

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

ISSN 2311-1410

Сибирский лесной журнал

Номер 5
Сентябрь–Октябрь 2023



Издательство СО РАН
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 5 September–October 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. Kharuk (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. Usoltsev (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

Scientific Editor for this Issue of the Journal

Yury N. Baranchikov

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

№ 5 2023 Сентябрь–Октябрь

Научный журнал. Издаётся 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. Вей (Канада), В. И. Воронин (РФ),
С. Н. Горошкевич (РФ), И. Д. Гродницкая (РФ), А. Н. Громцев (РФ), Г. Гуггенбергер (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. Шапченкова (РФ), А. З. Швиденко (РФ, Австрия), О. В. Шергина (РФ), А. С. Шишкин (РФ), С. Д. Шлотгауэр (РФ),
К. Шмуллиус (Германия), Д. Г. Щепаченко (РФ, Австрия), С. Юбанкс (США), В. Т. Ярмишко (РФ)

Научный редактор номера
Ю. Н. Баранчиков

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
Интернет-сайт: сибирскийлеснойжурнал.рф, 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: Ulrichweb: 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: sibirskiiylesnoyjournal.rf, 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 25.09.2023. Выход в свет 31.10.2023. Бумага типографская. Формат 60 × 84 1/8

Усл. печ. л. 13.0. Уч.-изд. л. 11.6. Тираж 100 экз. Заказ № 245. 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; <http://www.sibran.ru>

ПРЕДИСЛОВИЕ НАУЧНОГО РЕДАКТОРА НОМЕРА

УДК 630*271

ДЛЯ ЧЕГО НАМ ДЕНДРАРИИ?

Ю. Н. Баранчиков

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

Поступила в редакцию 11.08.2023 г.

E-mail: baranchikov_yuri@yahoo.com

Представлен краткий обзор содержания статей тематического номера «Сибирского лесного журнала» № 5 2023 г., посвященного исследованиям в дендрологических парках и ботанических садах.

Ключевые слова: *Сибирский лесной журнал, 2023, № 5, дендрологические парки, ботанические сады, краткий редакторский обзор содержания тематического номера.*

DOI: 10.15372/SJFS20230501

Настоящий номер журнала посвящен исследованиям в особо охраняемых природных территориях (далее ООПТ) – дендрологических парках и ботанических садах, статус которых определен Федеральным законом № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (1995). Эти ООПТ служат базой для изучения систематики и таксономии растений, их экологии, фенологических отклонений при изменении климата, физиологии растений и их взаимоотношений с консументами, генетических изменений при вынужденной изоляции. Они являются своеобразными банками генетического материала, а также играют огромную роль в процессе природоохранного образования населения (Chen, Sun, 2018).

Одну из первых статей номера А. В. Пименов и соавторы посвятили почти полувековой истории одной из дендрологических коллекций г. Красноярска – дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева (ИЛ) СО РАН в Академгородке. Представлен первый обзор его таксономического богатства и множества направлений научных исследований, ведущихся на основе этой уникальной коллекции. Фотографии ландшафтных групп в коллекции хвойных дендрария позволяют читателю понять усилия сотрудников института и городской общественности по сохра-

нению этого участка дендрария от «градостроительных» поползновений местных чиновников.

Преодолению «человеческого фактора» в деле сохранения древесных растений на ООПТ посвящена статья Ю. И. Гниненко и Н. В. Ширяевой. На ряде ярких примеров авторы обсуждают законодательную коллизию, когда появившийся на территории ООПТ фитофаг-вредитель становится охраняемым обитателем просто по факту его здесь присутствия. Рассмотрены некоторые аспекты сложившейся ситуации и обсуждаются возможные пути разрешения проблемы защиты ООПТ от новых вселенцев.

Богато иллюстрированная статья Т. С. Седельниковой и соавторов подводит итог многолетним исследованиям по кариологии хвойных из семейств Pinaceae и Cupressaceae, произрастающих в дендрариях, парках, ботанических садах различных стран. Отмечаются вызванная адаптацией к новым условиям повышенная вариабельность числа хромосом (миксоплоидия), изменение морфологии хромосом, увеличение числа нуклеоларных локусов в хромосомах, появление добавочных хромосом, высокая встречаемость и широкий спектр хромосомных аномалий. Эти изменения могут вызывать повышение фенотипического и генетического разнообразия, что необходимо учитывать при интро-

дукции и проведении мероприятий по селекции различных видов хвойных.

Классическое направление работы дендрариев по интродукции и акклиматизации растений представлено в работе М. И. Седаевой на примере форзии *Forsythia ovata* Nakai и ясеней *Fraxinus mandshurica* Rupr. и *F. pennsylvanica* Marshall. в дендрарии ИЛ СО РАН. Автор приходит к заключению, что посадочный материал этих высокодекоративных видов из семян местной репродукции может быть широко использован в зеленом строительстве в Красноярске.

Во втором десятилетии текущего века появилась и стала крайне востребованной концепция «деревьев-стражников» (sentinel trees/plantings) (Britton et al., 2010). Суть идеи проста и привлекательна: использовать высаженные на континенте А деревья родом с континента Б в качестве своеобразных «ловушек» для аборигенных насекомых и патогенов с целью выявления потенциальных инвазивных вредителей для континента Б (Eschen et al., 2019). Интерес к идее проявили и международные организации по защите и карантину растений (ЕРРО, 2020). Первые (и пока единственные нам известные) попытки создать подобные плантации с необходимыми для дальнейшего количественного анализа повторностями хотя и дали многообещающие результаты (Roques et al., 2015; Vettraino et al., 2015), но одновременно продемонстрировали серьезные, в основном организационные недостатки в реализации концепции. Подобные проекты дорогостоящие и для страны-хозяина плантации несут чисто альтруистический характер, если не являются частью широкой международной сети. Своеобразной альтернативой созданию плантаций деревьев-стражников служат в настоящее время уже имеющиеся во многих странах коллекции интродуцированных древесных растений в ботанических садах и дендрариях. Хотя полученные с их помощью данные и не пригодны для последующего строго количественного анализа, как показала практика, они могут служить для раннего выявления потенциальных инвайдеров (Barham, 2016). Многие ботанические сады и арборетумы Европы и Америки объединились в международную сеть International Plant Sentinel Network (Barham et al., 2016). Ряд статей настоящего выпуска журнала демонстрируют наличие подобных исследований и в России.

Н. Н. Карпун с соавторами, работая на территории дендрологического парка «Южные культуры» в Сочи, выявили круг потенциальных

кормовых растений златки – *Lamprodila festiva* (L.) и цикадки – *Metcalfa pruinosa* (Say).

Н. И. Кириченко и Ю. Н. Баранчиков в дендрариях Новосибирска и Красноярска обнаружили следы питания на кленах нового для Сибири вида серпокрылой моли – *Ypsolopha chazariella* (Mann). При этом показано, что разные виды кленов-интродуцентов повреждаются гусеницами в разной степени.

Немаловажную роль коллекции древесных видов также могут играть и в выявлении факторов устойчивости пород к поражению вредителями или патогенами. Удачным примером может послужить выявленная Н. В. Астраханцевой и соавторами сопряженность ряда особенностей строения коры видов пихт в Главном ботаническом саду РАН (Москва) с их заселением короедом-инвайдером – уссурийским полиграфом – *Polygraphus proximus* Blandford. Вторичный ареал этого восточноазиатского вида занимает в настоящее время огромную площадь от Бурятии до Московской области (Кривец и др., 2015; Kerchev et al., 2023). Однако, как свидетельствует анализ ситуации в атакованной пришельцем коллекции пихт в ГБС РАН (Серая и др., 2014; Баранчиков и др., 2015), вероятность его заселения местных пихт в Центральной Европе и на Кавказе мала. Произрастающие там пихты секции *Abies* (*A. alba* Mill. и *A. nordmanniana* (Steven) Spach.) оказались устойчивы к заселению как полиграфом, так и его ассоциантом – фитопатогенным грибом *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka et Masuya) Mas. et Yamaoka (Баранчиков и др., 2018). Н. В. Астраханцева и другие выявили ряд морфологических особенностей, лежащих в основе конституционной устойчивости этих видов пихт.

Факторы конституционной устойчивости – важный, но далеко не самый действенный из механизмов устойчивости хвойных (Franceschi et al., 2005; Eyles et al., 2010). В кратком письме в редакцию Н. В. Пашенова с соавторами акцентируют внимание на таком малоизученном факторе индуцированной устойчивости, как повышение иммунитета дерева после нелетального заражения грибными патогенами. Выявление механизмов неспецифической реакции древесного организма на фитопатоген и разработка технологии искусственной иммунизации древесного растения – перспективное направление защиты древесных растений.

Имеются многочисленные примеры возможных негативных последствий внесения в коллекции древесных растений пород-интродуцентов. Одним из них служит тенденция ряда видов-

пришельцев к «разбеганию» из ботсадов и дендрариев (Galbraith, Cavallin, 2021; Vinogradova et al., 2021). Так, более половины из 34 видов растений, перечисленных в списке International Union for Conservation of Nature из 100 наиболее вредоносных организмов-инвайдеров мира, были распространены именно благодаря ботаническим садам (Hulme, 2011).

Инвазионной активности растений-интродуцентов из дендрологической коллекции Ботанического сада УрО РАН посвящена статья А. С. Третьяковой с соавторами. Выявлено, что за более чем 70-летнюю историю сада к самовозобновлению перешел лишь 61 вид (16 % от числа видов-интродуцентов). При этом максимальную инвазионную активность проявили всего 9 видов древесных растений из родов клен (*Acer* L.), барбарис (*Berberis* L.), лещина (*Corylus* L.), кизильник (*Cotoneaster* Medik.), орех (*Juglans* L.), яблоня (*Malus* P. Mill.), дуб (*Quercus* L.) и смородина (*Ribes* L.)

Растения-интродуценты своим фитогенным полем могут существенно модифицировать видовой состав живого напочвенного покрова. Подобные видоспецифичные изменения у 6 видов интродуцентов в дендрарии ИЛ СО РАН описали в своей статье И. А. Гончарова и М. А. Кириенко.

Относительно защищенные от непосредственного воздействия антропогенного фактора сосны дендрария ИЛ СО РАН послужили контролем в работе Ю. В. Кладько и соавторов. Авторами установлено, что техногенное загрязнение места произрастания модифицирует отклик сосны обыкновенной на климатические сигналы, под влиянием загрязнения происходит уменьшение вариабельности ширины годичных колец деревьев.

Заключает номер рецензия на вышедший в издательстве Springer в начале 2023 г. первый том двухтомного пособия «Forest entomology and pathology».

В сетевом издании журнала представлены статья А. В. Лебедева к 90-летию юбилею В. В. Кузьмичева и статья Ю. Н. Баранчикова, посвященная памяти кандидата биологических наук, старшего научного сотрудника ИЛ СО РАН Т. А. Вшивковой (1942–2022 гг.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баранчиков Ю. Н., Бибин А. Р., Демидко Д. А., Ефременко А. А., Пашенова Н. В., Перцовая А. А., Серая Л. Г. Предварительная оценка устойчивости видов пихт к компонентам инвазийного энтомо-микологического комплекса // X чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах. СПб.: СПбГЛТУ, 2018. Т. 2: Фитопатогенные грибы, вопросы патологии и защиты леса. Материалы междунар. конф., Санкт-Петербург, 22–25 окт. 2018 г. С. 4.
- Баранчиков Ю. Н., Пашенова Н. В., Серая Л. Г. Ботанические сады и концепция «деревьев-стражников»: экспериментальная оценка угрозы дальневосточных вредителей и патогенов для европейских видов пихт и ясеней // Современные системы и методы фитосанитарной экспертизы и управления защитой растений: Материалы Междунар. конф. с элементами науч. школы для молодых ученых, аспирантов и студентов, Большие Вяземы, 24–27 ноября 2015 г. Большие Вяземы: Всерос. НИИ фитопатологии, 2015. С. 194–200.
- Кривец С. А., Керчев И. А., Бисирова Э. М., Демидко Д. А., Петько В. М., Баранчиков Ю. Н. Распространение уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Сибири // Изв. СПбЛТА. 2015. Вып. 211. С. 33–45.
- Серая Л. Г., Пашенова Н. В., Мухина Л. Н., Дымович А. В., Александрова М. С., Баранчиков Ю. Н. Повреждаемость видов рода *Abies* Mill. в коллекции Главного ботанического сада РАН уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus* Bland. и его грибными ассоциантами // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участ., посв. 70-летию созд. Ин-та леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, 16–19 сент. 2014 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 652–655.
- Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 № 33-ФЗ (последняя редакция). Принят Государственной Думой 15 февраля 1995 г. М.: Гос. Дума РФ, 1995.
- Barham E. The unique role of sentinel trees, botanic gardens and arboreta in safeguarding global plant health // Plant Biosystems. 2016. V. 150. Iss. 3. P. 377–380.
- Barham E., Sharrock S., Lane C., Baker R. The International Plant Sentinel Network: a tool for regional and national plant protection organizations // EPPO Bull. 2016. V. 46. Iss. 1. P. 156–162.
- Britton K. O., White P., Kramer A., Hudler G. A new approach to stopping the spread of invasive insects and pathogens: early detection and rapid response via a global network of sentinel plantings // New Zeal. J. For. Sci. 2010. V. 40. P. 109–114.
- Chen G., Sun W. The role of botanical gardens in scientific research, conservation, and citizen science // Plant Diversity. 2018. V. 40. Iss. 4. P. 181–188.
- EPPO. PM 3/91(1) Sentinel woody plants: concepts and application // EPPO Bull. 2020. V. 50. Iss. 3. P. 429–436.
- Eschen R., O'Hanlon R., Santini A., Vannini A., Roques A., Kirichenko N. Safeguarding global plant health: the rise of sentinels // J. Pest Sci. 2019. V. 92 (Suppl.). P. 29–36.
- Eyles A., Bonello P., Ganley R., Mohammed C. Induced resistance to pests and pathogens in trees // New Phytol. 2010. V. 185. Iss. 4. P. 893–908.
- Franceschi V. R., Krokene P., Christiansen E., Krekling T. Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetles and other pests // New Phytol. 2005. V. 167. Iss. 2. P. 353–376.

- Galbraith D. A., Cavallin N. Botanical gardens and the global challenge of invasive species // *Invasive alien species: Observations and issues from around the world* / T. Pullaiah, M. R. Ielmini (Eds). Wiley, 2021. V. 4. P. 43–56.
- Hulme P. E. Addressing the threat to biodiversity from botanical gardens // *Trends Ecol. Evol.* 2011. V. 26. Iss. 4. P. 168–174.
- Kerchev I., Bykov R., Ilinsky Y. Expansion of the secondary range of *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera; Curculionidae, Scolytinae): invasion of Khamar-Daban mountains (Republic of Buryatia) // *Acta Biol. Sib.* 2023. V. 9. P. 1–11.
- Roques A., Fan J. T., Courtial B., Zhang Y. Z., Yart A., Auger-Rozenberg M. A. Planting sentinel European trees in Eastern Asia as a novel method to identify potential insect pest invaders // *PLoS One*. 2015. V. 10. Iss. 5. Article e0120864.
- Vettraino A., Roques A., Yart A., Fan J. T., Sun J.-H., Vannini A. Sentinel trees as a tool to forecast invasions of alien plant pathogens // *PLoS One*. 2015. V. 10. Iss. 3. Article e0120571.
- Vinogradova Y. K., Tokhtar V. K., Notov A. A., Mayorov S. R., Danilova E. S. Plant invasion research in Russia: basic projects and scientific fields // *Plants*. 2021. V. 10. Iss. 7. Article 1477. 26 p.

WHY DO WE NEED ARBORETUMS?

Yu. N. Baranchikov

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

E-mail: baranchikov_yuri@yahoo.com

The capsule review of the scientific editor for the thematic issue of the *Siberian Journal of Forest Science*, 2023, number 5 is presented, dedicated to the studies in dendrological parks and botanical gardens.

Keywords: *Siberian Journal of Forest Science*, 2023, N. 5, dendrological parks, botanical gardens, brief editorial review of the thematic issue contents.

How to cite: Baranchikov Yu. N. Why do we need arboretums? // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 3–6 (in Russian with English abstract and references).

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 635.9:711.58

ДЕНДРАРИЙ ИНСТИТУТА ЛЕСА ИМ. В. Н. СУКАЧЕВА СО РАН КАК ЭЛЕМЕНТ СОЗДАНИЯ НОВОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА г. КРАСНОЯРСКА

А. А. Иоффе

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

E-mail: aio44e@gmail.com

Поступила в редакцию 11.08.2023 г.

Грамотная организация и безопасность общественного пространства города, образовательный и просветительский потенциал его территорий лежат в основе реализации инфраструктурных и экологических проектов. Несмотря на то что ежегодно в новостях мы слышим о посадке нескольких тысяч деревьев в озеленении г. Красноярска, общая площадь зеленых зон и обеспеченность в пересчете на человека остается недостаточной. Требуется сохранение имеющихся и создание новых зон рекреационного назначения. Привлекательным с точки зрения территориальной связанности, наличия нескольких типов ландшафтов, разнообразия растительности, объектов научного, исторического и духовного развития может оказаться проект формирования нового культурно-просветительского, образовательного и научного пространства города в районе Академгородка, на территории дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Храма новомучеников и исповедников Российских, «Красивого берега», «Гремячей гривы». Научным и образовательным фундаментом этого проекта может стать дендрарий Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. Для этого требуются сохранение и восстановление его территории в пределах границ произрастания интродуцированных деревьев и кустарников, разработка Положения о дендрарии, как об особо охраняемом объекте природы, реализация инфраструктурных, экологических и образовательных проектов.

Ключевые слова: *охрана природы, рекреация, озеленение, комфортная городская среда, интродукция.*

DOI: 10.15372/SJFS20230502

Крупные города в силу своей специфики становятся полюсами экономических, экологических и социальных процессов, происходящих в природе и обществе (Тяглов и др., 2020). В настоящее время городские пространства динамично изменяются под воздействием различных факторов, в том числе в результате ухудшения состояния окружающей среды, повышения экологического давления на население городов. Отдых и комфортное проживание становятся важнейшей потребностью всех жителей крупных мегаполисов. В современных условиях общественные и рекреационные пространства (скверы, парки, зеленые зоны), пешеходные улицы,

набережные рек выполняют функции адаптации и отдыха для жителей.

Под общественным пространством подразумеваются свободные от транспорта территории общественного пользования, одинаково доступные для всех жителей и гостей города, в целях досуга, массовых мероприятий, где идет социальное, экономическое, коммуникационное взаимодействие горожан (Вотинов, 2014, 2015). Благодаря территориальной доступности, масштабности, дизайну и удобству благоустроенные общественные территории становятся центром притяжения активных и творческих людей, повышается имидж и инвестиционная привлека-

тельность города, возрастает потребность в проживании в таких населенных пунктах. Грамотная организация и безопасность общественного пространства, образовательная и просветительская ресурсность территорий обладают высокой значимостью, стимулируя творческую и социальную активность людей (Тяглов и др., 2020).

Следует отметить, что в Красноярске общественные пространства сегодня чаще всего появляются стихийно, являясь в какой-то степени случайным элементом, возникшим в городской среде. Парадокс в том, что при создании комфортного жилья для человека проектировщики практически не рассматривают такую составляющую комфортности, как окружающая среда. Однако согласно современным тенденциям выбора жилья, покупатель обращает внимание не только на качественные и количественные характеристики квартиры, но и на развитость инфраструктуры, способную удовлетворить все потребности жителя и обеспечить комфортность окружающей его среды. Следовательно, развитие общественных пространств в этом контексте представляется важным не только в социальном, но и в экологическом и экономическом аспектах. Актуализация проблемы развития общественных пространств возможна лишь при согласованном участии в этом процессе государственных, муниципальных, предпринимательских структур и непосредственно населения.

В настоящее время Правительством РФ разработаны комплексные меры, нацеленные на осуществление проекта «экогорода», где ключевым условием является коммуникация с активными гражданами, их привлечение к обсуждению, воплощению и контролю выполнения разрабатываемых программ (Устойчивое развитие..., 1999; Пахомова, 2010; Стратегия..., 2023). В Красноярском крае в последнее время обсуждаются вопросы благоустройства городских территорий не только представителями власти, но и активной частью населения, принимающей участие в различных голосованиях на рейтинговой основе по реконструкции территорий в направлении их благоустройства и озеленения. При этом используются различные методы коммуникаций с жителями города о проведении подобных процедур, включая средства массовой информации и социальные сети (Всероссийский конкурс..., 2023; Формирование..., 2023).

Привлекательным с точки зрения территориальной связанности, наличия нескольких типов ландшафтов, разнообразия растительности, объектов научного, исторического и духовного

развития может оказаться проект формирования нового культурно-просветительского, образовательного и научного пространства города в районе Академгородка, на территории дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Храма новомучеников и исповедников Российских, «Красивого берега», «Гремячей гривы». Кроме замечательного вида на Енисей, наличие дендрария несет научно-исследовательскую, познавательную и образовательную составляющую этого пространства. Православный храм, в свою очередь, наполняет данное пространство духовной составляющей, имеет и практическое значение в рамках привлечения верующей аудитории как с познавательной целью, так и для проведения соответствующих мероприятий. Все это позволяет сделать новое общественное пространство привлекательным для самой разнообразной возрастной и социальной аудитории.

Данное пространство привлекательно тем, что требует меньших инвестиций, нацелено не на строительство новых объектов, а на восстановление существующих и рассчитано не только и не столько на туристов, сколько на горожан. В нем можно реализовать все принципы гуманизации архитектурной среды общественных пространств: безопасность, разнообразие среды, комфорт, экологичность и бережное отношение к историческому и культурному наследию города (Гибсон, 1988; Панченко, 2016).

Экологичность проекта основана на так называемых «зеленых» стандартах – инструментах защиты окружающей среды для будущих поколений. Такой стандарт имеет положительное влияние на экологическую безопасность, комфорт и энергоэффективность среды жизнедеятельности, что согласуется со стратегией развития общественных пространств в направлении их экологизации. Поэтому, несомненно, создаваемое общественное пространство будет способствовать повышению экологической грамотности и воспитание экологической культуры населения различных возрастных категорий посредством интеграции фундаментальных и практических научных знаний в области дендрологии, биологии, экологии и географии растений в образовательные экскурсии на базе дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. Следует отметить немаловажный факт, что касается экологизации. Предлагаемое новое городское общественное пространство в районе Академгородка является одним из самых чистых мест на территории Красноярска.

Говоря о новом общественном городском пространстве, в районе Академгородка, хочет-

ся отметить специфический аспект, который не всегда учитывается в характеристиках подобных пространств. Исторически сложилось, что именно такое общественное пространство является местом встреч городского сообщества с возможностью сотрудничества и коммуникаций.

Думается, что предлагаемое новое городское общественное пространство, где дендрарий сохранит статус ООПТ и станет научно-просветительской основой, успешно справится с этой важной социальной задачей, став локальным центром общественной жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вотинов М. А. Типология общественных пространств и характеристика их гуманизации // Проблемы теории и истории архитектуры Украины: Сб. науч. тр. Одесса: ОГАСА, 2014. Вып. 14. С. 103–109.
- Вотинов М. А. Реновация и гуманизация общественных пространств в городской среде. Харьков: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2015. 153 с.
- Всероссийский конкурс лучших проектов создания комфортной городской среды, 2023. <https://mg.golosza.ru/>
- Гибсон Дж. М. Экологический подход к зрительному восприятию. М.: Прогресс, 1988. 464 с.
- Панченко Т. А. Эволюция понимания архитектурного пространства // Наука – образованию, производству, экономике: Материалы 14-й Междунар. науч.-техн. конф. Минск: БНТУ, 2016. Т. 2. С. 402.
- Пахомова А. И. Современные экогорода: опыт и перспективы развития // Вестн. ИрГТУ. 2010. № 5 (45). С. 312–316.
- Стратегия социально-экономического развития Сибирского федерального округа до 2035 года. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 26.01.2023 № 129-р. М.: Правительство РФ, 2023. 46 с.
- Тяглов С. Г., Родионова Н. Д., Федорова Я. В., Сергеев В. Ю. Алгоритм развития общественных пространств крупных городов в условиях их урбанизации // Регионология. 2020. Т. 28. № 4. С. 778–800.
- Устойчивое развитие городов. Итоговый документ науч.-практ. конф. «Международное объединение городов» // Пром. и гражд. стр-во. 1999. № 1. С. 10.
- Формирование комфортной городской среды. Красноярск, 2023. 24.gorodsreda.ru

ARBORETUM OF V. N. SUKACHEV INSTITUTE OF FOREST, SIBERIAN BRANCH, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES AS AN ELEMENT OF CREATING NEW PUBLIC SPACE IN THE CITY OF KRASNOYARSK

A. A. Ioffe

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
Prospekt imeni gazety Krasnoyarskiy Rabochiy, 31, Krasnoyarsk, 660037 Russian Federation*

E-mail: aio44e@gmail.com

The competent organization and safety of the public space of the city, the educational and educational potential of its territories underlie the implementation of infrastructure and environmental projects. Despite the fact that every year we hear in the news about the planting of several thousand trees in the landscaping of the city of Krasnoyarsk, the total area of green zones and the provision in terms of a person remains insufficient. Requires the preservation of existing and the creation of new recreational areas. From the point of view of territorial connectivity, the presence of several types of landscapes, the diversity of vegetation, objects of scientific, historical and spiritual development, the project of forming a new cultural, educational, educational and scientific space of the city in the area of Akademgorodok, on the territory of the arboretum of V. N. Sukachev Institute Forest Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Church of the New Martyrs and Confessors of Russia, «Krasivy Bereg», «Gremyachaya Griva». The scientific and educational foundation of this project can be the arboretum of V. N. Sukachev Institute Forest Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. This requires the preservation and restoration of its territory within the boundaries of the growth of introduced trees and shrubs, the development of the Regulations on the Arboretum as a specially protected object of nature, the implementation of infrastructure, environmental and educational projects.

