

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Елена Григорьевна Минина – выдающийся исследователь пола и половой репродукции лесных древесных видов (к 120-летию со дня рождения) ..... | 51 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|