Keywords: *nature protection, recreation, gardening, comfortable urban environment, introduction.*

How to cite: *Ioffe A. A. Arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences as an Element of Creating New Public Space in the city of Krasnoyarsk // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 7–9 (in Russian with English abstract and references).*

УДК 582.47+632

ПРОБЛЕМА ИНДУЦИРОВАННОГО ИММУНИТЕТА ХВОЙНЫХ

Н. В. Пашенова, А. А. Перцовая, Ю. Н. Баранчиков

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

E-mail: pasnat@ksc.krasn.ru, pertsovaya@mail.ru, baranchikov_yuri@yahoo.com

Поступила в редакцию 31.05.2023 г.

В полевых опытах по искусственной инокуляции отмечено медленное распространение мицелия гриба *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka et Masuya) Masuya et Yamaoka в проводящих тканях деревьев пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), сохранивших жизнеспособность после недостаточно массового поражения уссурийским полиграфом (*Polygraphus proximus* Blandford). После искусственной инокуляции стволов культурой *G. aoshimae* длина некрозов флоэмы у поврежденных деревьев была примерно на 30 % меньше, чем у неповрежденных. Наиболее вероятная причина такого угнетения – защитные реакции, предположительно вызванные в стволах неудачными попытками атаки жука до искусственной инокуляции. Отмеченное явление поднимает вопрос о недостаточности знаний об индуцированном иммунитете древесных видов, включая хвойные, который, в отличие от травянистых растений, изучен слабо. Показано, что естественное или искусственное «низко интенсивное» заражение патогенами способно повысить устойчивость деревьев к заболеваниям ветвей и стволов, а также к стволовым вредителям. Но до сих пор не охарактеризованы в должной степени сигнальные пути, обуславливающие включение защитных реакций. Из-за размеров древесных растений и многообразия их экологических отношений особенно важно изучить взаимодействие между молекулярными сигнальными путями, идущими из разных мест повреждения. Исследования индуцированного иммунитета у хвойных, особенно характеристика эндогенных сигнальных путей, открывают новые перспективы для диагностики состояния деревьев, разработки экологически безопасных методов регулирования устойчивости древостоев, смягчения воздействия вредителей на деревья, в том числе в случаях биологического вторжения.

Ключевые слова: хвойные, фитопатогены, вредители, индуцированная устойчивость.

DOI: 10.15372/SJFS20230503

При исследовании взаимодействия инвазийной ассоциации уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandford) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) и связанных с ним офиостомовых грибов, с одной стороны, и новой кормовой породы этого вредителя – пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) – с другой, нами обнаружено, что в деревьях, подвергнувшихся нападению полиграфа, но отбивших атаку и сохранивших жизнеспособность, мицелий фитопатогенов заметно медленнее колонизирует проводящие ткани ствола по сравнению с деревьями, еще не атакованными короедом.

Это проявилось в проведенных нами в пихтарнике разнотравном в окрестностях Красноярска полевых инокуляционных экспериментах, где живой мицелий помещали в лунки, про-

битые перпендикулярно в стволах через кору до поверхности древесины. Для инокулирования использовали культуру гриба *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka et Masuya) Masuya et Yamaoka, который является доминирующим фитопатогенным ассоциантом уссурийского полиграфа (Пашенова и др., 2017). Скорость распространения гриба оценивали по длине некрозов флоэмы, развивающихся вокруг инокуляционных лунок через 4–5 нед после заражения стволов.

Средние значения длины образовавшихся в опыте некрозов стволовой флоэмы ($\bar{x} \pm \sigma$, мм) достоверно ($p < 0.01$; критерий Манна – Уитни) различались и составили 61.0 ± 14.3 мм (для 15 деревьев без признаков нападения короедов) и 37.0 ± 8.0 мм (для 12 деревьев, атакованных короедами, но сохранивших зеленую крону).

Соответствующие средние показатели длины некрозов в контроле (пустая лунка без добавления мицелия) демонстрировали ту же тенденцию, но достоверно не отличались: 13.5 ± 5.2 и 11.0 ± 1.3 мм соответственно ($p > 0.05$).

Логично предположить, что меньшая длина некрозов в опыте на слабо атакованных короedом деревьях была результатом изменений в ствóловой флоэме растения-хозяина. Хвойные, подобно другим растениям, обладают конститутивным и индуцированным типами иммунитета. При этом, в отличие от конститутивного, защитные реакции индуцированного иммунитета начинают реализовываться только при непосредственном контакте с повреждающим фактором (например, вредителем или патогеном) (Буров и др., 2012). Это объясняют экологической стратегией в условиях, когда вероятность «нападения» неизвестна, а затраты на постоянное производство и хранение защитных веществ слишком велики для растения-хозяина. Сначала защитный ответ начинает реализовываться вблизи места вторжения патогена/вредителя (локальная индуцированная устойчивость). Эти процессы сопровождаются генерированием сигнала/сигналов, которые могут распространиться по всему организму, вызывая защитные реакции на большом расстоянии от места повреждения. В последнем случае подразумевают системную индуцированную устойчивость (Systemic Induced Resistance, SIR), обеспечивающую резистентность в частях растения, не подвергнутых воздействию патогена/вредителя (Bonello et al., 2006; Eyles et al., 2010).

Наблюдаемое нами на пихте сибирской замедленное продвижение мицелия, очевидно, было связано с генерированным ранее индуцированным защитным ответом растения-хозяина. Однако неясно, было ли это результатом множественных локальных защитных реакций вокруг небольших некрозов флоэмы (неудачные попытки втачивания жуков) или имела место системная устойчивость, индуцированная в стволах предыдущим, недостаточно массовым и неудавшимся нападением уссурийского полиграфа.

Исследования индуцированной устойчивости к настоящему времени достигли большого прогресса у покрытосемянных травянистых растений (Bonello et al., 2006). У крупноразмерных и долгоживущих древесных растений, в том числе хвойных, она изучена в меньшей степени, и не исключено, что имеет особенности в сравнении с соответствующими процессами в травянистых растениях (Eyles et al., 2010).

Интересно отметить, что именно с хвойными связаны немногочисленные случаи исследования индуцированной устойчивости против патогенов стволов и ветвей. Например, показана возможность возникновения SIR против возбудителя смоляного рака (*Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell) при естественном или искусственном инокулировании стволов сосны лучистой (*Pinus radiata* D. Don) этим же патогеном (Bonello et al., 2001). Возникновение устойчивости к возбудителю некрогенного рака (*Sphaeropsis sapinea* (Fr.: Fr.) Dyko & Sutton) (син. *Diplodia pinea* (Desm.) J. Kickx.) отмечали у 4–5-летних саженцев сосны черной (*Pinus nigra* J. F. Arnold), искусственно зараженных этим же грибом или менее агрессивным видом *Diplodia scrobiculata* J. de Wet, Slippers & Wingfield (Blodgett et al., 2007).

Известны примеры перекрестной индукции системной устойчивости. Так, показано, что заражение корней сосны желтой (*Pinus ponderosa* P. Lawson & C. Lawson) корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) приводило к снижению интенсивности повреждения деревьев калифорнийским пятизубчатым гравером (*Ips paraconfusus* Lanier). При этом особо отмечается, что системная устойчивость приурочена к ранней, бессимптомной стадии поражения корней, а достаточно развитые корневые и комлевые гнили, наоборот, снижают устойчивость хвойных к короедам. И в этом случае речь может идти об индуцированной системной чувствительности (Systemic Induced Susceptibility, SIS) (Goheen, Hansen, 1993; McNee et al., 2003; Bonello et al., 2006).

К началу XXI в. стало ясно, что вследствие множественности взаимодействий растения-хозяина с окружающей средой предпочтительно исследовать аспекты защитного ответа, вызванного двумя или даже несколькими агентами-индукторами, принадлежащими к разным царствам живой природы (Van Oosten et al., 2008; Eyles et al., 2010). Такой подход оправдан еще и тем, что взаимодействие между молекулярными сигнальными путями от разных очагов повреждений способно привести к перекрестным помехам, своеобразной «интерференции», следствием чего может быть как усиление, так и ослабление устойчивости (Bostock, 2005; Eyles et al., 2010).

Р. Bonello и соавт. (2006) отмечали, что, хотя при изучении SIR в древесных растениях особое внимание уделяется патогенам, в качестве агентов-индукторов может иметь место и об-

ратный процесс, при котором именно повреждение насекомыми вызывает в организме хозяина системную устойчивость против вредителей и патогенов. На момент публикации авторы не располагали доказательствами двусторонней индукции иммунитета у деревьев.

Сложно сказать, какой именно из компонентов короедогрибной ассоциации уссурийский полиграф – офиостомовые грибы послужил индуктором изменений флоры, существенно замедливших колонизацию грибом *G. aoshimae* проводящих тканей ствола пихты сибирской в наших экспериментах. Возможно, индуцирующий защиту молекулярный сигнал был запущен комплексным воздействием на ткани пихты (повреждение жуками + проникновение в растительные ткани мицелия гриба-первопоселенца *G. aoshimae*). Выяснение этих вопросов может быть важным вкладом в понимание механизмов взаимодействия партнеров в триаде короед – фитопатоген – хозяин, поскольку практически все физиологически опасные виды короедов образуют долговременные ассоциации с офиостомовыми грибами.

Ассоциация уссурийский полиграф – офиостомовые грибы представлена видами-инвайдерами (Пашенова и др., 2017). Несколько десятилетий, в течение которых эта короедогрибная ассоциация предположительно обитает в Сибири (Баранчиков и др., 2014), – недостаточный срок для ее коэволюции с новым видом растения-хозяина, поэтому то, что виды-инвайдеры вызывают защитный ответ (а возможно, даже системную устойчивость) в деревьях пихты сибирской, поднимает вопрос о специфичности индуцированного иммунитета у нее и хвойных в целом.

Интерес к различным аспектам SIR в древесных растениях постоянно растет, чему содействуют практические соображения: функционально SIR аналогична иммунизации растений. Исследование индуцированного иммунитета расценивают как новые перспективы для развития методов диагностики состояния лесов и повышения их резистентности к абиотическим стрессам, болезням и вредителям. Стратегии защиты деревьев, основанные на манипулировании индуцированной устойчивостью, находятся на ранних стадиях концептуальной разработки, и существуют большие пробелы в знаниях о механизмах и результатах. Для травянистых идентифицировано много соединений, которые сочетают в себе как прямое действие на патоген, так и прайминг-индуцирующую активность в рас-

тении (Буров и др., 2012). Речь уже идет о создании технологий для коммерческого производства биоактивных малых метаболитов, которые можно было бы использовать для индуцирования резистентности или для непосредственного воздействия на возбудителей болезней и вредителей. Кроме того, синтетические молекулы, индуцирующие резистентность, предположительно, могут быть использованы в качестве инструмента скрининга в традиционных программах селекции, особенно тех, которые нацелены на сопоставление видов или генотипов с условиями местности (Eyles et al., 2010). Для оценки состояния древостоев обсуждается возможность создания тест-системы, основанной на серологическом распознавании маркеров растения-хозяина. В качестве потенциальных маркеров, реагирующих на широкий спектр стрессоров, предлагаются PR-белки (Pathogenesis-Related proteins), синтезируемые растением при формировании системного иммунитета (Nosenko et al., 2021).

Глубокое понимание механизмов и, главное, сигнальных путей, задействованных в индуцировании системной устойчивости хвойных, позволит разработать экологически чистые методы регулирования устойчивости древостоев, смягчения воздействия вредителей на деревья, в том числе и в случае биологических инвазий. Характеристика эндогенного сигнального пути – наиболее важный шаг в понимании индуцированного иммунитета деревьев. К сожалению, методы исследования индуцированного иммунитета у травянистых культур (например, использование биосинтетических мутантов) в данном случае непригодны, и для решения проблемы нужны другие подходы (Eyles et al., 2010).

В настоящем сообщении не стояла задача охарактеризовать во всей полноте современное состояние знаний в области индуцированного иммунитета хвойных. Но даже приведенные примеры свидетельствуют о важности понимания физиологических и молекулярных механизмов индуцированной устойчивости хвойных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баранчиков Ю. Н., Демидко Д. А., Лаптев А. В., Петько В. М. Динамика отмирания деревьев пихты сибирской в очаге уссурийского полиграфа // Лесн. вестн. 2014. Т. 18. Вып. 6. С. 132–138.
- Буров В. Н., Петрова М. О., Селицкая О. Г., Степанчева Е. А., Черменская Т. Д., Шамиев И. В. Индуцированная устойчивость растений к фитофагам. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2012. 182 с.

- Пашенова Н. В., Кононов А. В., Устьянцев К. В., Блинов А. Г., Перцовая А. А., Баранчиков Ю. Н. Офиостомовые грибы, ассоциированные с уссурийским полиграфом на территории России // Рос. журн. биол. инваз. 2017. Т. 10. № 4. С. 80–95.
- Blodgett J. T., Eyles A., Bonello P. Organ-dependent induction of systemic resistance and systemic susceptibility in *Pinus nigra* inoculated with *Sphaeropsis sapinea* and *Diplodia scrobiculata* // Tree Physiol. 2007. V. 27. Iss. 4. P. 511–517.
- Bonello P., Gordon T. R., Storer A. J. Systemic induced resistance in Monterey pine // For. Pathol. 2001. V. 31. Iss. 2. P. 99–106.
- Bonello P., Gordon T. R., Herms D. A., Wood D. L., Erbilgin N. Nature and ecological implications of pathogen-induced systemic resistance in conifers: A novel hypothesis // Phytiol. Mol. Plant Pathol. 2006. V. 68. Iss. 4–6. P. 95–104.
- Bostock R. M. Signal crosstalk and induced resistance: straddling the line between cost and benefit // Annu. Rev. Phytopathol. 2005. V. 43. P. 545–580.
- Eyles A., Bonello P., Ganley R., Mohammed C. Induced resistance to pests and pathogens in trees // New Phytol. 2010. V. 185. Iss. 4. P. 893–908.
- Goheen D. J., Hansen E. M. Effects of pathogens and bark beetles on forests // Beetle-pathogen interactions in conifer forests / T. D. Schowalter, G. M. Filip (Eds.). London: Acad. Press Harcourt Brace & Co., Publ., 1993. P. 175–96.
- McNee W. R., Bonello P., Wood D. L., Storer A. J., Gordon T. R. Feeding response of *Ips paraconfusus* to phloem and phloem metabolites of *Heterobasidion annosum*-inoculated ponderosa pine, *Pinus ponderosa* // J. Chem. Ecol. 2003. V. 29. N. 5. P. 1183–1202.
- Nosenko T., Hanke-Uhe M., Heine P. A., Shahid A., Dübel S., Rennenberg H., Schumacher J., Winkler J. B., Schnitzler J.-P., Hänsch R., Kaufholdt D. Plant defense proteins as potential markers for early detection of forest damage and diseases // Front. For. Glob. Change. 2021. V. 4. Article 654032. 5 p.
- Van Oosten V. R., Bodenhausen N., Reymond P., Van Pelt J. A., Van Loon L. C., Dicke M., Pieterse C. M. Differential effectiveness of microbially induced resistance against herbivorous insects in *Arabidopsis* // Mol. Plant-Microbe Interact. 2008. V. 21. N. 7. P. 919–930.

THE PROBLEM OF INDUCED IMMUNITY IN CONIFERS

N. V. Pashenova, A.A. Pertsovaya, Yu. N. Baranchikov

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: pasnat@ksc.krasn.ru, pertsovaya@mail.ru, baranchikov_yuri@yahoo.com

During the field experiments on artificial inoculation, the mycelium of *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka et Masuya) Masuya et Yamaoka fungus was observed to spread slowly in the conductive tissues of Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) trees that retained their viability after slow intensity attack by four-eyed fir bark beetles (*Polygraphus proximus* Blandford). In damaged trees the length of phloem necrosis after artificial inoculation of trunks with *G. aoshimae* culture was approximately 30 % less than in trees without signs of attack. The most likely reason for the inhibition is the defense reactions presumably induced in stems by unsuccessful attempts of the beetle attack prior to artificial inoculation. This phenomenon raises the question of the lack of knowledge about induced resistance in coniferous species. In contrast to herbaceous plants induced resistance in woody species including coniferous ones has been poorly studied. It was demonstrated that natural or artificial “low-intensity” infection with pathogens can increase tree resistance to diseases in branches and trunks, as well as to stem pests. However, the signaling pathways that cause the activation of defense reactions have not yet been sufficiently characterized. Because of the size of woody plants and the multiplicity of their ecological relationships, it is of particularly importance to study the interactions between molecular signaling pathways that are running from the different sites of damage. Studies of induced resistance in conifers, especially the characterization of endogenous signaling pathways, open the new prospects for tree conditions diagnosing, developing environmentally friendly methods for regulating the resistance of forest stands, mitigating the pest impact on trees, including the cases of biological invasions.

Keywords: *conifers, phytopathogens, pests, induced resistance.*

How to cite: Pashenova N. V., Pertsovaya A. A., Baranchikov Yu. N. The problem of induced immunity in conifers // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 10–13 (in Russian with English abstract and references).

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

УДК 630*271

ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ ДЕНДРАРИЯ ИНСТИТУТА ЛЕСА им. В. Н. СУКАЧЕВА СО РАН

А. В. Пименов, М. А. Кириенко, М. А. Пляшечник, А. А. Анискина, С. Р. Лоскутов

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

E-mail: pimenov@ksc.krasn.ru, lma7878@mail.ru, lilwood@ksc.krasn.ru,
aniskina_a@ksc.krasn.ru, lsr@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 02.06.2023 г.

Представлены материалы по истории формирования и современному состоянию дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, созданного в 1977 г. с целью испытания древесных растений из различных ботанико-географических областей в условиях г. Красноярск, которые в последующем станут источником семян и посадочного материала для внедрения в зеленое строительство на территории населенных пунктов Красноярского края. В течение почти полувекового периода существования дендрария испытанию по ступенчатой акклиматизации подверглись около 450 видов древесных растений. В настоящее время на его территории (4.17 га) произрастает 203 зимостойких вида деревьев и кустарников. Данная коллекция представляет собой базу для разноплановых биоэкологических исследований, в которых задействованы специалисты большинства лабораторий Института леса. Проводятся наблюдения за сезонным ростом, развитием, физиологическими и фенологическими особенностями древесных растений. Изучаются репродуктивные процессы и возможности семенного и вегетативного размножения интродуцированных растений. Исследуются кариологические особенности и микрклональное размножение хвойных. Дендрарий является тестовым участком для исследований повреждаемости растений-интродуцентов насекомыми и грибными фитопатогенами. Охарактеризованы современные проблемы его сохранения, связанные с намерениями строительства на этой территории многоэтажного жилого дома, при котором 628 экз. древесных растений (36.8 % от общего количества) подвергнутся вырубке, а 165 экз. пострадают опосредованно, находясь в пределах участка, попадающего под застройку. Отражены предпринимаемые в этой связи усилия органов власти и общественности по защите дендрария, сохранению этого уникального объекта для будущих поколений ученых и всех жителей Красноярск.

Ключевые слова: *древесные растения, интродукция, биоэкологические исследования.*

DOI: 10.15372/SJFS20230504

Во второй половине XX в. на фоне мощного развития индустриального потенциала Сибири и формирования городских агломераций, в том числе Красноярской, возникла необходимость расширения ассортимента деревьев и кустарников, используемых в зеленом строительстве путем интродукции новых видов и внутривидовых форм с более высокими, по сравнению с представителями аборигенной флоры, декоративными особенностями, стрессоустойчивостью и иными биотехнологически значимыми характеристиками (Интродукция..., 2017). При выборе

древесных видов для озеленения улиц, парков и промышленных районов г. Красноярск, массово проводившегося в 60-х годах прошлого столетия, стояла задача использовать быстрорастущие деревья и кустарники, имеющие большую массу кроны, отличающиеся устойчивостью к неблагоприятным факторам. Ассортимент древесной растительности был представлен в основном тополем бальзамическим (*Populus balsamifera* L.), кленом ясенелистным (*Acer negundo* L.), березой повислой (*Betula pendula* Roth), вязом мелколистным (*Ulmus parvifolia* Jacq.), яблоней



Рис. 1. Инициатор создания дендрария академик РАН Игорь Юрьевич Коропачинский (слева), академик РАН Александр Сергеевич Исаев (в центре), многолетний руководитель дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН кандидат сельскохозяйственных наук Реджинальд Иванович Лоскутов (справа).

ягодной (*Malus baccata* (L.) Borkh.), сиренью венгерской (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.), черемухой обыкновенной (*Prunus padus* L.) (Коропачинский, Лоскутов, 2014).

Вместе с тем интродукционные работы в г. Красноярске приобрели организованный и планомерный характер уже в 1930-е годы на базе Сибирского лесотехнического института, а в 1960-е годы – и на экспериментальных участках Института леса и древесины им. В.Н. Сукачева АН СССР. Накопленный технологический опыт, собранные в результате экспедиций по Сибири и Дальнему Востоку посадочные материалы, а также налаженные контакты с ведущими ботаническими садами и дендрариями страны послужили основой для закладки в Красноярске полноценного дендрария (Лоскутов, 1991).

В 1976 г. Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР выступил с предложением о создании дендропарка с целью испытания древесных растений различных ботанико-географических областей в условиях Красноярска, которые в последующем станут источником семян и посадочного материала наиболее ценных деревьев и кустарников для внедрения в зеленое строительство в населенных пунктах Красноярского края. В 1977 г. Постановлением № 94 бюро городского комитета КПСС и исполкома Совета народных депутатов г. Красноярска Институту леса был выделен участок земли площадью 8 га. Инициатором и руководителем этого

процесса был заместитель директора института, будущий академик РАН И. Ю. Коропачинский. Большую помощь в организации работ при создании коллекций древесных растений и уходу за ними оказал директор института, председатель Президиума Красноярского филиала Сибирского отделения Академии наук СССР, действительный член Академии наук СССР А. С. Исаев. Непосредственное исполнение и руководство работами было поручено старшему научному сотруднику института, кандидату сельскохозяйственных наук Р. И. Лоскутову (рис. 1).

Дендрарий создан руками энтузиастов и сотрудников Института леса без дополнительных капиталовложений и других специальных государственных затрат.

Для создания коллекции древесных растений выбран участок на высокой (250–260 м над ур. м.) террасе левого берега р. Енисей, к югу от здания Института леса (рис. 2).

С западной стороны к дендрарию примыкал жилой массив Академгородка, с северной и восточной – административные здания институтов в окружении спелых березняков и сосновых культур III–IV классов возраста, к югу от дендрария – величественная панорама р. Енисей и отрогов Восточного Саяна.

На основе задания на проектирование, утвержденного в 1979 г. организацией «Красноярскгражданпроект», был разработан технический рабочий проект дендрария. Дендропарк



Рис. 2. Участок в Академгородке г. Красноярска, на котором в 1977 г. началось формирование дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО АН СССР (фото Р. И. Лоскутова, 1977 г.).



Рис. 3. Дендрарий Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН на полувеком этапе своего развития (фото Р. И. Лоскутова, 2011 г. и М. А. Пляшечник, 2023 г.).

позиционировался как специализированный научно-просветительский и научно-познавательный парк с различными зонами тихого отдыха и прогулок. Композиционное решение дендропарка построено на организации пространства с утрированными живописными планировочными элементами – прием, характерный для садово-паркового искусства советских времен. Предполагалось, что парк должен был разделяться на верхнюю и нижнюю зоны. Верхняя зона парка предназначалась для научно-исследовательских работ. Природный ландшафт определял свободную планировку южного склона р. Енисей, для использования местными жителями с целью летнего отдыха. Композиционной осью дендропарка стала центральная аллея. Вся дорожно-тропиночная сеть дендропарка органично связана с центральной аллеей, которая живописно выходила на высокий берег Енисея и должна была завершаться обзорной смотровой площадкой. В проекте была предусмотрена круговая экскурсионная тропа, а также вся инженерная структура: освещение, водопровод. Ориентировочная стоимость строительства составляла 100 тыс. руб. До 1990 г. была выполнена организация дорожно-тропиночной сети дендропарка и заложена основная коллекция растений. К сожалению, проекту не суждено было реализоваться до конца, с развалом СССР его финансирование было остановлено.

Исходный материал для интродукции выбирался на основании анализа флоры, предусматривающего изучение истории ее формирования, видового состава, экологической характеристики видов растений, установление генетических связей с другими флорами, а также выделение видов, ценных для хозяйства, перспективных для введения в культуру или имеющих научное значение. Семена для интродукции собирали в естественных условиях и выписывали по делектусам; сеянцы, саженцы и черенки переносили как из природных условий, так и питомников. При этом составляли исчерпывающую документацию, определяли название вида, происхождение и качество материала. Большая часть исходного материала для интродукции собрана в ботанических садах и дендрариях Новосибирска (Центральный сибирский ботанический сад СО АН СССР), Свердловска (Ботанический сад Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР), Владивостока (Ботанический сад ДВНЦ АН СССР), Барнаула (Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М. А. Лисовенко) и других учреждений.

Освоение растений при интродукции проводили методом выращивания растений в открытом грунте (в посевном отделении интродукционного питомника или холодных рассадниках), в школьном отделении, в дендрарии, на постоянных местах при озеленении Академгородка и других пунктов, а также путем введения интродуцентов в пригородные леса зеленой зоны г. Красноярска (Интродукция..., 2017).

Учитывая основную поставленную цель интродукции древесных растений, экспозиции дендрария формировали путем создания небольших ландшафтных групп, в составе которых были растения из разных ботанико-географических областей. В центральной части группы, как правило, высаживались высокие деревья и крупные кустарники, по периферии группы – более низкие кустарники (Дендрарий – Фотогалерея, 2023). Вблизи смотровых дорожек на свободных местах размещались особо декоративные растения группами и одиночно. При этом необходимо было показать декоративные свойства растений и возможность их совместного произрастания (Лоскутов, 1991, 2011).

В течение почти полувекового периода существования дендрария испытанию по ступенчатой акклиматизации подверглись около 450 видов древесных растений. Наиболее зимостойкие растения сохранились в экспозициях дендрария до настоящего времени (Лоскутов, 1993). Вместе с тем 181 вид древесных растений, относящихся к 65 родам и 32 семействам, не выдержали испытаний при интродукции и выпали из коллекции по разным причинам (отбракованы из-за плохого качества исходного материала, особенно полученного по делектусам, вымерзания, механических повреждений, несоответствия экологических условий произрастания в дендрарии биологическим особенностям вида и др.). К 1991 г. коллекция дендрария насчитывала 406 видов, разновидностей и форм, представленных 90 родами и 32 семействами (Дендрарий..., 2023). В настоящее время дендрарий Института леса им. В. Н. Сукачева является единственным в Красноярском крае объектом, где на территории 4,17 га произрастает 203 вида растений, в том числе 11 форм из разных ботанико-географических областей (рис. 3).

Самое многочисленное на территории дендрария – семейство розоцветные (Rosales) – 20 родов и 58 видов. Бобовые (Fabaceae) представлены 6 родами и 8 видами и разновидностями; жимолостные (Caprifoliaceae) – 4 рода

ми и 13 видами и разновидностями; сосновые (Pinaceae) – 4 родами и 19 видами и разновидностями; маслинные (Oleaceae) – 4 родами и 8 видами и разновидностями; березовые (Betulaceae) – 3 родами и 6 видами; Крыжовниковые (Grossulariaceae) – 3 родами и 4 видами; аралиевые (Araliaceae) – 3 родами и 2 видами; лоховые (Elaeagnaceae) – 3 родами и 4 видами, ивовые (Salicaceae) – 2 родами и 15 видами и разновидностями; крушиновые (Rhamnaceae) – 2 родами и 2 видами; кипарисовые (Cupressaceae) – 2 родами и 3 видами; рутовые (Rutaceae) – 2 родами и 3 видами; лютиковые (Ranunculaceae) – 2 родами и 8 видами; виноградные (Vitaceae) – 2 родами и 7 видами; кленовые (Acereae) – 1 родом и 8 видами; барбарисовые (Berberidaceae) – 2 родами и 7 видами и др. В коллекции преобладают деревья третьей величины и кустарники – 74 %, доля деревьев первой величины – 24 %, лиан – 2 %, полукустарников – до 1 % (Дендрарий – Растения, 2023).

В дендрологической коллекции насчитывается 10 видов из Красной книги Российской Федерации – абрикос маньчжурский (*Prunus mandshurica* (Maxim.) Koehne), принсеция китайская (*Prinsepia sinensis* (Oliv.) Oliv. ex Bean), орех медвежий (*Corylus colurna* L.), дейция гладкая (*Deutzia glabrata* Kom.), экзохорда пильчатолостная (*Exochorda serratifolia* S. Moore), виноградник японский (*Ampelopsis japonica* (Thunb.) Makino) и др., и 3 вида из Красной книги Красноярского края – луносемянник даурский (*Menispermum dauricum* DC.), черневая форма сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour f.), можжевельник псевдоказацкий.

Многие растения плодоносят и могут служить источником семян, открывая возможности значительно увеличить ассортимент декоративных деревьев, кустарников и лиан для создания искусственных насаждений, в том числе и для озеленения Красноярска и других городов Сибири. В Институте леса организован сбор семян около 100 видов древесных растений. Составляется и рассылается «Delectus seminum». Организован обмен семенным материалом с 250 ботаническими учреждениями России и стран Европы, Восточной Азии и Америки. Так, только в 2014–2017 гг. был отправлен 1171 образец семян 94 видов древесных растений в адрес 86 российских и 108 зарубежных ботанических садов и дендрариев.

Дендрарий Института леса входит в состав Совета ботанических садов России (Совет..., 2023). Коллекция древесных растений дендра-

рия включена в информационно-поисковую систему «Ботанические коллекции России и сопредельных государств» и в систему поиска растений международного совета ботанических садов по охране растений (Botanic Gardens..., 2023).

Основное направление научно-исследовательской работы дендрария и в настоящее время – пополнение ассортимента декоративных деревьев и кустарников, применяемых в озеленении городов и поселков южной части Средней Сибири. Вместе с тем коллекция растений дендрария является базой для других биоэкологических исследований, в которых задействованы специалисты большинства лабораторий Института леса. Проводятся наблюдения за сезонным ростом, развитием, физиологическими и фенологическими особенностями древесных растений (Седаева, Вараксин, 2007; Лоскутов, 2008, 2009, 2011; Лобанов, Кириенко, 2015; Тихонова и др., 2015; Седаева, Лобанов, 2018; Стасова и др., 2022). Изучаются репродуктивные процессы и возможности семенного и вегетативного размножения интродуцированных растений (Бажина и др., 2007; Bazhina et al., 2007; Владимирова и др., 2008; Горячкина, Седаева, 2012). Исследуются кариологические особенности (Седельникова, Пименов, 2012) и микроклональное размножение хвойных (Пак и др., 2016; Третьякова и др., 2022; Tretyakova et al., 2022). Дендрарий представляет собой тестовый участок для исследований повреждаемости насекомыми и грибными фитопатогенами древесных растений-интродуцентов (Кириенко и др., 2009; Томошевич и др., 2014). В частности, исследования лаборатории физико-химической биологии древесных растений ИЛ СО РАН на базе дендрария связаны с разработкой экспрессных методов оценки морозостойкости интродуцентов на примерах раннего этапа акклиматизации клена остролистного (*Acer platanoides* L.), ореха маньчжурского и лоха серебристого (*Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb.) для выявления достаточно устойчивых и перспективных в плане акклиматизации видов (Миронов, Лоскутов, 1998, 1999). Непосредственным способом исследования морозостойкости (морозоустойчивости) интродуцируемых растений является анализ процесса льдообразования в жизненно важных тканях растения (вегетативных почках (примордиях), ксилеме однолетних побегов, камбиальной зоне): его температурных параметров и кинетики, влияния растворенных веществ, определения естествен-



Рис. 4. Биогруппы древесных растений на участке дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, выделенном жилищно-строительному кооперативу «Академик Жуков» для строительства многоэтажного жилого дома (фото А. В. Пименова, 2023 г.).

ных криопротекторов, механизма переохлаждения и т. п. Сотрудники этой лаборатории также провели работу по изучению динамики легколетучих компонентов хвой ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) 38-летнего возраста в ходе вегетационного периода. Исследование показало, что содержание монотерпенов в однолетней хвое имеет различную динамику в летние меся-

цы (июнь – август) и зависит от времени суток заготовки образцов (Пляшечник и др., 2011). Установленные корреляционные связи в отношении отдельных компонентов монотерпеновой фракции могут быть использованы для биохимического мониторинга физиологического состояния хвойных под влиянием стрессовых биотических и абиотических факторов.

Большое внимание в работе дендрария уделяется научно-просветительской, образовательной и популяризационной деятельности, направленной на повышение экологической грамотности и воспитание экологической культуры населения, популяризации природоохранного дела, бережного отношения к окружающей среде, посредством интеграции фундаментальных и практических научных знаний в области дендрологии, биологии, экологии и географии растений в образовательные экскурсии, научные лекции, семинары и пр. Дендрарий Института леса используется, в частности, как выносная экспозиция Музея леса Красноярского края. Ежегодно в дендрарии бывает до 3–5 тыс. посетителей: учащиеся школ, студенты, преподаватели-биологи, работники зеленого строительства, лесного и сельского хозяйства.

Дендрарий Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – это памятник труду ученых, сумевших создать в чистом поле уникальный объект, который является предметом гордости жителей Красноярска (Лоскутов Р. И., Лоскутов С. Р., 2010; Анискина, Лоскутов, 2021). Несмотря на это, в 2015 г. часть дендрария (30 % от всей его площади), примыкающая к Институту химии и химической технологии СО РАН, была выделена жилищно-строительному кооперативу «Академик Жуков» для строительства многоэтажного жилого дома (рис. 4).

Данная новость вызвала широкий общественный резонанс среди жителей Красноярска, поскольку в случае реализации этого проекта коллекции дендрария будет нанесен непоправимый ущерб: 628 экз. (36,8 % от общего количества произрастающих сейчас на его территории деревьев и кустарников) подвергнутся непосредственной вырубке, а 165 экз. (9,7 %), произрастающие в пределах границ застраиваемого участка, пострадают опосредованно.

Очевидно, что ущерб от строительства жилого дома в непосредственной близости от коллекции растений-интродуцентов будет невосполним и в материальном, и в научном плане.

Тысячи простых горожан, коллективы ботанических садов из различных регионов России, Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края, Дирекция по особо охраняемым природным территориям Красноярского края, Министерство природных ресурсов и экологии РФ выступили в защиту дендрария. Совершенно очевидно, что возрастающая с течением времени научная, культурно-образовательная и социальная значимость

дендрария Института леса определяют необходимость его сохранения и дальнейшего развития на благо нынешнего и будущих поколений научных работников и всех жителей Красноярска.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КНЦ СО РАН (FWES-2021-0009).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анискина А. А., Лоскутов С. Р. Очерки о декоративных древесных растениях (Дендрарий Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН). Красноярск: Тип. «Борис и Ко.», 2021. 132 с.
- Бажина Е. В., Квитко О. В., Муратова Е. Н. Мейоз при микроспорогенезе у пихты сибирской в условиях дендрария // Онтогенез. 2007. Т. 38. № 4. С. 299–306.
- Владимирова О. С., Муратова Е. Н., Седаева М. И. Пыльца ели сибирской, произрастающей в различных экологических условиях // Хвойные бореал. зоны. 2008. Т. 25. № 1–2. С. 98–103.
- Горячкина О. В., Седаева М. И. Морфология и качество пыльцы у видов рода *Picea* (Pinaceae) из коллекции дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН // Растит. мир Азиат. России. 2012. № 2 (10). С. 27–32.
- Дендрарий. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2023. http://forest.akadem.ru/Arboretum/arb_index.html
- Дендрарий – Растения. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2023. http://forest.akadem.ru/Arboretum/arb_plnt_r.html
- Дендрарий – Фотогалерея. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2023. http://forest.akadem.ru/Arboretum/arb_phot.html
- Интродукция древесных растений в Сибири / под ред. акад. И. Ю. Коропачинского. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2017. 716 с.
- Кириченко Н. И., Лоскутов Р. И., Седаева М. И., Томошевич М. В., Кенис М. Освоение листьев древесных растений-интродуцентов насекомыми-минерами в сибирских дендрариях // Изв. СПб. лесотех. акад. 2009. Вып. 182. С. 140–148.
- Коропачинский И. Ю., Лоскутов Р. И. Древесные растения для озеленения Красноярска. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2014. 320 с.
- Лобанов А. И., Кириенко М. А. Особенности сезонного развития растений рода *Crataegus* L. в условиях Красноярской лесостепи // Вестн. КрасГАУ. 2015. № 2. С. 118–123.
- Лоскутов Р. И. Интродукция декоративных древесных растений в южной части Средней Сибири. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1991. 189 с.
- Лоскутов Р. И. Декоративные древесные растения для озеленения городов и поселков. Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 1993. 184 с.
- Лоскутов Р. И. Рост и развитие древесных растений-интродуцентов семейства Pinaceae Lindl. в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН // Хвойные бореал. зоны. 2008. Т. 25. № 1–2. С. 113–116.

- Лоскутов Р. И. Рост и развитие древесных растений среднеазиатской дендрофлоры в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН // Хвойные бореал. зоны. 2009. Т. 26. № 2. С. 255–258.
- Лоскутов Р. И. Дендрарий Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (Красноярск, Академгородок). Краткий путеводитель. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2011. 52 с.
- Лоскутов Р. И., Лоскутов С. Р. Декоративные деревья и кустарники. Книга-альбом. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2010. 63 с.
- Миронов П. В., Лоскутов С. Р. Исследование морозостойкости древесных растений, интродуцируемых в дендрарии Института леса СО РАН. 1. Роль белво-криопротекторов в переохлаждении внутриклеточной воды в тканях лиственницы сибирской // ИВУЗ. Лесн. журн. 1998. № 6. С. 24–29.
- Миронов П. В., Лоскутов С. Р. Исследование морозостойкости древесных растений, интродуцируемых в дендрарии Института леса СО РАН. 2. Низкотемпературный термический анализ вегетативных органов клена остролистного, ореха маньчжурского и лоха серебристого // ИВУЗ. Лесн. журн. 1999. № 4. С. 17–21.
- Пак М. Э., Иваницкая А. С., Двойнина Л. М., Третьякова И. Н. Эмбриогенный потенциал длительно пролиферирующих клеточных линий *Larix sibirica in vitro* // Сиб. лесн. журн. 2016. № 1. С. 27–38.
- Пляшечник М. А., Анискина А. А., Лоскутов С. Р. Сезонное изменение соотношения монотерпенов хвои *Picea obovata* (Pinaceae) // Раст. рес. 2011. Вып. 1. С. 80–86.
- Постановление бюро Красноярского городского комитета КПСС и исполнительного комитета Совета народных депутатов г. Красноярска от 22.02.1977 № 94 «О создании дендрария в городе Красноярске». Красноярск, 1977.
- Седаева М. И., Вараксин Г. С. Инорайонные древесные растения в условиях Красноярской лесостепи // Вестн. КрасГАУ. 2007. № 2. С. 163–168.
- Седаева М. И., Лобанов А. И. Фенология и репродуктивная способность растений рода *Acer* L. в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (Красноярск) // Hortus botanicus. 2018. Т. 13. С. 260–272.
- Седельникова Т. С., Пименов А. В. Изменчивость хромосомных чисел хвойных при их интродукции и селекции // Бюл. Никит. гос. бот. сада. 2012. № 105. С. 121–125.
- Совет ботанических садов России. М.: Гл. бот. сад им. Н. В. Цицина РАН, 2023. <https://www.gbsad.ru/sovet-botanicheskikh-sadov-rossii>
- Стасова В. В., Скрипальщикова Л. Н., Астраханцева Н. В., Барченков А. П. Морфолого-анатомические характеристики и пигментный состав хвои сосны обыкновенной в зеленых насаждениях г. Красноярска // Сиб. лесн. журн. 2022. № 2. С. 3–10.
- Тихонова Н. А., Анискина А. А., Муратова Е. А. Внутрисезонная изменчивость состава летучих терпеноидов в листьях и цветках *Rhododendron ledebourii* (Ericaceae) в условиях интродукции (г. Красноярск) // Раст. рес. 2015. Т. 51. № 1. С. 81–88.
- Томашевич М. А., Лоскутов Р. И., Седаева М. И. Анализ патогенной микобиоты листьев древесных растений в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (Красноярск) // Бюл. гл. бот. сада. 2014. № 2 (200). С. 53–62.
- Третьякова И. Н., Пак М. Э., Орешкова Н. В., Падутов В. Е. Регенерационная способность клеточных линий лиственницы сибирской в культуре *in vitro* // Изв. РАН. Сер. биол. 2022. № 6. С. 585–596.
- Bazhina E. V., Kvitko O. V., Muratova E. N. Specific features of meiosis in the Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) artificial populations // Rus. J. Dev. Biol. 2007. V. 38. N. 4. P. 246–252 (Original Rus. text © E. V. Bazhina, O. V. Kvitko, E. N. Muratova, 2007, publ. in Ontogenez. 2007. V. 38. N. 4. P. 299–306).
- Botanic Gardens Conservation International, 2023. <https://www.bgci.org/garden.php?id=4992&.ftrCountry=RU&.ftrKeyword=&.ftrBGCI mem=&.ftrIAREg=>
- Tretyakova I. N., Pak M. E., Oreshkova N. V., Padutov V. E. The regenerative capacity of Siberian larch cell lines *in vitro* // Biol. Bull. Rus. Acad. Sci. 2022. V. 49. Iss. 6. P. 609–619 (Original Rus. text © I. N. Tretyakova, M. E. Pak, N. V. Oreshkova, V. E. Padutov, 2022, publ. in Izv. RAN. Ser. Biol. 2022. N. 6. P. 585–596).

THE PAST AND THE PRESENT OF THE ARBORETUM OF V. N. SUKACHEV INSTITUTE OF FOREST SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

A. V. Pimenov, M. A. Kirienko, M. A. Plyashechnik, A. A. Aniskina, S. R. Loskutov

*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: pimenov@ksc.krasn.ru, lma7878@mail.ru, lilwood@ksc.krasn.ru,
aniskina_a@ksc.krasn.ru, lsr@ksc.krasn.ru

Materials are presented on the history of formation and the current state of the arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, established in 1977 with the aim of testing woody plants from various botanical and geographical areas in the conditions of the city of Krasnoyarsk, which will subsequently be a source of seeds and planting material for introduction into green building in the territory of the settlements of Krasnoyarsk Krai. During almost half a century of the existence of the arboretum, about 450 species of woody plants were tested for gradual acclimatization. Currently, 203 winter-hardy species of trees and shrubs grow on its territory (4.17 ha). This collection is the basis for diverse bioecological studies, in which specialists from most laboratories of the Institute of Forest are involved. Observations are made on the seasonal growth, development, physiological and phenological characteristics of woody plants. The reproductive processes and possibilities of seed and vegetative propagation of introduced plants are being studied. The karyological features and microclonal propagation of conifers are studied. The arboretum is a test site for studies of damage to introduced plants by insects and fungal phytopathogens. Modern problems of arboretum conservation associated with the intention to build a multi-storey residential building on its territory are characterized, in which 628 specimens of woody plants (36.8 % of the total number) will be cut down, and 165 specimens will suffer indirectly, being within the area that falls under development. The efforts made in this regard by the authorities and the public to protect the arboretum, to preserve this unique object for future generations of scientists and all residents of the city of Krasnoyarsk are reflected.

Keywords: *woody plants, introduction, bioecological research.*

How to cite: *Pimenov A. V., Kirienko M. A., Plyashechnik M. A., Aniskina A. A., Loskutov S. R. The past and the present of the arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 14–22 (in Russian with English abstract and references).*

УДК 630*453

ИНВАЙДЕРЫ И ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ: ПОЧЕМУ НЕЗВАННЫЙ ГОСТЬ ХУЖЕ?

Ю. И. Гниненко¹, Н. В. Ширяева²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства
и механизации лесного хозяйства
141200, Пушкино, Московская обл., ул. Институтская, 15

² Сочинский национальный парк
354002, Сочи, Краснодарский край, Курортный проспект, 74

E-mail: yuivgnin-2021@mail.ru, natshir@bk.ru

Поступила в редакцию 09.06.2023 г.

В XXI в. в лесных сообществах России все чаще стали появляться новые дендрофильные вселенцы, наносящие все более существенный ущерб древостоям. Каждый новый агрессивный пришелец (инвайдер) почти всегда оказывается большой проблемой для лесоводов, так как всегда его обнаруживают по нанесенным повреждениям, когда он фактически уже натурализовался в новых для него местах обитания. При этом отсутствуют препараты, разрешенные к применению против этого вселенца, не разработаны технологии защиты и не изучены особенности биологии фитофага в формирующемся вторичном его ареале. Часто инвайдер впервые появляется в лесах вокруг крупных городов и транспортных узлов, в разного рода особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Это еще более затрудняет разработку мер защиты от него. Появление чуждого вида в лесах заповедников и национальных парков в настоящее время делает практически невозможным проведение мер защиты даже тогда, когда вред от вселенца очевиден. Появившись на территории ООПТ, инвайдер становится охраняемым его обитателем по факту присутствия здесь, так как действующее законодательство не предусматривает для него иного статуса. Но и в таёжных лесах Сибири появление инвайдеров также не ведет к быстрому началу разработки мер защиты от них. С начала XXI в. в леса и озеленительные посадки России проникли такие опасные вселенцы, как уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus* Blandford, 1894), самшитовая огневка (*Cydalima perspectalis* (Walker, 1859)), восточная каштановая орехотворка (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951), ясеневая узкотелая изумрудная златка (*Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888) и др. Некоторые из них нанесли непоправимый ущерб природным лесным сообществам. Цель статьи – рассмотреть некоторые аспекты сложившейся ситуации с дендрофильными инвайдерами и обсудить возможные пути разрешения проблемы защиты от новых вселенцев.

Ключевые слова: дендрофильные инвайдеры, заповедники, национальные парки, меры защиты.

DOI: 10.15372/SJFS20230505

ВВЕДЕНИЕ

Особо охраняемые природные территории (ООПТ), какого бы уровня они не были, выполняют очень важную функцию – они призваны сохранить природные сообщества, в частности лесные территории, в состоянии, максимально близком к естественному. Именно поэтому на территориях ООПТ запрещена или в существенной степени ограничена хозяйственная деятельность. Такое целевое назначение ООПТ вполне понятно и оправдано.

Однако в последние десятилетия все чаще складываются ситуации, при которых целевое назначение ООПТ приходит в противоречие с реально складывающейся ситуацией и это приводит к тому, что соблюдение режима ограничения деятельности ведет к утрате лесных сообществ, для сохранения которых они и были созданы. По-видимому, необходимо законодателям, профессиональному сообществу и широким слоям общественности осознать эту ситуацию и внести такие изменения в действующие нормативные документы, которые бы позволи-

ли принимать эффективные меры, адекватные складывающимся обстоятельствам.

В XXI в. на территорию России все чаще стали проникать и натурализоваться чужеродные виды, некоторые из них становятся инвазийными или видами-инвайдерами, причиняющими явный экономический вред лесному или сельскому хозяйству, здоровью человека или существенно влияющими на биоразнообразие (Петросян и др., 2018; Iannone et al., 2020). Зачастую вселенец не оказывается опасным вредителем. Например, проникший в Европу и Россию из Северной Америки пилильщик (*Nematus tibialis* Newman, 1837) (Hymenoptera: Tenthredinidae) (Marković, Stojanović, 2008; De Groot, Kavčič, 2017 и др.) освоил все территории, где произрастет его кормовое растение – робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia* L.) (Fabaceae Lindl.), которое само является чуждым для Старого Света вселенцем из Северной Америки, и нигде не стал ее вредителем (Vítková et al., 2017; и др.).

Обычно инвайдеры впервые появляются в лесах вокруг крупных транспортных узлов или в крупных городах (Масляков, Ижевский, 2011; Карпун и др., 2017). Невозможность принятия быстрых мер по защите от любого нового вселенца связано с тем, что в момент его обнаружения на территории страны отсутствуют препараты, которые можно применять для борьбы с ним. Успех в защите от любого инвайдера во многом зависит от того, насколько быстро эти препараты будут испытаны и официально разрешены для применения.

В данной статье рассмотрены несколько примеров конкретных ситуаций, которые привели или приводят к полной или частичной утрате тех лесных сообществ, ради сохранения которых конкретные ООПТ в свое время были созданы.

Самшитовая огневка (*Cydalima perspectalis* (Walker, 1859)) (Lepidoptera: Crambidae) впервые обнаружена на территории России на Кавказе в 2012 г. (Гниненко и др., 2014), а в 2013 г. она уже имела непрерывный ареал от границы с Абхазией на юге до Новороссийска на севере Черноморского побережья и два островных ареала в Краснодаре и Грозном. В 2014 г. огневка выявлена в Адыгее, и к 2015 г. сформировался ее непрерывный ареал от Сочи до Грозного.

В 2012 г. огневка появилась на территории Сочинского национального парка, Кавказского государственного природного биосферного заповедника им. Х. Г. Шапошникова и в озеленительных посадках г. Сочи, а в 2013 г. уже стал

заметен вред от нее. Обе ООПТ, где она была обнаружена, не имели возможности принять меры по ликвидации нового вселенца. Это было связано с тем, что на их территориях запрещено применение пестицидов даже в научных целях, а к моменту обнаружения самшитовой огневки в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории России, не было ни одного препарата, который можно было бы использовать в борьбе с этим вредителем. Фактически получилось так, что вселившись на территории заповедника и национального парка, самшитовая огневка по факту обитания на них стала таким же охраняемым объектом, как и самшит, для сохранения которого наряду с другими растениями и были созданы эти ООПТ. При отсутствии возможности официального применения действенных мер защиты самшита в течение 2012–2015 гг. гусеницами огневки были уничтожены все самшитники, и практически в лесах самшитовые древостои были утрачены.

Несколько иная ситуация сложилась в городских озеленительных посадках самшита. Частные владельцы участков, а также многочисленные организации в г. Сочи, на территориях которых произрастал самшит, видя наносимые повреждения, применяли любые доступные им пестициды. В результате этого самшит в озеленительных посадках был большей частью сохранен. Для недопущения дальнейшего повреждения растений частные владельцы территорий их произрастания при появлении гусениц регулярно проводят защитные обработки. Это приводит к тому, что в городских посадках самшита создаются условия для формирования популяции самшитовой огневки, устойчивой к пестицидам, а на территориях национального парка и заповедника ведутся работы по восстановлению погибших самшитников. Складывается ситуация, при которой в городских посадках на очень низком уровне численности сохраняется этот опасный инвайдер, и как только в лесах восстанавливаются молодые самшитники, пусть даже и на небольших площадях, огневка (возможно устойчивая к пестицидам) вновь появится на территориях этих ООПТ.

Союзный короед (*Ips amitinus* (Eichhoff, 1872)) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) впервые выявлен в кедровых борах Кемеровской области в 2016 г. (Керчев и др., 2019, 2021; Kerchev et al., 2021). Вскоре он проник в припоселковые кедряки Томской области, где нанес значительный вред и уничтожил большую часть



Рис. 1. Погибшие от повреждений союзным короедом кедровые сосны (фото Р. И. Гимранова).

Лучаново-Ипатовского кедрового бора (Гниненко и др. 2022) (рис. 1). В естественной части своего ареала в странах Западной и Центральной Европы он развивается на нескольких видах хвойных пород, но в районе инвазии стал опаснейшим вредителем кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour).

Появление этого инвайдера показало совершенную неготовность всей системы защиты леса принимать быстрые и адекватные опасностные решения. Это обусловлено несколькими серьезными причинами. Во-первых, как всегда, в момент выявления нового инвайдера отсутствовали технологии борьбы с ним. Ранее в арсенале средств борьбы с любыми стволовыми вредителями было действенное, проверенное многолетней практикой средство – своевременная вырубка свежеселенных деревьев. Но в данном случае такую работу невозможно провести, так как в стране действует запрет на вырубку кедра, не предусматривающий исключений, – кедр не подлежит вырубке (при этом фактическое состояние конкретных деревьев не имеет значения: вырубать нельзя усыхающие, свежеселенные стволовыми вредителями деревья и даже сухостой), тем более в ООПТ, каковыми и являются припоселковые боры.

До настоящего времени нет отечественного феромона этого ксилофага, а попытки вылавливать его на неспецифические феромоны показали их несостоятельность (Кривец и др., 2023). Лесное хозяйство было готово начать работы по массовому внутривидовому инъектированию кедров, но эта работа не была проведена, поскольку не изучена степень вероятного проникновения пестицидов в кедровые орехи, которые являются важной статьей дохода местного населения. Даже если предположить, что в орехи попадает вполне допустимое количество пестицидов, рынок использования этого метода крайне узок, и регистранты пестицидов не проявили заинтересованности в выполнении процедур государственной регистрации пестицидов для такого применения.

Для защиты кедров возможно применить их природных врагов – энтомофагов, что требует создания биолaborаторий по их разведению, а к этому оказались не готовыми ни местные органы власти, ни органы управления лесами. Кроме того, запрет на проведение рубок кедра привел к тому, что в кедряках накапливаются старые древостои, и если не проводить работы по их омоложению (т. е. не вырубать старые деревья и не заменять их на молодые), то вскоре уже никакие меры не смогут предотвратить массовое усыхание старых кедрячей. Ни в одном припоселковом бору, которые являются ООПТ, не только не проводят такие работы, но и не изучаются процессы замены старых деревьев на молодые.

Сажистая болезнь, возбудитель которой – *Cryptostroma corticale* (Ellis & Everh.) Gregory & Waller, (Ascomycota: Pezizomycotina) впервые на территории России официально выявлен в 2022 г. в национальном парке «Кисловодский» у клёнов (*Acer* L.) (Гниненко, Чилахсаева, 2023), в настоящее время отмечена также и в Москве (Синельников, 2020), т. е. к моменту первого обнаружения она была широко распространена по территории России. Этот инвайдер имеет особую опасность: он является причиной не только усыхания клёнов, но в период массового спороношения может вызывать легочную болезнь у людей (Braun et al., 2021).

Однако ситуация от того, что болезнь опасна также и для людей, не улучшилась. Ее впервые выявили на территории национального парка «Кисловодский», и провести вырубку погибших деревьев оказалось очень затруднительно, главным образом потому, что общественность при проведении любых рубок выражает яростный

протест. Как всегда, в момент выявления болезни нет средств, которые были бы разрешены для борьбы с ней. Поэтому не исключено, что в предстоящие годы болезнь будет распространяться по территории России все более широко, тогда как меры защиты от нее не будут разрабатываться.

Уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus* Blandford, 1894) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) – агрессивный вредитель пихты (*Abies* Mill.), завезенный в Сибирь с Дальнего Востока, впервые выявлен в Томской области в 2008 г., а в Красноярском крае – в 2009 г. (Баранчиков, Кривец, 2010; Кривец и др., 2015). Согласно дендрохронологическим датировкам, следы его поселения несут деревья пихты, отмершие в Красноярском крае еще в середине 70-х годов прошлого века (Баранчиков и др., 2014), а в Томской области – в 2000 г. (Демидко, 2014). С тех пор инвайдер уничтожил пихтовые леса на больших площадях в Томской, Кемеровской, Иркутской областях, в Красноярском и Алтайском краях, в Хакасии и на Горном Алтае. Долгое время видовую принадлежность инвайдера не могли правильно определить (Баранчиков, Кривец, 2010), а меры борьбы с ним до настоящего времени не применяются в скольконибудь заметных объемах. Происходит медленное уничтожение вредителем пихтовых лесов в таежных районах Сибири.

Очень наглядно ситуация проявилась в национальном парке «Столбы» близ Красноярска. Полиграф полностью разрушил здесь все пихтовые древостои на глазах многочисленных туристов и лесоводов (Аноним, 2023). Однако по мере развития очагов санитарные рубки проводить запрещалось, также как применять пестициды, а возможность использования энтомофагов находилась в стадии изучения.

Особо тревожная ситуация складывается в настоящее время в связи с тем, что полиграф проник на территорию особо охраняемой природной зоны оз. Байкал и уже начал уничтожать пихту вокруг него. И вновь невозможно принять никаких мер защиты, так как вырубка свежеселенных деревьев (что могло бы если уж не предотвратить, то существенно замедлить его распространение) невозможна, применение химических средств также запрещено. Мы вновь сталкиваемся с ситуацией, когда инвазивный вредитель, попав на территорию ООПТ, сам становится объектом охраны, а те леса, которые он уничтожает, охране не подлежат.

Ясенева узкотелая изумрудная златка (*Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888) (Coleoptera: Buprestidae) была впервые выявлена в Европейской части России в 2003 г. по уже нанесенным ею повреждениям в Москве, в том числе в парках (Шанхиза, 2006; Мозолевская, Ижевский, 2007; Гниненко, 2013; Гниненко, Клюкин, 2016; Баранчиков и др., 2016). Было понятно, что остановить развитие инвазии может только своевременная рубка и уничтожение свежеселенных деревьев. Однако мэр Москвы запретил рубку любых деревьев, если в кроне есть зеленые ветви. Это открыло возможности беспрепятственного распространения инвайдера. Поскольку златка предпочитает заселять деревья с вершины, то первоначально усыхают верхние части кроны, затем вредитель переходит в среднюю часть и т. д. При появлении усыхающих вершин в Москве, а затем и городах Подмосковья стали проводить так называемую «опиловку» вершин, т. е. удаление погибших частей стволов, из которых жуки златки уже вылетели и заселили средние или нижние части стволов (рис. 2). Подобная картина хозяйствования в посадках ясеня (*Fraxinus* L.) была очень характерна для Москвы и всех городов Подмосковья в 2012–2014 гг. Тратились большие средства на выполнение совершенно бесполезной для предотвращения распространения златки работы. Развитие инвазии привело к тому, что в Москве погибло более 103 тыс. деревьев ясеня, а ущерб составил около 17 230.4 млн руб. (Гниненко, Клюкин 2016). Но после нескольких лет практически беспрепятственного распространения златки, началась деятельность появившихся ее паразитоидов, прежде всего наездник (*Spathius polonicus* Niezabitowski, 1910) (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae). Это привело к тому, что в настоящее время златка никуда не исчезла из Москвы, но её вред стал менее заметным, деревья продолжают погибать от неё, не привлекая внимания руководства города и общественности.

В связи с этим прекращены любые исследования по испытаниям пестицидов для борьбы с вредителем и не проводятся работы по применению энтомофагов.

Златка стала расширять свой инвазионный ареал в Европейской части России (Мозолевская и др., 2008; Орлова-Беньковская, 2013; и др.) и везде, куда она проникала, повторялась ситуация, которая и привела к катастрофе с ясенем в Москве. Например, появление златки в Волгограде первоначально не было воспринято всерьез руководством города, затем начались поиски



Рис. 2. Удаление отмерших вершин у деревьев ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.), заселенного ясеневой узкотелой златкой. При этом расположенные ниже спиленные пока живые участки стволов плотно заселены личинками вредителя. Москва, Гоголевский бульвар, 2009 г. (фото Ю. Н. Баранчикова).

каких-нибудь мер, которые бы быстро и эффективно уничтожили вредителя. Но таких мер не существует, так как до настоящего времени в стране нет ни одного препарата, разрешенного к применению для защиты от златки. Отсутствует также производство её энтомофагов, хотя методология этого процесса давно разработана за рубежом (USDA APHIS, 2007; Lelito et al. 2015; Лелито, Уатт, 2016). Примерно через 10 лет после появления в конкретном месте златки, когда она успевает уничтожить большую часть ясеня, начинает проявляться регулирующая роль ее энтомофагов и интерес к вредителю пропадает. Такая или очень похожая ситуация складывается по всему периметру расширяющегося ареала златки. В настоящее время она продвинулась до Краснодарского края и Адыгеи, и там также начали массово погибать ясени в озеленительных посадках.

Златка освоила и естественные леса с участием ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) на территории Европейской части России. В настоящее время она появилась также на юге страны, где естественно произрастает ясень остроплодный (*Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* (Willd.) Franco & Rocha Afonso). Однако, к сожалению, изучение последствий такого освоения не проводится и невозможно предсказать, что будет происходить с этим видом в горных лесах Кавказа после инвазии златки.

ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотренные нами пять примеров последствий появления новых дендрофильных инвайдеров (которые вовсе не исчерпывают все случаи такого рода), показывают несколько системных ошибок, не позволяющих принимать меры защиты от пришельцев, которые были бы адекватны ситуациям.

Наиболее важной причиной такого положения дел, по нашему мнению, является неготовность специалистов, широкой общественности и чиновников воспринимать появление новых инвайдеров как серьезную опасную угрозу состоянию и сохранению городских и лесных насаждений. В России проблема появления новых дендрофильных вселенцев обострилась совсем недавно, с начала XXI в.

Ранее в страну проникло всего несколько подобных вредителей, как, например, в середине XX в. – американская белая бабочка (*Hyphantria cunea* Drury, 1773) (Lepidoptera: Arctiidae), опасный карантинный вредитель, повреждающий около 300 видов растений. Наибольший вред она наносит шелковице (*Morus* L.), клену ясенелистному (*Acer negundo* L.), груше (*Pyrus* L.), сливе (*Prunus* L.), вязу (*Ulmus* L.), ореху грецкому (*Juglans regia* L.) и др. Из лесных древесных пород повреждает липу (*Tilia* L.), ясень обыкновенный, бук (*Fagus* L.), граб (*Carpinus* L.),

дуб (*Quercus* L.), явор (*Acer pseudoplatanus* L.), платан (*Platanus* L.), тополь (*Populus* L.), иву (*Salix* L.), из кустарниковых – лещину (*Corylus* L.) и бузину (*Sambucus* L.). Вредитель распространился в южных районах европейской части страны. В борьбе с ним были разработаны и введены в действие с 1989 г. «Рекомендации по авиационному применению бактериальных препаратов в борьбе с американской белой бабочкой в лесах» (Кобзарь и др., 1989), успешно примененные в лесах Северного Кавказа, не относящихся к ООПТ, позволившие снизить численность вредителя до минимума и предотвратить гибель лесных насаждений.

Но после того как Россия встроилась в сеть активных международных обменов (это и торговые связи, и огромный масштаб перемещения людей), инвайдеры стали появляться все чаще, особенно это касается юга нашей страны. После 2000 г., по данным ФИЦ «Субтропический научный центр» РАН, только в районе г. Сочи появилось 52 новых вида вредителей древесных растений (Карпун и др., 2015–2017).

Появившимся новым инвазивным организмам, представляющим реальную угрозу ценным и реликтовым лесным насаждениям Черноморского побережья Краснодарского края, посвящен целый ряд работ (Карпун и др., 2017; Ширяева, 2022; и др.).

В рамках данной статьи мы не рассматриваем причины такого увеличения масштабов явления. Нам важно проанализировать реакцию специалистов, должностных лиц и населения на появление инвайдеров. И в связи с этим нужно отметить, что появление, например, самшитовой огневки не вызвало первоначально никаких тревог даже у некоторых энтомологов. В 2013 г. в Сочинском национальном парке было проведено специальное рабочее совещание в связи с обнаружением самшитовой огневки и той потенциальной угрозой, которую она представляла. Отдельными его участниками было высказано мнение, которое, к счастью, осталось неподдержанным, что в фауне Кавказа появилась еще одна красивая и неопасная бабочка.

По итогам этого совещания было подготовлено письмо о представляющем угрозу новом вредителе, направленное в Минприроды РФ, но ответ на него так и не был получен.

Второй причиной неприятия быстрых решений является человеческий фактор, когда любой чиновник, как правило, начинает действовать только в случаях очевидности угрозы или при получении соответствующих указаний

от вышестоящих лиц. На начальном этапе инвазии, когда массовые повреждения отсутствуют и только группа ученых сообщает о вероятности их появления (а некоторые специалисты при этом не поддерживают такое мнение), никакие решения, как показывает опыт нашей работы, не принимаются. Еще одной причиной неприятия своевременных мер против инвайдеров является непонимание ситуации со стороны населения. Особенно это касается мероприятий по ликвидации первых выявленных деревьев, погибших от стволовых вредителей. Вырубка таких деревьев, а особенно на территориях ООПТ или в населенных пунктах, всегда вызывает широкий резонанс и протесты населения. Мнение специалистов по этому поводу обычно не учитывается.

Но главной причиной такого положения является явно устаревшее природоохранное законодательство, не позволявшее до настоящего времени осуществлять мероприятия по защите и сохранению насаждений на ООПТ (Ширяева, Лянгузов, 2016; Ширяева, 2018а, б; и др.).

Ярчайшим примером неприятия мер борьбы с инвазивными организмами на ООПТ стала трагедия с самшитом колхидским (*Vixus colchica* Rojark.) в лесах Сочинского национального парка, когда ценнейшая реликтовая порода практически была полностью уничтожена опасным агрессивным инвайдером – самшитовой огневкой (Ширяева, 2018б; и др.).

В последние годы имеется несколько примеров принятия эффективных решений, позволивших проводить некоторые меры защиты. Так, в 2021 г. Министерство природных ресурсов и экологии России подготовило «Разъяснение о возможности использования энтомофагов для борьбы с инвазивными организмами на ООПТ» (19.03.2021 № 01-15-53/7201) и «Разъяснение о возможности использования химических препаратов для борьбы с инвазивными организмами на ООПТ» (09.04.2021 № 01-15-53/9964). Однако это только частичный успех. В действующих нормативно-правовых документах, регламентирующих работу ООПТ, имеется достаточно положений, декларирующих возможность проведения разных мероприятий для сохранения лесных сообществ. Но эти положения не подкреплены подзаконными актами, утвержденными методиками и руководствами, которые бы сделали работу по защите лесов на охраняемых территориях возможными.

Например, п. 2 ст. 9 ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (1995) указывает,

что «На территориях государственных природных заповедников допускаются мероприятия и деятельность, направленные на:

а) сохранение в естественном состоянии природных комплексов, восстановление и предотвращение изменений природных комплексов и их компонентов в результате антропогенного воздействия;

б) поддержание условий, обеспечивающих санитарную и противопожарную безопасность. Казалось бы, здесь предусмотрена возможность выполнения многих мероприятий по сохранению именно естественного состояния лесных сообществ. Но эта запись в законе (как и во многих других случаях) никак не подкреплена разработанными и утверждёнными надлежащим образом инструкциями, методиками и тому подобными подзаконными актами. А в таком случае ни один практический работник ООПТ не может выполнить основную функцию ООПТ – сохранить природные сообщества в их естественном состоянии.

Для выполнения подобных работ важно не только провозгласить что можно делать, но и обеспечить правовые основы для того, как следует это делать.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все более частое появление новых дендрофильных инвайдеров в лесах России делает необходимым изменение подходов к разработке мер защиты от них. Прежде всего, необходимо изменить природоохранное законодательство таким образом, чтобы каждый новый агрессивный вид-вселенец, даже если он выявлен на территории ООПТ любого уровня, должен рассматриваться как чрезвычайно опасный организм, и против него следует принимать эффективные меры защиты.

Разработка таких мер должна начинаться тогда, когда инвазивный организм выявлен на территориях сопредельных с Россией стран, чтобы ко времени его появления в лесах нашей страны была возможность применять препараты и энтомофагов для его успешного сдерживания.

Наиболее важным при этом является не только констатация возможности выполнять те или иные работы, но и своевременная разработка и утверждение технологий, методик, руководств и подобных нормативных документов, чтобы провозглашённая возможность стала бы реально выполнимой.

Авторы признательны Ю. Н. Баранчикову за предоставленные фотографии и полезное обсуждение.

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания ФБУ ВНИИЛМ, Сочинского национального парка и национального парка «Кисловодский», а также договоров между ФБУ ВНИИЛМ и Сочинским национальным парком в 2021 г. и национальным парком «Кисловодский» в 2021–2022 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аноним. Больше половины лесов в нацпарке «Красноярские Столбы» усохло: предстоят большие вырубki // Дела.ru. 2023. <https://dela.ru/news/279690/>
- Баранчиков Ю. Н., Демидко Д. А., Лантнев А. В., Петько В. М. Динамика отмирания деревьев пихты сибирской в очаге уссурийского полиграфа // Лесн. вестн. 2014. Т. 18. № 6. С. 132–138.
- Баранчиков Ю. Н., Демидко Д. А., Звягинцев В. Б., Серая Л. Г. Ясеновая узкотелая златка в Москве: дендрохронологическая реконструкция хода инвазии // Научные основы устойчивого управления лесами: Материалы II Всерос. науч. конф. с междунар. участ. М.: ЦЭПЛ РАН, 2016. С. 23–24.
- Баранчиков Ю. Н., Кривец С. А. О профессионализме при определении насекомых: как просмотрели появление нового агрессивного вредителя пихты в Сибири // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. 2010. Т. 1. Вып. 14. С. 50–52.
- Гниненко Ю. И. Состояние посадок ясеня в Москве и Московской области // Фитосанитарная безопасность и контроль сельскохозяйственной продукции. Бояны, 2013. С. 97–100. (Инф. бюл. ВПРС МОББ; № 44).
- Гниненко Ю. И., Клюкин М. С. Последствия инвазии златки: состояние посадок ясеня в Москве и Московской области // Ясеновая узкотелая изумрудная златка – распространение и меры защиты в США и России. Пушкино: ВНИИЛМ, 2016. С. 34–44.
- Гниненко Ю. И., Чемоданов А. В., Раков А. Г., Гимранов Р. И., Чилахсаева Е. А. Союзный короед *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) – развитие очагов массового размножения в кедровых борах Западной Сибири // Фитосанитария. Карантин растений. 2022. Вып. 2. С. 60–70.
- Гниненко Ю. И., Чилахсаева Е. А. Новая опасность – сажистая болезнь клена // Материалы 10-го научно-практического семинара «Вопросы организации борьбы с опасными вредными организмами древесных растений на урбанизированных территориях», ВНИИЛМ, Пушкино, 16 февраля 2023 г. Пушкино: ВНИИЛМ, 2023. 5 с.
- Гниненко Ю. И., Ширяева Н. В., Щуров В. И. Самшитовая огневка – новый инвазивный организм в лесах российского Кавказа // Карантин растений. Наука и практика. 2014. № 1 (7). С. 32–36.
- Демидко Д. А. Датировка инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) на территорию Томской

- области // Изв. СПб. лесотех. акад. 2014. Вып. 207. С. 225–233.
- Карпун Н. Н., Игнатова Е. А., Журавлева Е. Н. Новые виды вредителей декоративных древесных растений во влажных субтропиках Краснодарского края // Изв. СПб. лесотех. акад. 2015. Вып. 211. С. 189–203.
- Карпун Н. Н., Азнаурова Ж. У., Проценко В. Е. Вредители и болезни древесных растений в дендропарке санатория имени М. В. Фрунзе (г. Сочи) // Субтропическое и декоративное садоводство. 2016. Вып. 59. С. 169–177.
- Карпун Н. Н., Журавлева Е. Н., Волкович М. Г., Проценко В. Е., Мусолин Д. Л. К фауне и биологии новых чужеродных видов насекомых-вредителей древесных растений во влажных субтропиках России // Изв. СПб. лесотех. акад. 2017. Вып. 220. С. 169–185.
- Керчев И. А., Мандельштам М. Ю., Кривец С. А., Илинский Ю. Ю. Союзный короед (*Ips amitinus* Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) – новый чужеродный вид в Западной Сибири // Энтومол. обзор. 2019. Т. 98. № 3. С. 592–599.
- Керчев И. А., Кривец С. А., Бисирова Э. М., Смирнов Н. А. Распространение союзного короеда *Ips amitinus* Eichhoff, 1872 в Западной Сибири // Рос. журн. биол. инваз. 2021. Т. 14. № 4. С. 77–84.
- Кобзарь В. Ф., Ширяева Н. В., Сикура А. И., Чирков М. В., Мурза В. И., Дорманов Б. А. Рекомендации по авиационному применению бактериальных препаратов в борьбе с американской белой бабочкой в лесах. М.: Мин-во гражд. авиации / Госкомлес СССР, 1989. 10 с.
- Кривец С. А., Керчев И. А., Бисирова Э. М., Смирнов Н. А., Пац Е. Н. Союзный короед – новый вызов для лесозащиты в Сибири // Сиб. лесн. журн. 2023. № 1. С. 43–57.
- Кривец С. А., Керчев И. А., Бисирова Э. М., Пащенко Н. В., Демидко Д. А., Петько В. М., Баранчиков Ю. Н. Уссурийский полиграф в лесах Сибири (распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений): Метод. пособие. Томск; Красноярск: Умиум, 2015. 48 с.
- Лелито Д., Уатт Т. Массовое производство перепончатокрылых паразитоидов для биологической борьбы с ясеневой узкотелой изумрудной златкой в США // Ясеновая узкотелая изумрудная златка – распространение и меры защиты в США и России. Пушкино: ВНИИЛМ, 2016. С. 78–95.
- Масляков В. Ю., Ижевский С. С. Инвазии растительноядных насекомых в Европейскую часть России. М.: Ин-т геогр. РАН, 2011. 272 с.
- Мозолева Е. Г., Ижевский С. С. Очаги ясеневой златки в Московском регионе // Защита и карантин растений. 2007. № 5. С. 28–30.
- Мозолева Е. Г., Исмаилов А. И., Алексеев М. А. Очаги нового опасного вредителя ясеня – изумрудной узкотелой златки в Москве и Подмоскowie // Лесн. вестн. 2008. № 1. С. 53–59.
- Орлова-Беньковская М. Я. Резкое расширение ареала инвазивного вредителя ясеня, златки *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera, Buprestidae), в Европейской части России // Энтومол. обзор. 2013. Т. 92. Вып. 4. С. 710–715.
- Петросян В. Г., Осипов Ф. А., Хляп Л. А., Дгебуадзе Ю. Ю. Введение // Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Ред. Ю. Ю. Дгебуадзе, В. Г. Петросян, Л. А. Хляп. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2018. С. 14–18.
- Письмо Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 19.03.2021 № 01-15-53/7201 «Разъяснение о возможности использования энтомофагов для борьбы с инвазивными организмами на ООПТ». М., 2021.
- Письмо Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 09.04.2021 № 01-15-53/9964 «Разъяснение о возможности использования химических препаратов для борьбы с инвазивными организмами на ООПТ». М., 2021.
- Синельников К. Ю. Сажестый гриб клёна – *Cryptostroma corticale*. 2020. <https://vitusltd.ru/blog/lesozaschita/18614>
- Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ (ред. от 28.06.2022) «Об особо охраняемых природных территориях».
- Шанхиза Е. В. Инвазия узкотелой златки *Agrilus planipennis* в Московском регионе // Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи, 2006. 1 с. www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/fraxxx.htm
- Ширяева Н. В. Соблюдение федерального законодательства, или сохранение биологического разнообразия: результаты выбора // Сочинскому национальному парку – 35 лет. Сочи: Тип. «Оптима», 2018а. С. 44–52. (Тр. Сочинского нац. парка; Вып. 12).
- Ширяева Н. В. Третья волна экспансии инвазивных фитофагов на территорию Сочинского национального парка // Науч. зап. природ. заповед. «Мыс Мартыан». 2018б. № 9. С. 165–167.
- Ширяева Н. В. Чужеродные фитофаги и проблемы защиты насаждений в Сочинском национальном парке // Тр. Мордов. гос. природ. заповед. им. П. Г. Сидовича. 2022. Вып. 31. С. 54–72.
- Ширяева Н. В., Лянгузов М. Е. Проблема защиты древесных растений при угрозе их массовой гибели на особо охраняемых природных территориях // IX Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: Материалы междунар. конф., Санкт-Петербург, 23–25 ноября 2016 г. / под ред. Д. Л. Мусолина, А. В. Селиховкина. СПб.: СПбГУТУ, 2016. С. 130–131.
- Braun M., Klingelhöfer D., Groneberg D. A. Sooty bark disease of maples: The risk for hypersensitivity pneumonitis by fungal spores not only for woodman // J. Occup. Med. Toxicol. 2021. V. 16. Article number: 2. 7 p.
- De Groot M., Kavčič A. Robinjeva grizlica, *Nematus tibialis*, nova tujerodna vrsta v Sloveniji // Novice iz varstva gozdov. 2017. V. 10. P. 25–26.
- Iannone B. V., Carnevale S., Main M. B., Hill J. E., McConnell J. B., Johnson S. A., Enloe S. F., Andreu M., Bell E. C., Cuda J. P., Baker S. M. Invasive species terminology: standardizing for stakeholder education // J. Extension. 2020. V. 58. Iss. 3. Article 27.
- Kerchey I. A., Krivets S. A., Bisirova E. M., Smirnov N. A. Distribution of the small spruce bark beetle *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) in Western Siberia // Rus. J. Biol. Invas. 2022. V. 13. Iss. 1. P. 58–63 (Original Rus. text © I. A. Kerchey, S. A. Krivets, E. M. Bisirova, N. A. Smirnov, 2021, publ. in Ros. zhurn. biol. invaz. 2021. N. 4. P. 77–84).
- Lelito J. P., Watt T. J., Duan J. J. Mass-rearing of emerald ash Borer and its parasitoids // Biology and Control of Emerald Ash Borer, USDA Forest Service. Washington, 2015. P. 129–137.
- Marković Č., Stojanović A. Nalaz bagremove lisne ose *Nematus tibialis* (Newman) (Hymenoptera, Tenthredinidae) u Srbiji // Biljni Lekar. 2008. V. 36. Br. 2. S. 131–135.

USDA APHIS. The proposed release of three parasitoids for the biological control of the emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) in the continental United States: environmental assessment. Federal Register 72: 28947-28948, Docket No. APHIS-2007-006.

Vítková M., Müllerová J., Sádlo J., Pergl J., Pyšek P. Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: a story of an invasive tree in Central Europe // For. Ecol. Manag. 2017. V. 384. P. 287–302.

INVADERS AND SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS: WHY IS AN INTRUDER WORSE?

Yu. I. Gninenko¹, N. V. Shiryayeva²

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry
Institutskaya Str., 15, Pushkino, Moscow Oblast, 141200 Russian Federation

² Sochi National Park, Kurortny Prospekt, 74, Sochi, Krasnodar Krai, 354002 Russian Federation

E-mail: yuivgnin-2021@mail.ru, natshir@bk.ru

The appearance of new dendrophilic intruders in forest communities in Russia in the XXI century are becoming more frequent and they cause more and more significant damage to stands. Each new aggressive alien species (invader) almost always turns out to be a big problem for foresters, since it is always detected by the damage caused, that is, when it has actually already naturalized in new habitats for it. By this time, there are no drugs approved for use against this alien, protection technologies have not been developed and the peculiarities of the biology of the phytophagus in its emerging secondary area have not been studied. Often the invader first appears in the forests around large cities and transport hubs, in various kinds of specially protected natural areas (protected areas). This makes it even more difficult to develop measures to protect against it. The appearance of an alien species in the forests of nature reserves and national parks currently makes it almost impossible to carry out protection measures even when the harm from the alien is obvious. Having appeared on the territory of a protected area, an invader becomes a protected inhabitant upon his presence here, since the current legislation does not provide for a different status for him. But in the taiga forests of Siberia, the appearance of invaders also does not lead to a quick start of developing measures to protect against them. Since the beginning of the XXI century, such dangerous invaders as the Ussuri polygraph (*Polygraphus proximus* Blandford, 1894), boxwood firewood (*Cydalima perspectalis* (Walker, 1859)), eastern chestnut nutlet (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951), ash narrow-bodied emerald gold (*Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888), etc. have penetrated into the forests and landscaping plantings of Russia. Some of them have caused irreparable damage to natural forest communities. The purpose of the article is to consider some aspects of the current situation with dendrophilic invaders and discuss possible ways to solve the problem of protection from new intruders.

Keywords: dendrophilic invaders, nature reserves, natural parks, protection measures.

How to cite: Gninenko Yu. I., Shiryayeva N. V. Invaders and specially protected natural areas: why is an intruder worse? // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 23–31 (in Russian with English abstract and references).

УДК 576.312.35/37:582.42

ИССЛЕДОВАНИЕ ХРОСОМ ХВОЙНЫХ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В БОТАНИЧЕСКИХ САДАХ, ДЕНДРАРИЯХ И ПАРКАХ

Т. С. Седельникова, А. В. Пименов, Е. Н. Муратова

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

E-mail: tss@ksc.krasn.ru, pimenov@ksc.krasn.ru, elena-muratova@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 02.06.2023 г.

Обобщены сведения, полученные авторами при кариологическом изучении хвойных, произрастающих в дендрариях, парках, ботанических садах различных стран. В семействе сосновые (Pinaceae) изучены представители 7 видов и один межвидовой гибрид рода сосна (*Pinus* L.) и 8 видов рода ель (*Picea* A. Dietr.), которые в диплоидном наборе имеют 24 хромосомы ($2n = 24$), в семействе кипарисовые (Cupressaceae) – 5 интродуцированных видов родов туя (*Thuja* L.), кипарис (*Cupressus* L.), кипарисовик (*Chamaecyparis* Spach) и секвойадендрон (*Sequoiadendron* J. Buchholz), кариотип которых включает 22 хромосомы ($2n = 22$). У видов, форм и культиваров хвойных из семейств сосновые и кипарисовые, находящихся в условиях интродукции, а также являющихся компонентами зеленых насаждений в населенных пунктах различных географических регионов, обнаружена большая изменчивость кариологических признаков. Отмечаются вариабельность числа хромосом (миксоплоидия), изменение морфологии хромосом, увеличение числа нуклеолярных локусов в хромосомах, появление добавочных хромосом, высокая встречаемость и широкий спектр хромосомных аномалий. Изменения, вероятно, вызваны акклиматизацией растений в новых условиях произрастания и адаптацией к повышенной рекреационной нагрузке в парковых насаждениях. Они могут вызывать повышение фенотипического и генетического разнообразия, что необходимо учитывать при интродукции и проведении мероприятий по селекции различных видов хвойных. На основе полученных данных могут быть решены задачи научного, учебно-просветительского, культурного и оздоровительного значения, разработаны рекомендации по отбору видов и внутривидовых таксонов хвойных, пригодных для озеленения населенных пунктов конкретного региона.

Ключевые слова: сосновые, кипарисовые, число хромосом, кариотип, плоидность, геномные и хромосомные мутации, В-хромосомы, миксоплоидия.

DOI: 10.15372/SJFS20230506

Хвойные растения, интродуцированные в дендрариях (арборетумах), парках и скверах, имеют важное научное, культурно-эстетическое и оздоровительное значение. При этом многие виды хвойных успешно произрастают в регионах, далеких от их естественных ареалов. Для разработки научных основ интродукции хвойных растений очень важно исследование их кариотипов, поскольку большая часть наследственной информации сосредоточена в хромосомах. На основе таких исследований могут быть разработаны научно-практические рекомендации по отбору видов и сортов хвойных, пригодных для озеленения конкретного региона. Известно, что хвойные отличаются постоянством числа

хромосом и стабильностью кариотипа. Однако в настоящее время накопилось много сведений о том, что среди отдельных видов, внутривидовых форм и культиваров встречаются экземпляры с нарушениями числа хромосом и различными хромосомными перестройками (Ahuja, 2005; Седельникова и др., 2010; Sedel'nikova et al., 2011; Ohri, 2021; и др.).

Цель настоящей работы – проанализировать данные, полученные авторами при изучении хромосом различных видов хвойных в условиях интродукции.

Материал для исследований собирался в дендрариях (как правило, являющихся подразделениями ботанических садов при научно-ис-



Рис. 1. Парк Победы в г. Ессентуки (фото Т. С. Седельниковой).

следователских учреждениях), парках, скверах и искусственных насаждениях различного назначения России, Болгарии, КНДР, Кыргызстана, США, Украины, Франции, Чехии. Объекты исследования расположены в экологически чистых районах городов, других населенных пунктов и территорий.

Определение числа и изучение морфологии хромосом, выявление структурных перестроек у анализируемых видов хвойных растений проводилось в меристематических тканях проросших семян (проростков) и хвои. Предварительную обработку материала, фиксацию, окрашивание ацетогематоксилином проводили по модифицированным для хвойных методикам, принятым в кариологических исследованиях (Муратова, 1995). Семена проращивали в чашках Петри, проростки длиной 0.5–1.0 см обрабатывали 1 % раствором колхицина в течение 4–6 ч, затем фиксировали спиртово-уксусной смесью (3:1). Проростки окрашивали 1 % раствором ацетогематоксилина после предварительного протравливания материала в 4 % железозамонийных квасцах. Для просмотра использовали «давленные» препараты, приготовленные стандартным способом: исследуемый кончик корешка помещали на предметное стекло в насыщенный раствор хлоралгидрата и раздавливали под покровным стеклом. Препараты просматривали под микроскопом (окуляр $\times 10$, объектив $\times 90$).

В семействе сосновые (Pinaceae) изучены представители родов сосна (*Pinus* L.) и ель

(*Picea* A. Dietr.). Определены числа хромосом и проведен анализ кариотипов 7 видов и одного межвидового гибрида сосны и 8 видов ели. Виды этих родов имеют в диплоидном наборе 24 хромосомы ($2n = 24$).

Проведено исследование сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), высаженной в Парке Победы г. Ессентуки Ставропольского края (Россия), основанном в 1903 г. Он расположен в центре курортной зоны города и занимает территорию около 40 га (рис. 1).

Вначале парк назывался Английским, поскольку был спроектирован в соответствии со стилем английских ландшафтных парков, для которых характерна естественность композиции. Здесь произрастает много интродуцированных видов деревьев и кустарников, организованы маршруты лечебных троп – терренкуров. В семенном потомстве деревьев выявлена миксоплоидия – $2n = 24/48$ (Седельникова и др., 2008).

Изучено семенное потомство сосны обыкновенной в искусственных посадках, созданных в водоохранной зоне среднего плеса Цимлянско-го водохранилища в окрестностях ст. Чир Су-ровикинского района Волгоградской области (Россия). Миксоплоидия ($2n = 24/48$) выявлена у 43 % проростков (рис. 2).

В арборетуме «Софронка», заложенном в Чехии на окраине г. Пльзень в 1956 г., изучены интродуцированные из разных стран виды сосны: из США (штат Айдахо) – с. горная веймутова (*P. monticola* Douglas ex D. Don); из Македонии –

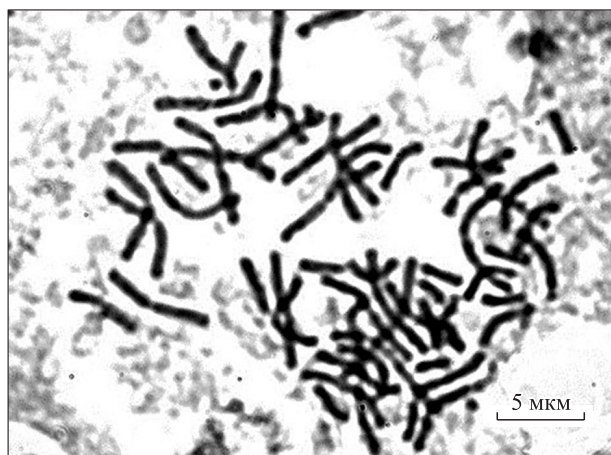


Рис. 2. Тетраплоидная клетка ($2n = 4x = 48$) в корневой меристеме проростков сосны обыкновенной (фото Т. С. Седельниковой).

с. балканская (*P. peuce* Griseb.); из Сербии – с. приморская (*P. pinaster* Aiton); из США (штат Аризона) – с. белая юго-западная (*P. strobiformis* Engelm.); из Испании (провинция Ла Кабанезе) – с. горная древовидная (*P. uncinata* Mill. ex Mirb.), а также межвидовой гибрид с. скрученной и с. Банкса (*P. contorta* Dougl. ex Loud. $\times$ *P. banksiana* Lamb.).

Здесь высажена уникальная коллекция из 60 видов сосны, одна из крупнейших в Евразии, в настоящее время произрастают 16 видов сосны, которые успешно адаптировались и естественным образом воспроизводятся, еще 14 видов выжили в одном или нескольких экземплярах. Виды сосны, которые хорошо прижились здесь, можно выращивать в большинстве стран Центральной Европы. Изменчивость хромосомных чисел выявлена у сосны приморской ($2n = 24/36$), с. горной древовидной ($2n = 24/25$, $2n = 24/48$, $2n = 24/25/48$), гибрида с. скрученной и с. Банкса ($2n = 24/36$, $2n = 24/48$). Встречаемость миксоплоидии у этих видов и гибрида составляет 1–5 % (Седельникова и др., 2008).

Исследована сосна желтая (*Pinus ponderosa* Laws.), интродуцированная в Аксуйской лесной опытной станции им. В. П. Фатунова Института биологии НАН Республики Кыргызстан. Аксуйское опытное лесное хозяйство создано в 1949 г. в с. Теплоключенка (Ак-Суу, Иссыкульская обл.). Оно занимает территорию 1529 га и является единственной в Кыргызстане организацией, проводящей научные опыты по разведению интродуцентов. В Аксуйском опытном лесном хозяйстве заложен дендропарк, в котором произрастает 120 видов кустарников и деревьев, из которых 111 видов – интродуценты. В семенном

потомстве исследованных деревьев сосны желтой отклонений от нормального числа хромосом не выявлено (Седельникова и др., 2008).

У сосны Тунберга (*P. thunbergii* Parl., syn. *P. thunbergiana* Franco), интродуцированной в Центральном ботаническом саду г. Пхеньяна (КНДР), также не отмечено нарушений числа хромосом, но обнаружены кольцевые хромосомы (Муратова и др., 2005; Muratova et al., 2008; Седельникова и др., 2010; Sedel'nikova et al., 2011). Ботанический сад, открытый в 1959 г. у подножия горы Тэсон на окраине Пхеньяна, занимает территорию в 20 га. Здесь выращивается около 8.5 тыс. видов растений, представителей более 100 стран мира. Лидерам КНДР посвящен отдельный участок, где высажено более 150 растений, подаренных им главами иностранных государств и партий, политическими, общественными и научными деятелями (Центральный ботанический сад..., 2023).

Исследован хромосомный набор сосны густоцветковой (*P. densiflora* Siebold et Zucc.) из Приморья, введенной в культуру в дендрарии Института садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко, г. Барнаул (Россия). Этот институт, в котором ведутся исследования по интродукции и селекции плодовых и декоративных видов древесных растений, открыт в 1973 г. на базе организованного в 1933 г. при поддержке И. В. Мичурина плодово-ягодного опорного пункта НИИ садоводства (Научно-исследовательский институт..., 2023). Установлено, что у сосны густоцветковой в условиях интродукции наблюдались изменения морфологии хромосом и увеличение числа нуклеоларных локусов в хромосомах (Муратова, 1997; Муратова и др., 2005; Muratova et al., 2008; Седельникова и др., 2010; Sedel'nikova et al., 2011).

У сосны Джеффри (*P. jeffreyi* Grev. et Balf.), произрастающей в национальных парках «Секвойя» и «Кингз Каньон» (США), обнаружена миксоплоидия – вместе с диплоидными клетками содержались гаплоидные с $2n = 12$ и гиперанеуплоидные с $2n = 25$. Частота встречаемости проростков с нарушениями числа хромосом у сосны Джеффри составила 29 % (Седельникова, 2016б).

В семенном потомстве ели обыкновенной (*P. abies* (L.) H. Karst., syn. *P. excelsa* (Lam.) Link) в парковых насаждениях г. Парижа (Франция) также выявлена миксоплоидия – наряду с диплоидными клетками с $2n = 24$ встречались тетраплоидные с $2n = 48$ (Седельникова и др., 2008). У ели колючей (*P. pungens* Engelm.), произраста-

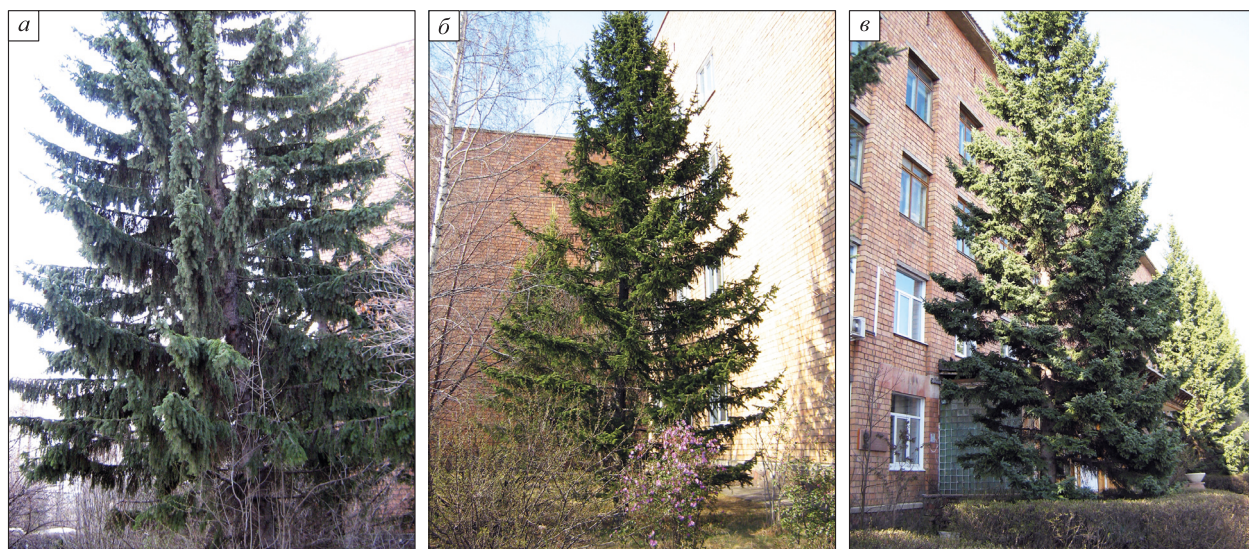


Рис. 3. Декоративные формы ели сибирской в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН г. Красноярск: плакучая (а), желтая (б) и семинская (в) (фото Т. С. Седельниковой).

ющей в Национальном парке г. Санта-Фе (Нью-Мексико, США), были найдены В-хромосомы, выявлена миксоплоидия (Владимирова и др., 2007).

Геномные и хромосомные мутации отмечены у представителей рода ель, интродуцированных за пределами ареала в штате Вашингтон (США): е. шероховатой (*P. asperata* Mast.), е. толстоиглой (*P. crassifolia* Kom.), е. Кояма (*P. koyamae* Shiras.), е. сербской (*P. omorika* (Pančić) Purk.), е. отогнутой (*P. retroflexa* Mast.). У ели шероховатой обнаружены миксоплоиды с $2n = 24/48$, у е. толстоиглой – с $2n = 24/48$ и $24/25/48$; у обоих видов встречались ацентрические кольца и точечные хромосомные фрагменты. У е. сербской отмечены миксоплоиды с $2n = 24/48$, у е. отогнутой – с $2n = 24/25$, $24/48$, у обоих видов найдены хромосомные фрагменты, кольцевые хромосомы, ацентрические кольца. У ели Кояма, кроме миксоплоидии с $2n = 24/12$ и $24/48$, отмечены 1 и 2 В-хромосомы и хромосомные мутации – фрагменты, надетая кольцевая хромосома у е. отогнутой (Горячкина и др., 2013).

Проведено кариологическое изучение 5 декоративных форм ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), различающихся по форме кроны, морфологии и окраске хвои – длиннохвойная (*P. obovata* f. *densiflora* Lucznik), светящаяся (*P. obovata* f. *lucifera* Lucznik), желтая (*P. obovata* f. *lutescens* Lucznik), плакучая (*P. obovata* f. *pendula* Lucznik), семинская (*P. obovata* f. *seminskiensis* Lucznik) в посадках дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева в Академгородке г. Красноярск (рис. 3).

Эти растения отобрала в природе и размножила вегетативным путем З. И. Лучник в дендрарии Института садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко. В Красноярск они привезены и высажены в дендрарий Р. И. Лоскутовым в мае 1977 г.

Дендрарий Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН расположен на высокой (250–260 м над ур. м.) террасе левого берега Енисея (Лоскутов, 1991).

Дендрарий был заложен в 1977 г. по инициативе и непосредственном руководстве академика РАН И. Ю. Коропачинского с целью расширения ассортимента декоративных деревьев и кустарников, применяемых в озеленении населенных пунктов южной части Средней Сибири. Работа по созданию дендрария и организации научных исследований проводилась кандидатом сельскохозяйственных наук Р. И. Лоскутовым. Исходный материал для интродукции собирался в природных популяциях и выписывался из питомников ведущих ботанических садов и дендрариев СССР. За это время испытано около 450 видов древесных растений. В 1991 г. коллекция дендрария насчитывала 406 видов, разновидностей и форм древесных растений, в настоящее время она включает около 250 таксонов, относящихся к 75 родам и 28 семействам (Лоскутов, Седаева, 2014).

Изучение меристематической ткани оснований молодой хвои родительских деревьев выше перечисленных форм показало, что в кариотипах светящейся формы, 2 деревьев семинской формы и 1 из 3 изученных деревьев длиннохвойной

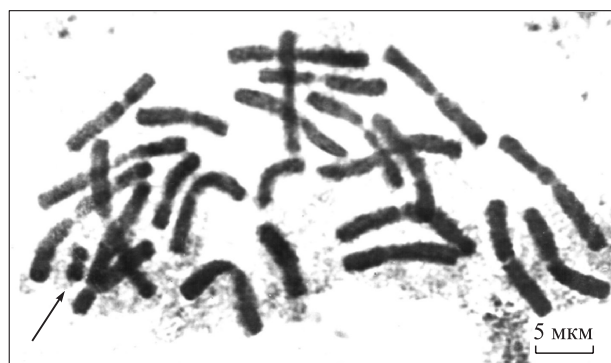


Рис. 4. Диплоидная клетка с В-хромосомой ($2n = 24 + 1B$, добавочная хромосома указана стрелкой) в корневой меристеме проростков желтой формы ели сибирской (фото Е. Н. Муратовой).

формы имеется 1 В-хромосома ($2n = 24 + 1B$), у желтой – 2 ($2n = 24 + 2B$), у дерева плакучей формы В-хромосом не обнаружено ($2n = 24$). Диплоидная клетка ели сибирской с добавочной хромосомой представлена на рис. 4.

При цитологическом исследовании семенного потомства этих деревьев от свободного опыления добавочные хромосомы обнаружены у всех деревьев, за исключением плакучей формы ели сибирской (Муратова, Владимирова, 2001; Муратова и др., 2001; Владимирова, Муратова, 2002) (см. таблицу).

Кариологический анализ ели сибирской из нескольких мест г. Красноярска (около Большого концертного зала, автовокзала «Взлетка», Театра юного зрителя, в Центральном парке им. М. А. Горького, на Острове отдыха) выявил 1–2 добавочные хромосомы во всех городских насаждениях (Владимирова, Муратова, 2005).

Подобные результаты получены А. К. Буториной и Е. В. Богдановой (2001) при цитологическом изучении североамериканского вида ели белой (*P. glauca* (Moench) Voss) (ее иногда называют е. сизая или е. колючая), произрастающей

в центре г. Воронежа. В кариотипе 8 из 10 изученных деревьев обнаружена 1 В-хромосома и 1–2 – в их семенном потомстве. При этом отмечено, что проростки семян растений, содержащие добавочные хромосомы в кариотипе, более жизнеспособные, а сами растения охарактеризованы авторами как фенотипически лучшие.

В семействе кипарисовые (Cupressaceae) изучены представители родов туя (*Thuja* L.), кипарис (*Cupressus* L.), кипарисовик (*Chamaecyparis* Spach) и секвойядендрон (*Sequoiadendron* J. Buchholz). Всего исследовано 5 видов; кариотип представителей кипарисовых включает 22 хромосомы ($2n = 22$).

Туя восточная, или биота восточная (*Thuja orientalis* L., syn. *Biota orientalis* (L.) Endl., syn. *Platycladus orientalis* (L.) Franco), широко представленная в интродукции, изучена в парках санатория «Виктория» (г. Ессентуки, Ставропольский край, Россия) и Истории Государства Российского (пос. Пятимorsk, Волгоградская обл., Россия). В парке санатория «Виктория» площадью 22 га выращивают более 200 видов лекарственных и декоративных растений, в том числе древесных. На его территории установлены фонтаны и архитектурные формы, есть участки, посвященные различной тематике, маршруты лечебной ходьбы (Санаторий..., 2023) (рис. 5).

Парк Истории Государства Российского площадью 26 га заложен в пос. Пятимorsk на берегу Волго-Донского канала в 2012 г. (Парк..., 2023). Здесь разбиты тематические аллеи, посвященные героям сражений 1812 г., Гражданской и Великой Отечественной войн, российским и зарубежным государственным и общественным деятелям, аллея Истории Российской Академии наук, аллея Детства и др. На фоне стендов, скульптурных композиций и фонтанов высажены различные виды древесных растений, разбиты цветочные клумбы (рис. 6).

Добавочные хромосомы у декоративных форм ели сибирской в дендрарии ИЛ СО РАН

Форма ели	Номер растения	Число хромосом ($2n$) у материнского растения	Число изученных проростков	Число хромосом ($2n$) у проростков и частота его встречаемости, %		
				24	24 + 1B	24 + 2B
Желтая	д. 4	24 + 2B	50	0	8.0	92.0
Длиннохвойная	д. 5	24 + 1B	45	8.9	4.4	86.7
	д. 11	24	68	63.2	36.8	0
	д. 12	24	65	53.8	43.1	3.1
Семинская	д. 9	24 + 1B	50	8.0	86.0	6.0
	д. 10	24 + 1B	64	3.1	93.8	3.1
Светящаяся	д. 13	24	59	74.5	25.4	0
Плакучая	д. 14	24	50	100.0	0	0



Рис. 5. Туя восточная в парке санатория «Виктория» в г. Ессентуки (фото Т. С. Седельниковой).

Также исследована туя восточная, посаженная в парке санатория «Долинка» (окр. г. Чолпон-Ата, Кыргызстан) и в квартале «Симеоново» г. София (Болгария), около горы Витоша (интродукция из Восточной Азии), а также в посадках Рильского мужского монастыря в горном массиве Рила (интродукция из Северного Китая) (рис. 7).



Рис. 6. Туя восточная в Парке Истории Государства Российского в пос. Пятиморск (фото Т. С. Седельниковой).

Различные варианты миксоплоидии ($2n = 19/22/44$; $2n = 22/24/33$; $2n = 22/33$; $2n = 22/33/44$) представлены в проростках деревьев всех исследованных происхождений туи восточной. Миксоплоидия встречается с очень высокой частотой – в отдельных образцах до 100 % проростков содержали клетки с измененным числом хромосом. У туи восточной в образцах, собранных в насаждениях г. София, обнаружена фрагментация хромосом – довольно редкий тип цитологических нарушений.

В семенном потомстве туи восточной, посаженной на территории Рильского мужского монастыря, выявлены мультитядрышковые клетки (Седельникова и др., 2005, 2008) (рис. 8).

В Национальном дендрологическом парке «Софиевка», являющемся научно-исследовательским институтом НАН Украины, исследован североамериканский по происхождению вид туя западная (*Thuja occidentalis* L.). Этот парк ландшафтного типа находится в г. Умань (Черкасская область, Украина) и считается памятником мирового садово-паркового искусства конца XVIII–XIX вв. (рис. 9).

Парк «Софиевка» основан в 1800 г. польским магнатом Станиславом Потоцким, назван в честь его жены Софии и подарен ей ко дню именин. В настоящее время в парке произрастает почти 3500 таксонов местных и экзотических деревьев и кустарников, построены архитектурные сооружения.

Главная композиция парка проходит по руслу р. Каменки, где сооружены бассейны и пруды, шлюзы, каскады, протекает подземная р. Ахеронт. Парк украшают скалы, гроты, павильоны,



Рис. 7. Туя восточная в городских насаждениях г. София (фото А. Н. Ташева).

беседки, скульптуры. Древесные растения объединены с элементами ландшафта и различными объектами архитектуры (Седельникова, 2016а).

Туя западная издавна включена в селекционный процесс и представлена в культуре большим разнообразием форм и культиваров. В «Софиевке» изучено 4 культивара, отличающихся по морфологическим признакам: ‘Лютеа’ (‘Lutea’) – дерево высотой до 10 м с узкоконической или пирамидальной кроной, мелкой, приплюснутой хвоей, сверху блестящей, золотисто-желтой, снизу – светло-зелено-желтой; ‘Вареана’

(‘Wareana’) – небольшое дерево высотой 4–5 м с плотной широкопирамидальной кроной, короткой ярко-зеленой хвоей; ‘Вареана желтеющая’ (‘Wareana Lutescens’) – со светло-желтой, зимой – с зеленовато-желтой хвоей; ‘Шаровидная’ (‘Globosa’) – карликовая форма до 3 м высотой и 2 м шириной, округлой формой кроны, густо расположенными поднятыми вверх побегами и хвоей, приобретающей бурый оттенок зимой (Седельникова и др., 2014) (рис. 10).

У всех изученных культиваров выявлена миксоплоидия ($2n = 22/33$; $2n = 22/33/44$) (рис. 11).

Миксоплоидные проростки у культиваров туи западной встречаются с высокой частотой (22.7–56.3 %), отличаясь от диплоидных более крупными размерами.

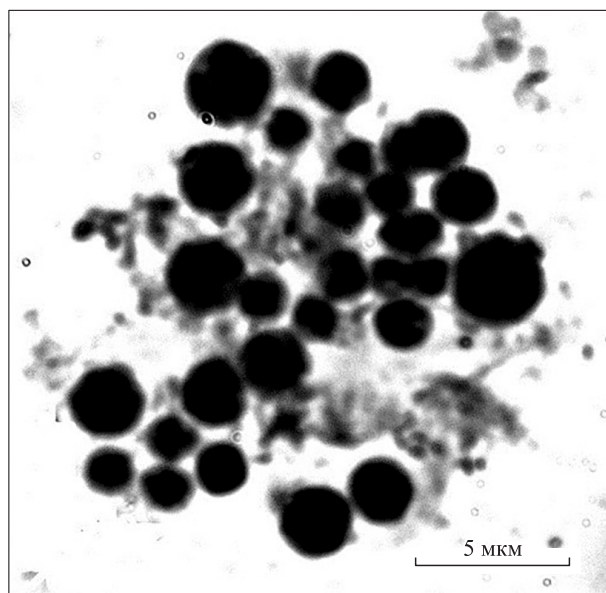


Рис. 8. Мультиядрышковая клетка в корневой меристеме проростков туи восточной (фото А. В. Пименова).



Рис. 9. Национальный дендрологический парк «Софиевка» НАН Украины в г. Умань (фото Т. С. Седельниковой).



Рис. 10. Ландшафтные композиции с участием культиваров туи западной на территории Национального дендрологического парка «Софиевка» НАН Украины в г. Умань (фото Т. С. Седельниковой).

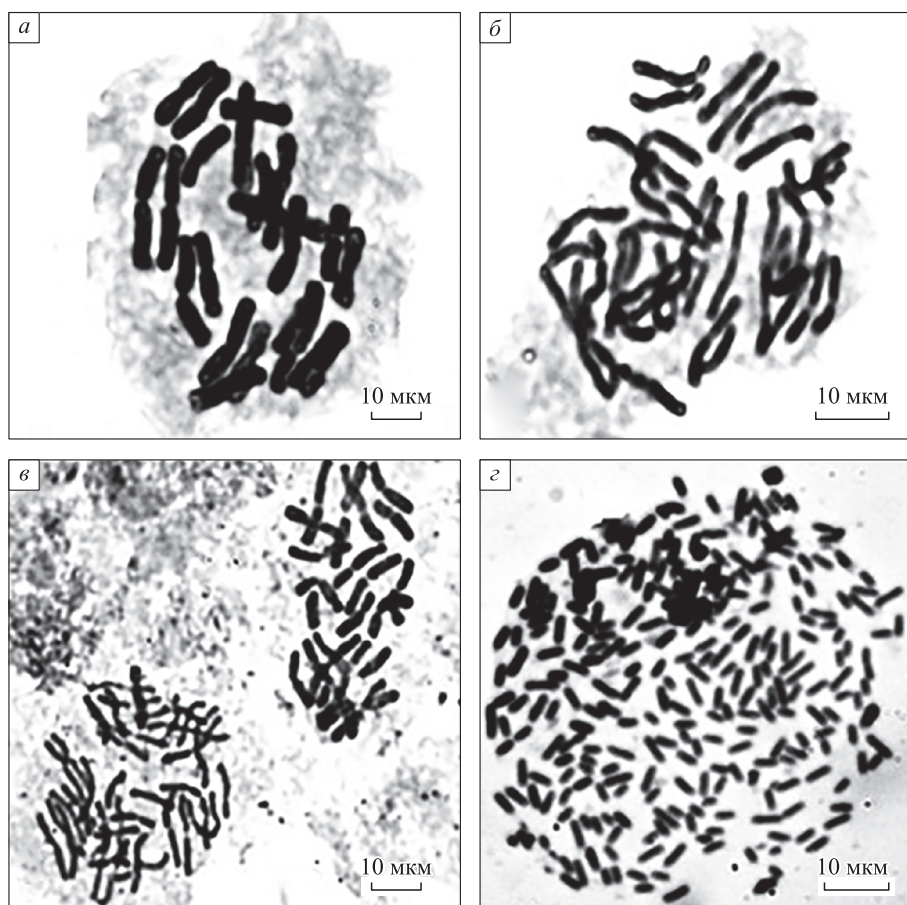


Рис. 11. Различное число хромосом в корневых меристемах проростков туи западной (фото А. В. Пименова).

a – диплоидная клетка ($2n = 2x = 22$) у культивара ‘Вареана желтеющая’ (*‘Wareana Lutescens’*); *б* – триплоидная клетка ($2n = 3x = 33$) у культивара ‘Вареана’ (*‘Wareana’*); *в* – диплоидная ($2n = 2x = 22$) и триплоидная ($2n = 3x = 33$) клетки у культивара ‘Вареана’ (*‘Wareana’*); *г* – фрагментация хромосом в полиплоидной клетке у культивара ‘Лютеа’ (*‘Lutea’*).

Наибольшая вариабельность хромосомных чисел отмечается у культиваров ‘Wareana’ и ‘Wareana Lutescens’; у последнего культивара более половины проростков были миксоплоидами. ‘Wareana’, распространенная с 1825 г. из Англии, часто разводится семенами.

При этом получаемый материал отличается неоднородностью, что, возможно, и связано с высокой вариабельностью хромосомных чисел. У культиваров ‘Lutea’ и ‘Wareana Lutescens’ выявлены фрагментация хромосом в клетках различной плоидности, дицентри-

ческие хромосомы (Седельникова и др., 2014) (рис. 11).

В дендрарии Ботанического сада Лесотехнического университета (ЛТУ) в г. Софии изучен кипарис аризонский (*Cupressus arizonica* Greene), интродуцированный из США (штаты Аризона, Калифорния, Нью-Мексико).

Коллекции растений Ботанического сада ЛТУ включают как древесные, так и травянистые виды, произрастающие в открытом грунте, а также тропические, выращиваемые в теплицах. Здесь культивируется более 1000 видов и внутривидовых таксонов, принадлежащих к более чем 400 родам, как местным, так и экзотическим (Лесотехнический университет, 2023).

У кипариса аризонского из дендрария ЛТУ выявлена миксоплоидия ($2n = 22/33/44$). Миксоплоиды с $2n = 22/26$ и $2n = 22/44$ найдены также у кипарисовика Лаусона (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl.), используемых для озеленения в Болгарии – в окр. с. Петково в Родопских горах, в посадках около г. Кюстендил, городского сквера г. Благоевград (Седельникова и др., 2011).

Изучен секвойядендрон гигантский (*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchh., syn. *Sequoia gigantea* Torr.) рода секвойядендрон. Семена для исследования собраны в естественных насаждениях данного вида в национальных парках «Секвойя» и «Кингс Каньон», расположенных в США в южной части Сьерра-Невады (штат Калифорния). Парк «Секвойя» площадью 1635 км² основан в 1890 г. Он граничит с национальным парком «Кингс Каньон» площадью 1869.25 км², основанном в 1940 г. В настоящее время оба парка находятся под управлением Службы национальных парков США как единое подразделение (Sequoia..., 2023). Здесь произрастают широко известные секвойядендроны, в том числе деревья под названием Генерал Шерман и Генерал Грант – самые большие по объему древесины на Земле. Приблизительно в 17 % проростков семян секвойядендрона гигантского отмечена миксоплоидия с $2n = 22/33$ (Седельникова, 2016б).

Возникающие время от времени в популяциях хвойных особи с измененным числом хромосом и добавочными хромосомами, по всей вероятности, могут обеспечивать генетический материал для образования новых таксонов различного ранга. Например, у одной из форм туи гигантской найдены гаплоидные деревья, а также химеры, у которых часть ветвей была гаплоидной, а другая – диплоидной. Ряд декоратив-

ных форм кипарисовых, возникших в результате селекционной работы, являются полиплоидами. Многие культивары можжевельника китайского (*Juniperus chinensis* L.) представляют собой триплоиды или тетраплоиды (обзоры: Муратова, Круклис, 1988; Ahuja, 2005; Седельникова и др., 2010; Sedel'nikova et al., 2011; Ohri, 2021). Сорт можжевельника «Pfitzeriana», названный в честь известного селекционера-садовода Вильгельма Фитцера, является аллотетраплоидом, возникшим, как показали молекулярно-генетические исследования, в результате гибридизации м. китайского и м. казацкого (*J. Sabina* L.) (Le Duc et al., 1999).

Предполагается, что одновременное присутствие клеток разного уровня плоидности – миксоплоидия – является одним из факторов эволюции древесных растений, включая хвойные (Буторина, 1989). Хромосомная изменчивость, приводящая к миксоплоидии, наблюдается при изменении и особенно ухудшении условий произрастания, в том числе и при переносе в новые условия обитания. Миксоплоидия часто бывает связана с адаптацией хвойных растений к условиям произрастания, особенно при воздействии экстремальных факторов среды (Седельникова и др. 2010; Sedel'nikova et al., 2011). Одно из последствий частичной полиплоидизации – увеличение уровня клеточного метаболизма. Кроме того, умножение числа геномов препятствует проявлению хромосомных нарушений, возникающих в одном из них (Кунах, 1980, 1995, 2011; Бродский, Урываева, 1981).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что у различных видов хвойных, в том числе у декоративных форм, сортов и культиваров, при интродукции в дендрариях и парках наблюдаются различные изменения кариологических признаков. Отмечается варибельность числа хромосом (миксоплоидия), изменение морфологии хромосом, увеличение числа нуклеоларных локусов в хромосомах, появление добавочных хромосом и хромосомных перестроек. Наиболее характерной особенностью семенного потомства деревьев, произрастающих в условиях интродукции, является увеличение частоты встречаемости миксоплоидии. Установленные изменения, вероятно, вызваны акклиматизацией деревьев в новых условиях произрастания и адаптацией к повышенной рекреационной нагрузке в парковых насаждениях. Они могут вы-

зывать повышение фенотипического и генетического разнообразия, что необходимо учитывать при интродукции и осуществлении мероприятий по селекции различных видов хвойных.

Исследования проведены в рамках базового проекта ФИЦ КНЦ СО РАН № 0287-2021-0009 «Функционально-динамическая индикация био-разнообразия лесов Сибири».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бродский В. Я., Урываева И. В. Клеточная полиплоидия. Пролиферация и дифференцировка. М.: Наука, 1981. 259 с.
- Буторина А. К. Факторы эволюции кариотипов древесных // Усп. совр. биол. 1989. Т. 108. Вып. 3 (6). С. 342–357.
- Буторина А. К., Богданова Е. В. Адаптивное значение и возможное происхождение В-хромосом у ели колючей // Цитология. 2001. Т. 43. № 8. С. 809–814.
- Владимирова О. С., Муратова Е. Н. Наследование В-хромосом у ели сибирской // Материалы научной генетической конференции, посвященной 100-летию со дня рожд. А. Р. Жебрака и 70-летию образования кафедры генетики в Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. М., 2002. С. 382–384.
- Владимирова О. С., Муратова Е. Н. Кариологические особенности ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в условиях антропогенного загрязнения г. Красноярска // Экол. генет. 2005. Т. 3. № 1. С. 18–23.
- Владимирова О. С., Муратова Е. Н., Карпюк Т. В. Числа хромосом некоторых видов *Picea* и *Larix* // Бот. журн. 2007. Т. 92. № 5. С. 781–782.
- Горячкина О. В., Муратова Е. Н., Безделев А. Б. Числа хромосом некоторых представителей родов *Abies* и *Picea* (Pinaceae) // Бот. журн. 2013. Т. 98. № 5. С. 645–647.
- Кунах В. А. Геномная изменчивость соматических клеток растений и факторы, регулирующие этот процесс // Цитол. и генет. 1980. Т. 14. № 1. С. 73–81.
- Кунах В. А. Геномная изменчивость соматических клеток растений. 2. Изменчивость в природе // Биополимеры и клетка. 1995. Т. 11. № 6. С. 5–40.
- Кунах В. А. Пластичность генома соматических клеток и адаптивность растений // Молекулярная и прикладная генетика: Сб. науч. тр. Минск, 2011. Т. 12. С. 7–14.
- Лесотехнический университет. София, 2023. <https://www.ltu.bg>
- Лоскутов Р. И. Интродукция декоративных древесных растений в южной части Средней Сибири. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1991. 190 с.
- Лоскутов Р. И., Седаева М. И. Краткая характеристика дендрологической коллекции Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участ., посв. 70-летию созд. Ин-та леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, 16–19 сент. 2014 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 86–89.
- Муратова Е. Н. Кариосистематика семейства Pinaceae Lindl. Сибири и Дальнего Востока: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.05. Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 1995. 32 с.
- Муратова Е. Н. Кариологический анализ сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.) в условиях интродукции // Состояние и проблемы садоводства России: Сб. науч. тр., посв. 100-летию со дня рожд. М. А. Лисавенко. Ч. II. Новосибирск, 1997. С. 208–213.
- Муратова Е. Н., Владимиров О. С. Добавочные хромосомы кариотипа ели сибирской *P. obovata* // Цитология и генетика. 2001. Т. 35. № 4. С. 38–44.
- Муратова Е. Н., Владимиров О. С., Седельникова Т. С. Числа хромосом некоторых представителей голосеменных растений // Бот. журн. 2001. Т. 86. № 8. С. 143–144.
- Муратова Е. Н., Круклис М. В. Хромосомные числа голосеменных растений. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1988. 117 с.
- Муратова Е. Н., Седельникова Т. С., Карпюк Т. В., Владимиров О. С., Пименов А. В., Михеева Н. А., Бажина Е. В., Квитко О. В. Кариологические и цитогенетические исследования хвойных Сибири и Дальнего Востока // Сиб. экол. журн. 2005. Т. 12. № 4. С. 573–583.
- Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко. Барнаул, 2023. <http://niilisavenko.org/>
- Парк Истории Государства Российского, 2023. <https://visitvlg.ru/?page=165>
- Санаторий «Виктория» г. Ессентуки, 2023. <https://www.victoria-essentuki.ru>
- Седельникова Т. С. Иван Семенович Косенко (к 75-летию со дня рождения) // Сиб. лесн. журн. 2016а. № 1. С. 76–78.
- Седельникова Т. С. Числа хромосом некоторых видов семейств Cupressaceae и Pinaceae в искусственных и парковых насаждениях // Бот. журн. 2016б. Т. 101. № 11. С. 1350–1352.
- Седельникова Т. С., Муратова Е. Н., Пименов А. В. Изменчивость хромосомных чисел голосеменных растений // Усп. совр. биол. 2010. Т. 130. № 6. С. 557–568.
- Седельникова Т. С., Пименов А. В., Варахсин Г. С., Яковска В. Числа хромосом некоторых видов хвойных // Бот. журн. 2005. Т. 90. № 10. С. 1611–1612.
- Седельникова Т. С., Пименов А. В., Грабовой В. Н., Пономаренко В. А. Числа хромосом *Thuja occidentalis* (Cupressaceae) в Национальном дендрологическом парке «Софиевка», Украина // Бот. журн. 2014. Т. 99. № 8. С. 941–944.
- Седельникова Т. С., Пименов А. В., Онучин А. А., Яковска В. Числа хромосом некоторых видов хвойных в дендрариях и парковых насаждениях // Бот. журн. 2008. Т. 93. № 1. С. 157–158.
- Седельникова Т. С., Пименов А. В., Ташев А. Н. Числа хромосом видов Cupressaceae при интродукции в Болгарии // Бот. журн. 2011. Т. 96. № 7. С. 974–975.
- Центральный ботанический сад Пхеньяна, 2023. <https://dprktoday.com/abroad/news/31500>
- Ahuja M. R. Polyploidy in gymnosperms: revisited // Silvae Genet. 2005. V. 54. N. 2. P. 59–69.
- Le Duc A., Adams R. P., Zhong M. Using random amplification of polymorphic DNA for a taxonomic reevaluation of *Pfitzer Juniperus* // Hort Sci. 1999. V. 34. N. 6. P. 1123–1125.

- Muratova E. N., Sedel'nikova T. S., Karpyuk T. V., Vladimirova O. S., Pimenov A. V., Mikheeva N. A., Bazhina E. V., Kvitko O. V. Karyological and cytogenetic studies of conifers from West Siberia and Far East // *Contemp. Probl. Ecol.* 2008. V. 1. N. 2. P. 263–271 (Original Rus. Text © E. N. Muratova, T. S. Sedel'nikova, T. V. Karpyuk, O. S. Vladimirova, A. V. Pimenov, N. A. Mikheeva, E. V. Bazhina, O. V. Kvitko, 2005, publ. in *Sib. Ecol. Zhurn.* 2005. V. 12. N. 4. P. 573–583).
- Ohri D. Polyploidy in gymnosperms – a reappraisal // *Silvae Genet.* 2021. V. 70. N. 1. P. 22–38.
- Sedel'nikova T. S., Muratova E. N., Pimenov A. V. Variability of chromosome numbers in Gymnosperms // *Biol. Bull. Rev.* 2011. V. 1. Iss. 2. P. 100–109 (Original Rus. Text © T. S. Sedel'nikova, E. N. Muratova, A. V. Pimenov, 2010, publ. in *Usp. Sovr. Biol.* 2010. V. 130. N. 6. P. 557–568).
- Sequoia & Kings Canyon National Parks.* CA, USA, 2023. <https://www.visitsequoia.com>

STUDIES ON CONIFER CHROMOSOMES UNDER INTRODUCTION IN BOTANICAL GARDENS, ARBORETUMS AND PARKS

T. S. Sedel'nikova, A. V. Pimenov, E. N. Muratova

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: tss@ksc.krasn.ru, pimenov@ksc.krasn.ru, elena-muratova@ksc.krasn.ru

The information obtained by the authors during the karyological study on conifers growing in arboreturns, parks, and botanical gardens from different countries is summarized. Representatives of two genera, pine (*Pinus* L.) and spruce (*Picea* A. Dietr.), have been studied in the Pinaceae family; these species have 24 chromosomes in diploid complement ($2n = 24$). Seven species and one interspecific hybrid of pine and eight species of spruce were analyzed. In Cupressaceae family, five introduced species were studied, which are representatives of the genera thuja (*Thuja* L.), cypress (*Cupressus* L.), false cypress (*Chamaecyparis* Spach) and Sequoiadendron (*Sequoiadendron* J. Buchholz); karyotype of Cupressaceae representatives includes 22 chromosomes ($2n = 22$). In species, forms and cultivars of conifers from Pinaceae and Cupressaceae families, which are under introduction, as well as being components of green plantations in settlements of different geographical regions, great variability of karyological features. There area variability of chromosome numbers (mixoploidy), changes in the morphology of chromosomes, an increase of the number of nucleolar loci, appearance of supernumerary chromosomes, a high occurrence and a wide range of chromosomes anomalies. The changes are probably caused by the acclimatization of plants in new growing conditions and adaptation to increased recreational load in park planting. They can cause an increase in phenotypic and genetic diversity. It should be taken into account during introduction and carrying out activities on breeding of conifer species. On the basis of the data obtained, problems of scientific, experimental production, educational and cultural significance can be solved, recommendations for the selection of species and intraspecific taxa suitable for landscaping settlements in a particular region can be developed.

Keywords: *Pinaceae, Cupressaceae, number of chromosome, karyotype, ploidy, genome and chromosome mutations, B-chromosomes, mixoploidy.*

How to cite: Sedel'nikova T. S., Pimenov A. V., Muratova E. N. Studies on conifer chromosomes under introduction in botanical gardens, arboreturns and parks // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 32–42 (in Russian with English abstract and references).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 630*164.4+630*416.4+630*453+581.823+582.475.2+595.768.24

АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРЫ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОСТИ ВИДОВ ПИХТ К ЗАСЕЛЕНИЮ УССУРИЙСКИМ ПОЛИГРАФОМ

Н. В. Астраханцева¹, Л. Г. Серая², Н. В. Пашенова¹,
А. А. Коженкова³, Ю. Н. Баранчиков¹

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

² Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии
143050, Московская область, Одинцовский район, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, владение 5

³ Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН
127276, Москва, ул. Ботаническая, 4

E-mail: astr_nat@mail.ru, lgseraya@gmail.com, pasnat@ksc.krasn.ru, info@gbsad.ru,
baranchikov_yuri@yahoo.com

Поступила в редакцию 28.06.2023 г.

Для выяснения причин различной видовой повреждаемости пихт (*Abies* Mill.) уссурийским полиграфом (*Polygraphus proximus* Blandford) изучали строение коры представителей секций *Balsamea*, *Momi*, *Abies*, *Grandis* в коллекциях Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН. Исследовали особенности структуры покровных тканей (перидермы и ритидома) и внутренней (живой) коры, состоявшей из первичной коры (кортекса) и вторичной флоэмы. Виды пихт, покровные ткани ствола которых образованы перидермами, включающими слои губчатой и каменистой (лигнифицированной) феллемы, – пихта цельнолистная (*Abies holophylla* Maxim.), п. равночешуйчатая (*A. homolepis* Siebold & Zucc.), п. Нордмана (*A. nordmanniana* (Steven) Spach), а также виды, рано формирующие корку, – п. Нордмана, полиграфом практически не заселялись. Виды пихт, покровные ткани которых имели малую толщину и были представлены однотипными суберинизированными клетками феллемы, оказались наиболее привлекательны для втачивания полиграфа (виды из секции *Balsamea*). Отмечена связь повреждаемости уссурийским полиграфом с особенностями строения и соотношения компонентов первичной коры и вторичной флоэмы, где основным фактором служила степень склерификации. Наименее привлекательными для уссурийского полиграфа были виды, имеющие высокую степень склерификации внешнего и среднего слоя внутренней коры. Степень конституционной устойчивости к уссурийскому полиграфу повышалась с увеличением степени срастания и размеров склереидных групп, равномерности и плотности их распределения. Наиболее уязвимыми были пихты с низкой степенью склерификации внешнего и среднего слоя и/или неравномерным и неплотным распределением групп склереид, и пихты, имеющие повышенное и высокое содержание слизевых клеток (п. сибирская (*A. sibirica* Ledeb.)). Отмечена обратная связь между степенью склерификации и содержанием слизевых клеток. Четкой зависимости между повреждаемостью полиграфом и содержанием кристаллов оксалата кальция, а также особенностями смолоносной системы не установлено.

Ключевые слова: *Polygraphus proximus* Blandford, *Abies*, корка (ритидом), перидерма, феллема, первичная кора, вторичная флоэма, склереидные группы, слизевые клетки.

DOI: 10.15372/SJFS20230507

ВВЕДЕНИЕ

Транспортировка продуктов и товаров биологического происхождения не раз была причиной появления на новых территориях организмов-пришельцев – вирусов, микроорганизмов, растений и животных, часть которых может нанести значительный вред существующим биотам. Для лесных массивов наиболее опасны насекомые-фитофаги (Wood, 1982). Многолетняя засуха способствовала эпидемическому распространению на новые территории американского континента горного соснового лубоеда (*Dendroctonus ponderosae* Hopkins) (Erbilgin et al., 2014). В США и Канаде от завезенного в 1900-х годах из Европы хермеса корового пихтового (*Adelges piceae* Ratzeburg) до сих пор страдает ряд североамериканских пихт из секции *Balsamea* – п. бальзамическая (*Abies balsamea* (L.) Mill.), п. Фразера (*A. fraseri* (Pursh) Poir.), п. субальпийская (*A. lasiocarpa* (Hook.) Nutt.), п. аризонская (*A. lasiocarpa* var *arizonica* (Merriam) Lemmon). Повреждаются пихты и из других секций – п. великая (*A. grandis* (Douglas ex D. Don) Lindl., syn. *A. excelsior* Franko), п. благородная (*A. procera* Rehder), п. белая (*A. alba* Mill.), п. миловидная (*A. amabilis* J. Forbes). Отпад деревьев от повреждения этим микроскопическим насекомым и сопутствующими патогенами достигает до 95 % (Fowells, 1965; Hay, Eagar, 1981; Adam, Ostaff, 2006; Hrinkevich et al., 2016; Abies..., 2023).

Для пихтарников России одним из наиболее опасных насекомых-инвайдеров стал полиграф уссурийский (белопихтовый) (*Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculioniae: Scolytinae)), проникший на территорию Сибири и далее на западные территории России предположительно при транспортировке по Транссибирской магистрали заселенных им неокоренных лесоматериалов (Чилахсаева, 2008; Керчев, 2014; Kerchev, 2014; Серая и др., 2014). Этот короед, завезенный с Дальнего Востока, был идентифицирован в Сибирском регионе в 2008 г., когда уже начал повреждать массивы пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) (Баранчиков и др., 2011; Керчев, 2014; Kerchev, 2014) – единственного коренного представителя рода пихты (*Abies* Mill.) на данной территории (Крылов и др., 1986). Вспышки массового размножения уссурийского полиграфа в ряде районов Сибири привели к деградации значительных площадей пихтовых древостоев, с количеством отпада до 99.8 % (Керчев, 2014; Kerchev, 2014).

В первичном ареале уссурийского полиграфа (ареал занимает часть российского Даль-

него Востока, Японии, заходит в Китай и Корею) основным кормовым хозяином полиграфа выступает пихта белокорая (*A. nephrolepis* (Trautv.) Maxim.), а на Сахалине – п. сахалинская (*A. sachalinensis* (F. Schmidt) Mast.) (Куренцов, 1941; Nobuchi, 1971, 1979; Криволицкая, 1973; Wood, Bright, 1992; Чилихсаева, 2008). Реже полиграф (вкуче с переносимыми им патогенными грибами) повреждает п. цельнолистную (*A. holophylla* Maxim.), п. равночешуйчатую (*A. homolepis* Siebold & Zucc.), п. сильную (*A. firma* Siebold & Zucc.), п. Мариса (*A. mariesii* Mast.), п. Вичи (*A. veitchii* Lindl.). В своем первичном ареале данный короед заселяет в основном поврежденные и усыхающие деревья, зачастую уже заселенные другими ксилофагами (Куренцов, 1941; Криволицкая, 1973; Hara et al., 2008; Tokuda et al., 2008).

Попав на новые территории уссурийский полиграф вначале осваивает ослабленные и поврежденные деревья пихты сибирской, затем, успешно конкурируя с аборигенными ксилофагами, занимающими сходную экологическую нишу (Кривец и др., 2015a; Krivets et al., 2015), образует очаги во вполне здоровых древостоях (Баранчиков и др., 2011; Кривец, 2012; Кривец и др., 2014, 2015a, б; Krivets et al., 2015).

В Томской области кроме пихты сибирской отмечали единичные поселения уссурийского полиграфа на ветровальных и погибающих деревьях ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) (Керчев, 2014; Kerchev, 2014), а в лабораторных условиях уссурийский полиграф успешно развивался еще и на лиственнице сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), однако в целом пихта сибирская остается основной кормовой породой полиграфа в Сибири (Керчев, 2012, 2014; Kerchev, 2014) и на Западном Предуралье (Баранчиков и др., 2020; Гниненко и др., 2023).

Продвижение полиграфа на запад не ограничилось упомянутыми выше регионами. В Подмосковье в 2006 г. данный вид короеда обнаружен в посадках пихты в Химкинском районе, в которых жук заселял стволы п. сибирской и п. бальзамической, пораженные гнилью. В этом же году в Пушкинском районе полиграф был найден на ели европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.), пораженной корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) (Чилахсаева, 2008).

Чуть позже уссурийский полиграф был обнаружен в Москве, в Главном ботаническом саду им. Н. В. Цицина РАН (ГБС РАН). К весне 2014 г. уже погибли и были вырублены более 100 де-

ревьев из коллекции видов пихт. Заложенные в 50-х годах и дополненные в 80-х годах посадки пихты на экспозиции «Сибирь» ко времени ввода полиграфа оказались сильно загущенными и ослабленными корневыми гнилями, что стало благоприятным фактором для начального заселения полиграфом (Серая и др., 2014). Расположение экспозиции пихт в 400–500 м от железной дороги с высокой вероятностью указало на источник распространения жуков. Весной 2014 г. в ГБС РАН произведен учет освоения жуками уссурийского полиграфа разных видов пихт. Попыток поселения жуков полиграфа не удалось обнаружить на п. белой, п. великой Franco, п. цельнолистной, п. равночешуйчатой, п. корейской (*A. koreana* E. H. Wilson), п. Нордмана (*A. nordmanniana* (Steven) Spach.) и п. Семенова (*A. semenovii* B. Fedtsch). Больше всего следов нападения жуков зафиксировано на п. аризонской, п. бальзамической, п. сибирской, п. Вичи. На последних отмечали от 1 до 9 попыток заселения на 1 дм² поверхности ствола (Серая и др., 2014). Таким образом, уссурийский полиграф при выборе растения-хозяина предпочитал одни и игнорировал другие виды пихт.

Для пихт характерно отсутствие в норме смоляных ходов в ксилеме, они формируются только в ответ на поранение, однако в первичной коре, как правило, сохраняющейся на протяжении десятилетий, смолоносная система хорошо развита, особенно у гладкокорых пихт (Деревья..., 1949; Лотова, 1987). Особенности анатомического строения коры являются важнейшим компонентом конституционной устойчивости к внедрению патогенов (Franceschi et al., 2005; Krokene, 2015). С одной стороны, строение коры обусловлено видовой принадлежностью дерева, с другой – соотношение основных компонентов может варьировать в зависимости от возраста, положения в древостое, экологических условий (Еремин, Копанина, 2012). Индуцированная устойчивость, как и конституционная, также имеет межвидовые и внутривидовые особенности. Состав и содержание ряда защитных веществ (монотерпены, фенольные соединения и др.) и скорость их синтеза могут меняться в зависимости от вида хвойного растения, этапа вегетационного сезона, физиологического состояния дерева (Krekling et al., 2000; Martin et al., 2002; Franceschi et al., 2005; Krokene, 2015).

Первое, с чем сталкивается любой короед, атакующий ствол дерева, это конституционная устойчивость дерева, обусловленная строением коры (Еремин, Нитченко, 1980). При изучении анатомических характеристик коры пихты

сибирской, п. белокорой и п. Нордмана из природных мест обитания было выдвинуто предположение о связи склерификации и содержания слизевых клеток с повреждаемостью уссурийским полиграфом (Астраханцева и др., 2014; Баранчиков и др., 2014).

Благодаря разнообразию видов растений, ботанические сады и дендрарии представляют собой своеобразный полигон для изучения возможного распространения инвайдера и вероятности смены растения-хозяина. Цель данной работы – изучение анатомических особенностей строения коры видов пихт, отличавшихся в ГБС РАН по степени повреждаемости уссурийским полиграфом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выявления причин разной видовой повреждаемости пихт уссурийским полиграфом отобраны виды пихт, которые в коллекции ГБС РАН отличались по количеству заселенных полиграфом особей пихты (Серая и др., 2014):

- п. Нордмана (0 % от имеющихся в коллекции особей пихты заселены полиграфом);
- п. белая (0 %);
- п. цельнолистная (0 %);
- п. равночешуйчатая (0 %);
- п. белокорая (10 %);
- п. одноцветная (*Abies concolor* (Gordon & Glend.) Lindl. ex Hildebr.) (20 %);
- п. сахалинская (40 %);
- п. сибирская (вариант 1 – в экспозиции 50 % деревьев заселены полиграфом, вариант 2 – 100 % особей пихты заселены полиграфом, эта группа деревьев вскоре погибла, в вышеуказанной статье ошибочно указана как п. Фразера);
- п. бальзамическая (70 %).

Образцы коры отобраны в 2013–2014 гг. в ГБС РАН; также получены высечки со здоровых деревьев 3 видов пихт в их естественных районах произрастания: п. сибирской в естественном насаждении пихты в Емельяновском районе Красноярского края, п. Нордмана – в Апшеронском районе Краснодарского края; п. белокорой – в темохвойном массиве Хехцир близ г. Хабаровска, Хабаровский край.

Образцы коры, включавшие покровные ткани и внутреннюю живую кору (первичную кору и вторичную флоэму), взяты на высоте ствола 1.3 м с 2 и более деревьев (в зависимости от представленности вида в коллекции) и фиксировали смесью равных частей спирта, воды и глицерина (Барыкина и др., 2004). С зафиксированных вы-

сечек на санном микротоме МС-2 (СССР) делали серии радиальных и поперечных срезов.

Толщину срезов варьировали от 20 до 40 мкм в зависимости от вида пихты и типа среза (радиальные срезы делали толще поперечных). Срезы окрашивали флороглюцином или метиловым зеленым, реже рутением красным и метиленовым синим (Барыкина и др., 2004). Срезы просматривали на микроскопе Биолам Л-211 (СССР). Микрофотографии делали с помощью камеры DCM-800 (Китай).

Для детализации видовой характеристики внутреннюю кору условно делили на три равных слоя – внешний (наружный), средний и внутренний, примыкающий к камбию, слой. Внешний слой включал первичную кору (кортекс) и иногда часть самых старых слоев вторичной флоэмы, средний и внутренний – только вторичную флоэму. Такое условное деление выбрано потому, что из-за сильной дилатации граница между кортексом и вторичной флоэмой часто не выражена.

Для каждого вида составляли описание и рассчитывали баллы в соответствии с приведенной ниже расшифровкой.

А – строение и толщина покровных тканей (феллема; слои перидерм; перидермы вместе с заключенной между ними первичной корой = корка = ритидом): 1 балл – феллема толщиной до 0.1 мм преимущественно из одного типа клеток (слоистость не выражена), встречаемость многослойных участков низка; 2 балла – феллема до 0.1–0.2 мм толщиной перемежается с многослойными участками; 3 – покровные ткани из нескольких слоев 0.3–0.5 мм толщиной, феллема преимущественно из разных типов клеток; 4 – покровные ткани из нескольких слоев толщиной более 1 мм, могут включать отсекаемые перидермами участки первичной коры.

Б – содержание склереид: 1 балл – отсутствуют или крайне редки; 2 – низкое; 3 – умеренное; 4 – высокое; 5 баллов – обильное.

В – размеры склереидных групп в радиальном направлении: 1 балл – тонкие; 2 – средние и тонкие; 3 – средние и толстые; 4 – толстые; 5 баллов – очень толстые.

Г – размеры склереидных групп в осевом направлении: 1 балл – длина равна толщине; 2 – длина превышает толщину менее чем в 4 раза; 3 – длина заметно больше толщины; 4 – длина отдельных групп более 2 мм; 5 – много групп 1–2 мм длиной и более; 6 баллов – средняя длина 2 мм и более.

Д – срастание склереид в тангентальном (тангенциальном) направлении: 1 балл – не

срастаются или срастаются крайне редко; 2 – срастание встречается; 3 – обычно срастаются по 2–3 крупных группы; 4 – встречаются единичные срастания нескольких групп, но в основном как в предыдущем пункте; 5 баллов – сильное (склереидные группы на поперечных срезах в первичной коре срастаются в тангентальном направлении до 0.5 мм, во вторичной флоэме – полосами до 1 мм и более).

Е – срастание склереид в радиальном направлении: 1 балл – не встречается; 2 – редкое; 3 – умеренное; 4 балла – сильное.

Степень склерификации определяли для каждого вида как сумму баллов Б–Е.

Ж – содержание слизевых клеток: 1 балл – отсутствуют или крайне редки; 2 – встречаются; 3 – умеренное (или местами высокое, местами низкое); 4 – высокое; 5 баллов – обильное (суммарная площадь сечения слизевых клеток заметно больше, чем сумма сечений склереид и кристаллоносных клеток).

З – содержание кристаллов оксалата кальция: 1 балл – низкое; 2 – умеренное; 3 – высокое; 4 балла – обильное.

Полученные данные по числу баллов обрабатывали в программах Excel и Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Различия коры пихт из исследованных природных популяций и пихт из ботанического сада преимущественно обусловлены их возрастом (в природных он больше на 30–50 лет). В основном они заключались в удлинении в осевом направлении склереидных групп в средней части коры, усилении степени склерификации в целом и в более глубокой закладке перидерм (последнее верно для п. Нордмана).

В целом у пихт степень склерификации первичной коры была меньше, чем вторичной коры (вторичной флоэмы), склереидные группы – мельче и обычно не вытянуты в осевом направлении. При переходе к вторичной флоэме склереидные группы становились крупнее и вытягивались в осевом направлении, их размеры были меньше в самых старых слоях (расположены кнаружи), чем в более молодых средних слоях. У одних исследованных образцов склерификация начиналась во 2–3-м годичном слое от камбия, у других гораздо позже, что отразилось на уровне склерификации внутреннего слоя коры. Ниже представлено общее описание изученных высечек пихт из коллекции ГБС РАН (табл. 1).

Таблица 1. Строение коры пихт из коллекции Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН (виды расположены в соответствии с увеличением количества деревьев, заселенных уссурийским полиграфом)

Строение и толщина покровных тканей, толщина первичной и вторичной коры		Первичная и вторичная кора (inner bark), слой	
1	внешний	средний	внутренний
	2	3	4
Пихта Нордмана. Секция <i>Abies</i> (0 %)			
Покровные ткани 0.2–0.4 мм, многослойные, из нескольких перидерм, состоящих из губчатой феллемы (1–10 клеток), клеток, похожих на каменистую феллему с толстой лигнифицированной наружной стенкой (обычно 1 клетка) и клеток обычной феллемы с красноватым содержанием; отсекаемые перидермами участки коры сильно лигнифицируются Толщина коры 5 мм	Склерейд очень много – от мелких до относительно крупных, их длина равна или выше толщины в 2–3 раза, срастание идет во всех направлениях – в тангентальном до нескольких миллиметров, в радиальном – до 1 мм Слизевые клетки отсутствуют Смоляные полости отсутствуют Содержание кристаллов увеличивается к внутренней части слоя от низкого до высокого	Склерейд очень много, их длина от коротких до нескольких миллиметров, в тангентальном направлении степень срастания высокая, но в радиальном направлении чуть ниже, чем во внешнем слое Слизевых клеток мало Содержание кристаллов высокое	Склерейд умеренно, длина не выше толщины в 3–4 раза, толщина в среднем выше, чем в среднем слое, срастания нет Содержание слизевых клеток высокое Содержание кристаллов высокое, кристаллы заметны от проводящей флоэмы
Пихта белая. Секция <i>Abies</i> (0 %)			
Покровные ткани около 0.1 мм толщиной, феллема обычная, однослойная однородная, но встречаются участки с заложением нескольких перидерм, в которых краевые клетки феллемы с утолщенными клеточными стенками Толщина коры 3.5–4.0 мм	Много склерейд от одиночных до относительно крупных сросшихся групп неправильной формы (до 0.5 мм в осевом и / или в тангентальном направлении); степень склерификации близка к таковой в среднем слое коры и возрастает по направлению к перидерме Содержание слизевых клеток умеренное, их больше у перидермы Встречаются сплюснутые смолоносные полости шириной от долей миллиметра до нескольких миллиметров Кристаллы оксалата кальция встречаются	Склерейдные группы в осевом направлении 0.3–0.8 мм, изредка до 1.5 мм, в радиальном направлении – разной величины, иногда срастаются со склерейдными группами соседнего тангентального слоя, плотность расположения увеличивается к внешней части, где часть групп срастается в тангентальном направлении на протяжении до 1.5 мм Слизевые клетки редки Кристаллы оксалата кальция встречаются	Массовая склерификация начинается через 8–10 годичных слоев от камбия, в целом слой малосклерифицирован, отдельные склерейдные группы достигают 2 мм в осевом направлении, основная масса склерейд короче и мельче и удалена друг от друга Слизевых клеток нет Кристаллы оксалата кальция массово появляются через 2 годичных слоя от камбия
Пихта цельнолистная. Секция <i>Momi</i> (0 %)			
Покровные ткани 1.5 мм, многослойные, перидермы располагаются правильными рядами, феллема состоит из клеток губчатой и каменистой феллемы; феллоген функционирует на протяжении ряда лет Толщина коры 4.0–4.5 мм, у этого вида самые крупные и протяженные группы склерейд	Склерейды одиночные и группами (обычно около 0.2 мм во всех направлениях), некоторые срастаются в тангентальном направлении (до 0.5–1.0 мм), в осевом и радиальном направлении расположены относительно рыхло, суммарный объем склерейд ориентировочно 1/3–1/2 от такового в среднем слое коры; степень склерификации возрастает от перидермы в глубь Слизевые клетки встречаются Мелких смолоносных полостей нет, встречаются уплощенные полости 1.5–2.0 мм шириной Содержание кристаллов умеренное	Много крупных склерейдных групп (более 2 мм в осевом направлении), сильно разрастающихся в радиальном направлении (до 0.3–0.4 мм) и срастающихся с другими группами в тангентальном направлении (до 1.5 мм), также есть и мелкие группы Слизевых клеток нет Содержание кристаллов умеренное	Склерификация начинается через 2–3 годичных слоя от камбия, крупные группы встречаются уже через 4–5 слоев; степень склерификации сопоставима со средним слоем коры, но размеры групп больше Слизевых клеток нет Содержание кристаллов умеренное

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Пихта равночешуйчатая. Секция <i>Momi</i> (0 %)			
Покровные ткани 0.5 мм, многослойные, строение как у пихты цельнолистной, часть слоев слущена Толщина коры 4.0–4.5 мм	Склерейды одиночные и группами, которые редко достигают 0.2 мм, распределены неравномерно – есть «пустые» места; склерификация в слое выше со стороны перидермы Содержание слизевых клеток умеренное, распределены неравномерно Смоляные полости сплюснуты в радиальном направлении, до 0.4 мм шириной встречаются периодически, крупные (до 2 мм) редки Содержание кристаллов низкое	Группы склерейд длиной 0.8–3.0 мм расположены с внутренней стороны слоя, наружу группы заметны с середины тангентальными группами Слизевых клеток меньше, чем во внешнем слое коры Кристаллы встречаются	Слой практически не склерифицирован – склерейды появляются через 10 годичных слоев от камбия Содержание слизевых клеток умеренное, но несколько большее, чем во внешнем слое, появляются не ранее, чем через 5 годичных слоев от камбия Содержание кристаллов умеренное, они становятся заметными через 2 годичных слоя от камбия
Пихта белокорая. Секция <i>Balsamea</i> (10 %)			
Покровные ткани 0.1 (0.3) мм толщиной, слоистость не выражена или выражена слабо, феллема из одного типа клеток Толщина коры 3.5 мм	Склерейды одиночные и группами (размеры групп 0.1–0.3 мм, иногда до 0.7 мм), группы расположены неравномерно, но больше всего у перидермы, у хабаровских образцов крупных групп меньше, чем у московских Слизевые клетки умеренно Есть смоляные полости округлой и сплюснутой (реже) формы, 0.3–0.8 мм в тангентальном направлении Содержание кристаллов умеренное	Склерейдные группы 0.4–3.0 мм длиной (но у московских в среднем короче, чем у хабаровских особей), наружу слоя короткие; группы сильнее собраны в тангентальном направлении, в радиальном направлении почти не срастаются Слизевые клетки редки Кристаллы имеются	В отличие от хабаровских особей, у московских этот слой склерифицирован мало, склерейды появляются через несколько лет Слизевых клеток почти нет, тогда как у хабаровских особей в этом слое их больше всего Содержание кристаллов умеренное, они становятся заметными через 2 годичных слоя от камбия
Пихта одноцветная. Секция <i>Grandis</i> (20 %)			
Покровные ткани от долей миллиметра до 3 мм (локально), преимущественно однослойные, феллема из одного типа клеток (обычная феллема), перидермы местами закладываются повторно, отсекая часть первичной флоэмы Толщина коры 7.0 мм	Склерейд одиночных и групп много, содержание несколько увеличивается от перидермы и близко к п. белой и п. цельнолистной, однако группы срастаются редко; отдельные группы до 0.4 мм, но в целом мелкие Слизевые клетки умеренно Смоляных полостей в образце нет Содержание кристаллов высокое	Распределение групп по длине и размерам неравномерное, есть участки, где только короткие мелкие группы; группы имеют тенденцию к увеличению к внутренней части слоя; почти не срастаются, содержание высокое, отдельные до 2 мм в длину Слизевые клетки единичны Содержание кристаллов высокое	Крупные склерейдные группы встречаются уже через 3–4 годичных слоя от камбия, их размеры 0.8–2.0 мм в осевом и 0.3–0.5 мм в тангентальном направлении; между крупными группами расположены мелкие; в целом размеры уменьшаются к внешней части слоя Слизевых клеток нет Содержание кристаллов высокое, они полностью формируются уже в проводящей флоэме

Пихта сахалинская. Секция <i>Balsamea</i> (40 %)			
Покровная ткань около 0.1 мм толщиной, однослойная, феллема однородная Кора толщиной 4.0–5.0 мм	Склереиды разной формы локализованы почти исключительно во внешней части этого слоя, где их содержание от умеренного до высокого, склереидные группы небольшие Встречаются смоляные полости овальной и сферической формы 0.3–0.5 мм, также имеются остатки вертикальных смоляных ходов до 3 мм длиной, на поперечных срезах уплотненные в радиальном направлении (это основное отличие от <i>Abies sibirica</i>) Содержание слизевых клеток от умеренного до высокого Имеются кристаллы в паренхимных клетках около феллодермы	Склереидные группы средние и толстые, до нескольких миллиметров в длину, в тангентальном направлении до 0.8 мм, в 3–4 тангентальных ряда (последний ряд обычно заходит в соседний внутренний слой) Содержание слизевых клеток низкое или умеренное Кристаллы встречаются	Склереидные группы в наружной части слоя по размерам близки к среднему слою Содержание слизевых клеток умеренное, появляются от 4-го слоя флоэмы Содержание кристаллов от низкого до умеренного
Пихта сибирская (вариант 1). Секция <i>Balsamea</i> (50 %)			
Покровная ткань преимущественно однослойная, толщиной менее 0.1 мм, феллема однородная, обычная Толщина коры 6.0–7.0 мм	Склереид мало, в основном одиночные, округлой формы, группы встречаются преимущественно во внутренней части слоя – их длина немногим больше толщины, срастания групп нет Содержание слизевых клеток высокое Смоляных полостей много, от 0.2 до 1.0 мм, округлой формы Кристаллов почти нет	Содержание склереид умеренное, есть длинные, по толщине средние и толстые, срастания нет или редкое в тангентальном направлении, есть «пустые» места Слизевых клеток умеренно Кристаллы встречаются	Склереид мало, группы короче и тоньше, чем в среднем слое, срастания нет Слизевых клеток умеренно Кристаллы встречаются
Пихта сибирская (вариант 2). Секция <i>Balsamea</i> (100 %)			
Покровная ткань однослойная, около 0.1 мм, феллема из одного типа клеток Толщина коры 4.5–5.0 мм	Склереиды одиночные, их мало Содержание слизевых клеток обильное Смоляные полости округлые, 0.3–0.6 мм Кристаллов почти нет	Склереидные группы редки, 0.4–1.5 мм в длину, отдельные до 4 мм; группы сильно удалены друг от друга Содержание слизевых клеток высокое Кристаллов почти нет	Склереидные группы единичные, небольшие Содержание слизевых клеток обильное (выше, чем во внешнем слое), массово образуются через 2 годичных слоя от камбия, их размеры больше, чем у варианта 1 Кристаллов почти нет
Пихта балзахамическая. Секция <i>Balsamea</i> (70 %)			
Покровная ткань до 0.2 мм, слоистость не выражена, феллема из одного типа клеток Толщина коры 4.0 мм	Склереиды от одиночных до больших сросшихся группировок (до 1.0 мм в осевом, 1.2 мм в тангентальном и 0.3 мм в радиальном направлении); степень склерификации слоя высокая, с минимумом в середине слоя; склереиды расположены неравномерно – рядом с крупными группами могут быть «пустые» места Содержание слизевых клеток умеренное, вокруг них часто располагаются склереиды Встречаются сильно уплотненные смоляные полости 0.3–0.5 мм, но могут быть и в несколько миллиметров Содержание кристаллов от низкого до умеренного	Преобладают крупные группы, часть из которых интенсивно срастается в тангентальном направлении (до 3.0 мм), сами группы немногие, крупнее, чем у пихты белокорой, но расположены более рыхло, особенно в радиальном направлении; имеются «пустые» места Слизевых клеток меньше, чем во внешнем слое коры Содержание кристаллов умеренное	Склерификация начинается через 3–4 слоя от камбия, сопоставима со средним слоем из-за больших радиальных размеров групп (максимум $0.8 \times 1.5 \times 0.3$ мм), хотя общее число групп снижается Слизевых клеток достаточно много Содержание кристаллов умеренное, становятся заметными вблизи проводящей флоэмы

Таблица 2. Количественные характеристики основных компонентов коры пихт, балл*

Компоненты коры	Строение и толщина покровных тканей	Содержание склерид	Размеры склерейдных групп в направлении		Срастание склерейд в направлении		Содержание	
			радиальном	осевом	тангентальном	радиальном	слизевых клеток	кристаллов оксалата кальция
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пихта Нордмана								
Корка	3							
Слой коры:								
внешний		5	3	2	5	4	1	2
средний		5	3	4	4	5	2	4
внутренний		3	4	2	1	1	4	4
Пихта белая								
Корка	2							
Слой коры:								
внешний		5	2	1	3	3	3	1
средний		4	2	2	4	4	2	1
внутренний		2	2	4	1	1	1	4
Пихта цельнолистная								
Корка	4							
Слой коры:								
внешний		4	3	1	4	1	2	2
средний		4	4	4	4	1	1	2
внутренний		4	5	6	5	1	1	2
Пихта равночешуйчатая								
Корка	3							
Слой коры:								
внешний		4	1	1	1	1	3	1
средний		4	3	5	3	3	2	2
внутренний		1	1	2	1	1	3	2
Пихта белокожая								
Корка	1							
Слой коры:								
внешний		3	3	1	4	2	3	2
средний		5	3	5	5	2	2	1
внутренний		2	4	4	1	1	1	2
Пихта одноцветная								
Корка	2							
Слой коры:								
внешний		5	3	1	1	1	3	3
средний		5	3	3	1	1	2	3
внутренний		4	5	2	1	1	1	3
Пихта сахалинская								
Корка	1							
Слой коры:								
внешний		2	2	1	2	2	4	1
средний		3	3	4	3	3	2	1
внутренний		2	3	4	2	2	3	2
Пихта сибирская (вариант 1)								
Корка	1							
Слой коры:								
внешний		2	2	2	1	1	4	1
средний		3	3	4	1	1	3	2
внутренний		2	3	3	1	1	3	2

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пихта сибирская (вариант 2)								
Корка	1							
Слой коры:								
внешний		1	1	1	1	1	5	1
средний		2	2	3	1	1	4	1
внутренний		1	2	2	1	1	5	1
Пихта бальзамическая								
Корка	1							
Слой коры:								
внешний		4	3	1	4	3	3	2
средний		4	2	2	4	1	2	2
внутренний		3	3	3	3	1	4	2

* Расшифровку баллов см. раздел «Методика».

Для оценки связи анатомического строения коры пихт с повреждаемостью уссурийским полиграфом полученные выше данные перевели в баллы (табл. 2).

Балльная система оценки позволила наглядно рассмотреть характеристики, влияющие на повреждаемость полиграфом. Анализ наших данных показал, что для исследуемых видов пихт повреждаемость уссурийским полиграфом отрицательно коррелировала со степенью склерификации живой коры (рис. 1, а).

Самая высокая отрицательная зависимость отмечена со степенью склерификации средне-

го слоя коры (коэффициент корреляции -0.85), чуть ниже – с внешним слоем коры (-0.75), степень склерификации внутреннего слоя почти не влияет на повреждаемость полиграфом (-0.37). С увеличением толщины покровных тканей, их слоистости и с началом формирования корки повреждаемость резко падает (рис. 1, б).

С увеличением содержания слизевых клеток степень склерификации снижается (рис. 1, в), повреждаемость полиграфом, наоборот, растет (рис. 1, г).

Содержание оксалата кальция в первичной коре и средней части живой коры не влияет

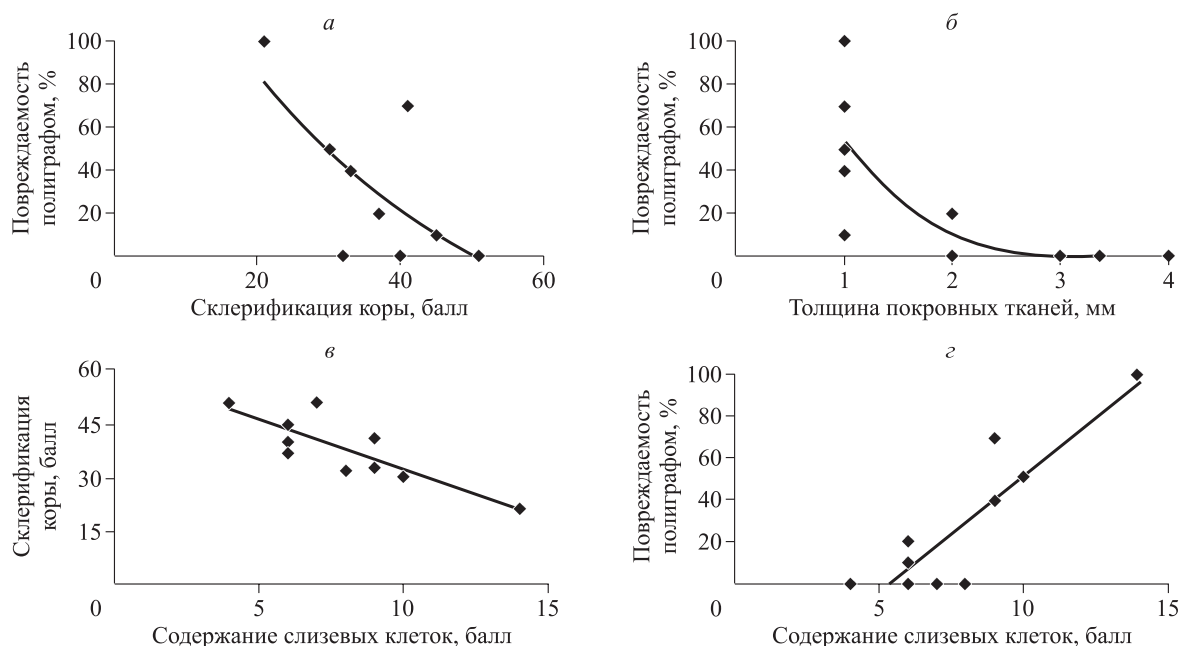


Рис. 1. Строение первичной и вторичной коры пихт и зависимость повреждаемости (% поврежденных деревьев в 2014 г.) уссурийским полиграфом деревьев в коллекции Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН от склерификации всех слоев коры (а), толщины и строения покровных тканей (б), содержания слизевых клеток (г) и связи между содержанием слизевых клеток (сумма баллов во всех слоях коры) и степенью склерификации (в).

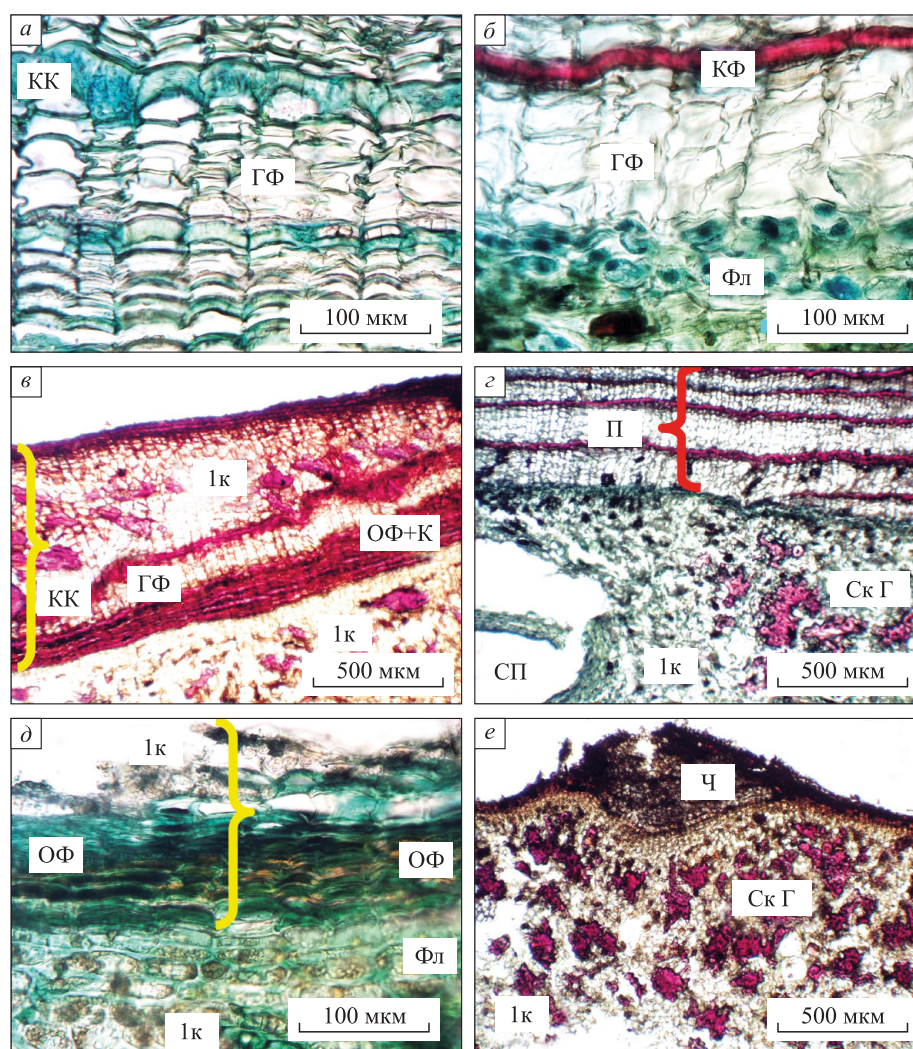


Рис. 2. Строение покровных тканей пихт и первичной коры.

а, в – п. Нордмана; б, г – п. цельнолистная; д – п. одноцветная; е – п. белая. Поперечные срезы. Окрашивание: а, д – метиловым зеленым; б, в, г, е – флороглюцином. 1к – первичная кора; ГФ – губчатая феллема; КК – каменистые клетки; КФ – каменистая феллема; ОФ – обычная феллема; ОФ + К – обычная феллема с единичными слоями каменистых клеток; П – слои перидерм с губчатой и каменистой феллемой; Ск Г – склерейдные группы; СП – смоляная полость в первичной коре; Фл – феллодерма и феллоген; Ч – чечевичка. Желтой скобкой отмечена кора (ритидом).

на повреждаемость, небольшое отрицательное влияние отмечено только для внутренней части.

Ввиду большой вариабельности развития смононосной системы не только между видами, но и внутри ствола одного дерева, и ограничением по отбору высечек в коллекциях пихт, связи между размером, содержанием смононосных полостей в первичной коре и повреждаемостью не установлено.

Коллекции в ГБС РАН создавались в 50-е годы и были дополнены в 80-е (Серая и др., 2014), соответственно возраст изучаемых деревьев на момент отбора не превышал 60–70 лет. Среди исследованных видов только у пихты

Нордмана и п. одноцветной отмечено заложение перидерм, отсекающих часть первичной коры, что согласуется с возрастной биологией видов. По литературным данным, в природном ареале у п. одноцветной корка формируется уже в 35–40 лет, в то время как у пихт из секции *Balsamea* ритидом – после 80–100 лет (Bark and wood..., 1975; Еремин, 1983). У п. одноцветной на момент взятия образцов отсекаемые перидермами участки преимущественно слущивались (рис. 2, д), у п. Нордмана сохранялись на стволе, формируя корку (рис. 2, в). У п. одноцветной перидермы состояли из обычной феллемы, у п. Нордмана – из губчатой и обычной феллемы,

периодически в слое обычной или губчатой феллемы закладывались однорядные слои каменистых клеток с сильным утолщением и лигнификацией клеточной стенки с наружной стороны (рис. 2, а, в). У остальных исследованных видов феллоген заново не закладывался, а у первично заложённой перидермы он оставался живым, продуцируя периодически новые слои феллемы, первичная кора сохранилась полностью.

У пихт цельнолистной и равночешуйчатой слоистость покровных тканей хорошо выражена, так как перидермы состоят из двух типов клеток – губчатой и каменистой феллемы (Еремин, 1973), слои перидерм не слущиваются или слабо слущиваются, поэтому формируемый слой покровных тканей заметно превышает таковой у наиболее повреждаемых видов пихт (рис. 2, б, г).

Непривлекательность для жуков полиграфа пихт с повышенной толщиной покровных тканей в коллекции ГБС РАН согласуется с результатами исследования колонизации большим еловым лубоедом (*Dendroctonus micans* (Kugelann)) ели ситхинской (*Picea sitchensis* (Bong.) Carrière) и е. европейской.

У е. ситхинской рано формируется толстая корка, при этом толщина доступной для питания коры снижается, что снижает интенсивность ее колонизации по сравнению с е. европейской (Wainhouse et al., 1990).

У пихт из секции *Balsamea* и у п. белой (рис. 2, е) перидермы состоят из клеток обычной феллемы, иногда формируется одиночный слой клеток с большим просветом (аналогично губчатой феллеме), тогда появляется слабо выраженная слоистость. Старые слои слущиваются, из-за чего толщина покровных тканей обычно не превышает 0.1 мм. Вероятно, это одна из причин, по которой виды из секции *Balsamea*, характеризующиеся небольшой толщиной покровных тканей ствола на протяжении большей части жизни, оказались более подвержены втачиванию короедов, чем виды, рано формирующие корку или имеющие слои перидерм с каменистой феллемой. Другой нюанс может заключаться в том, что клетки обычной феллемы заполнены фенольными соединениями, смолами и соединениями, которые могут привлекать полиграфа, в отличие от относительно «пустых» перидерм с каменистой и губчатой феллемой. Пихты с каменистой феллемой могут быть атакованы только в случае сильного ослабления или при повреждении поверхности ствола, либо при очень

высокой численности полиграфа, когда более доступные виды деревьев уже отработаны.

Преодолев покровные ткани, втачивающийся жук полиграфа попадает в ткани первичной коры (в более позднем возрасте при формировании корки перидермы отсекают сначала первичную, затем часть вторичной коры). В первичной коре склереидные группы обычно не крупные, с невысокой степенью срастания, и теоретически первичная кора не представляет сложности для полиграфа в прогрызании слоя. Исключение составили п. белая (рис. 2, е) и п. бальзамическая, у которых размеры ряда склереидных групп в первичной коре сопоставимы с размерами во вторичной флоэме, однако у п. бальзамической имелись большие участки без склереидных групп. Анализ показывает, что если в первичной коре много склереидных групп, то и во вторичной флоэме (в средней части коры) степень склерификации будет не ниже, а как правило, выше. По мнению некоторых авторов, лигнификация корки и обилие склереидных групп могут отпугнуть некоторых насекомых. И хотя склереидные группы – это элемент пассивной защиты, их содержание влияет на запуск индуцированной защиты (Wainhouse et al., 1990; Lieutier, 2002).

В используемый нами термин «степень склерификации» мы включили не только содержание и размеры склереидных групп, но и степень их срастания (рис. 3, а–в), поскольку при срастании групп между собой затрудняется продвижение жука через ткани коры, а увеличение времени его продвижения дает больше времени для запуска защитных реакций тканям ствола. Поэтому у п. Нордмана при меньших размерах склереидных групп и их высокой степени срастания во всех направлениях (рис. 3, а), степень склерификации выше (повреждаемость ниже), чем у п. одноцветной (рис. 3, б), у которой при высоком содержании и большой площади поперечного сечения склереидные группы почти не срастаются между собой и большинство из них относительно короткие в осевом направлении. Одиночную, даже крупную склереидную группу жук может обойти, а сросшиеся группы, пусть и небольшие, надо перегрызть. Видимо, по этой причине отмечено втачивание полиграфа на п. одноцветной, где, как уже говорилось, часть корки слущивается, делая тонкие участки более неустойчивыми к атакам полиграфа.

Согласно D. Wainhouse с соавт. (1990), чем выше степень склерификации коры ели, тем

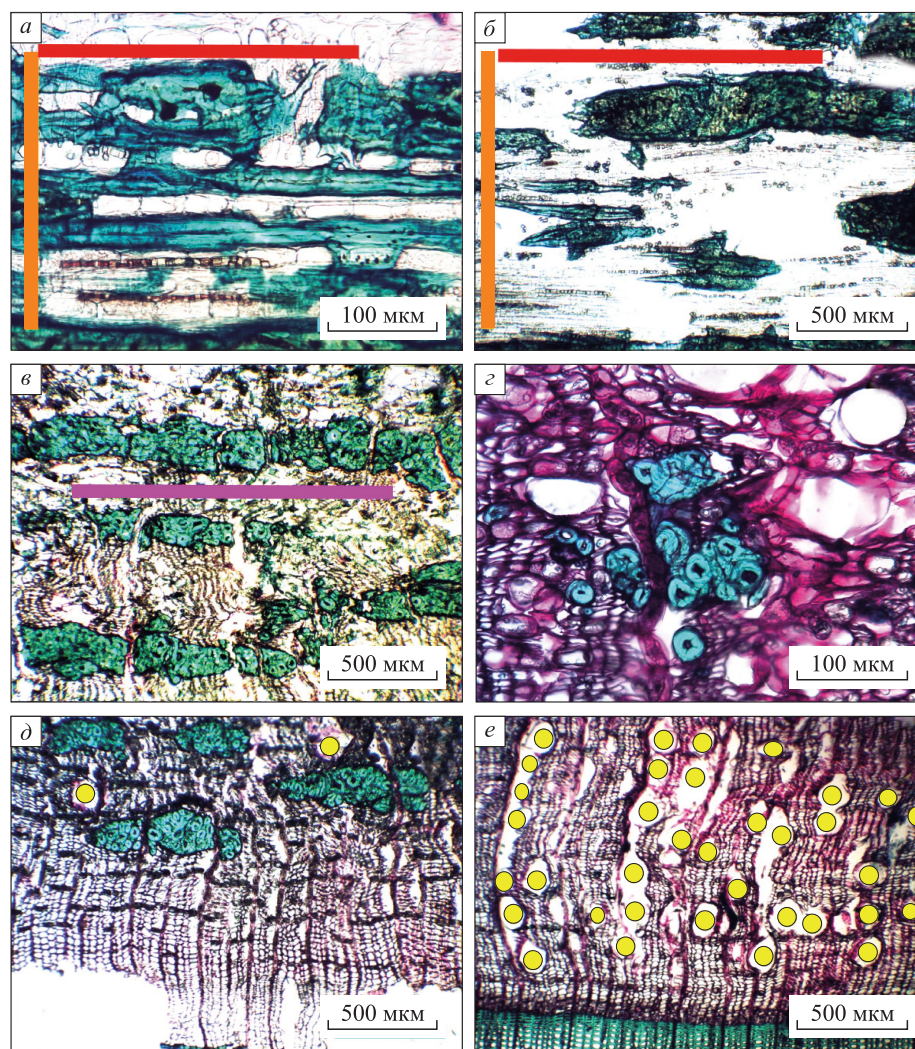


Рис. 3. Строение вторичной флоэмы пихт.

а – п. Нордмана; *б* – п. одноцветная; *в* – п. белокорая; *г, д, е* – п. сибирская (*г, е* – вариант 2, *д* – вариант 1). Срезы: *а, б* – радиальные; *в–е* – поперечные. Окрашивание метиловым зеленым, склереиды окрашены в зеленый цвет, *д, е* – в зеленый также окрашена ксилема в нижней части снимков. *а–е* – средняя часть коры (наружная половина вторичной флоэмы); *д, е* – внутренняя и частично средняя часть коры. Оранжевая полоса указывает на особенности срастания в радиальном направлении, красная – в осевом, лиловая – тангентальном. Желтыми кружками помечены слизевые клетки.

длиннее и извилистее маточные ходы самки большого елового лубоеда (так как она обходит склереидные группы) и тем меньше яиц она откладывает. Личинки также обходят склереидные группы, дольше питаются, позже окукливаются, а жуки нового поколения оказываются мельче. В этом же исследовании показана сильная внутривидовая вариабельность степени склерификации коры у ели, что соответствует вариантам 1 и 2 для п. сибирской в нашем исследовании (рис. 3, *г–е*). В варианте 2 очень мало склереидных групп и они существенно мельче (рис. 3, *г*), чем в варианте 1 (рис. 3, *д*), возможно отчасти из-за этого вариант 2 сильнее повреждался полиграфом, и эти деревья вскоре погибли.

Варианты 1 и 2 различались также по количеству слизевых клеток – у последнего их было на порядок больше (рис. 3, *д, е*). S. Fink (1986) показал, что у погибающих особей пихты белой слизевые клетки образуются сразу у проводящей флоэмы, хотя в норме для п. белой слизевые клетки обычны для первичной, но не вторичной коры. При этом каких-либо внешних повреждений коры не наблюдалось. Аналогичную картину мы наблюдали в варианте 2 – обилие слизевых клеток почти от самого камбия. Полагаем, что такое обилие, с одной стороны, могло быть вызвано втачиванием полиграфа и запуском системной (индуцированной) устойчивости, а с другой – было изначально высоким. Слабая

склерификация и обилие слизевых клеток встречаются и у особей п. сибирской в природном ареале, особенно у молодых деревьев и является вариантом нормы.

Слизевые клетки характерны для первичной коры всех пихт, во вторичной флоэме их содержание ниже. В. М. Еремин (1973) не нашел слизевые клетки во вторичной флоэме п. цельнолистной, однако в наших образцах они иногда встречаются.

Предполагаем, что процессы образования склерееид и слизевых клеток конкурентны друг к другу. Основное вещество, заполняющее слизевые клетки хвойных, это полисахарид пектин, главным компонентом которого являются остатки галактуроновой кислоты – окисленной формы моносахарида галактозы. Также слизевые клетки пихт содержат низкомолекулярные углеводы, преимущественно сахарозу, глюкозу и фруктозу (Ушанова и др., 2008; Fengping et al., 2015). Слизевые клетки образуются из паренхимных клеток, в ходе дифференциации живое содержимое разрушается, и вся полость клетки заполняется слизью. Основное свойство пектиновых слизей – высокая водоудерживающая способность, вероятно помогающая выживать влаголюбивым пихтам на ранних этапах онтогенеза, что согласуется с высоким содержанием слизевых клеток в первичной коре. При повреждениях ствола пектины в соединении с водой и сахарами из разрушенных тканей коры образуют гели и вместе с вытекающей смолой закрывают рану, препятствуя окислению тканей и заливая (изолируя) вредителей и патогенов.

Склерееиды – это трансформированные паренхимные клетки с очень толстой сильно лигнифицированной клеточной стенкой. По окончании дифференциации живое содержимое отмирает, часто аккумулируя смолу или образуя кристаллы оксалата кальция. Этапу склерееидообразования (особенно во вторичной флоэме) обычно предшествует деление клеток – так образуются склерееидные группы. Образование лигнина в стенках склерееид происходит из монолигнолов, синтезируемых по фенилпропаноидному пути. Этим же путем синтезируются флавоноиды, а из шикимовой кислоты – начальной точки фенилпропаноидного пути – синтезируются фенольные соединения, участвующие в защитных реакциях (Лебедев, Шестибратов, 2021; Lebedev, Shestibratov, 2021).

Таким образом, дифференциация паренхимной клетки как в слизевую, так и в склерееидную клетку заканчивается ее гибелью без возмож-

ности новых делений или дедифференциации. Но помимо морфологической вилки существует вилка метаболическая – преимущественная ориентация либо на углеводный путь синтеза (пектиновые слизи), либо на путь синтеза ароматических соединений. Оба пути затратны по ресурсам и требуют трансформации одних и тех же клеток. Ориентация на синтез лигнина (при дифференциации склерееид) позволяет повысить не только конституционную, но и индукционную устойчивость за счет возможности образования по фенилпропаноидному и шикиматному путям широкого ряда соединений, обладающих защитными функциями. По данным литературы, известно, что при искусственном торможении синтеза лигнина в растениях снижается их устойчивость к действию стрессов (Лебедев, Шестибратов, 2021; Lebedev, Shestibratov, 2021). Слизевые клетки также являются элементом защиты, однако содержимое клеток (пектин и низкомолекулярные углеводы) не токсично ни для полиграфа, ни для патогенных микроорганизмов, переносимых жуком, а образование клеток требует отвлечения значительных ресурсов.

Считается, что кристаллы оксалата кальция могут отпугивать листогрызущих и ксилофильных насекомых (Lieutier, 2004; Franceschi et al., 2005), но в нашем исследовании четкой зависимости между содержанием кристаллов во всей коре и повреждаемостью полиграфом не установлено, при послойном рассмотрении небольшое негативное влияние отмечено для внутреннего слоя коры – зоны питания личинок полиграфа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование анатомии коры пихт, различающихся по степени повреждения уссурийским полиграфом, показало важную роль конституционной устойчивости, а именно состава и соотношения компонентов коры в выборе насекомым-инвайдером растения-хозяина.

Данный короед предпочитает гладкокорые пихты с тонким слоем покровных тканей, сложенных из клеток обыкновенной феллемы (тонкостенных суберинизированных клеток), с низким содержанием склерееид в первичной и вторичной коре и слабой степенью срастания склерееидных групп. Такое сочетание наиболее присуще представителям секции *Balsamea* – пихты сибирской, п. сахалинской. Для п. бальзамической и п. белокорой зафиксирована более

высокая степень склерификации (и несколько большая толщина покровных тканей), что согласовывалось с повреждаемостью полиграфом. Отмечено, что низкая степень склерификации сопровождается повышенным содержанием слизевых клеток (как у п. сибирской), которые хотя и служат элементом конституционной устойчивости, слабо эффективны при втачивании жуков данного вредителя. Остальные изученные пихты принадлежали к другим секциям и полиграфом не повреждались или повреждались слабо. Их отличали большая толщина покровных тканей (п. белая, п. Нордмана, п. равночешуйчатая, п. цельнолистная, п. одноцветная), большая степень склерификации (п. белая, п. цельнолистная, п. Нордмана), наличие каменистой феллемы (п. цельнолистная, п. равночешуйчатая, п. Нордмана), более раннее формирование коры (п. Нордмана).

Полученные данные по видам пихт, избегаемых жуками полиграфа, позволяют предположить, что при расширении вторичного ареала уссурийского полиграфа виды пихт секции *Abies*, доминирующие в Южной и Центральной Европе (п. белая) и в горах Кавказа и Восточного Причерноморья (п. Нордмана) будут относительно устойчивы к жукам этого инвайдера. Возможно, с анатомическими особенностями коры этих видов связаны и другие факторы конституционной устойчивости. По крайней мере, взрослые деревья п. Нордмана в природе почти не образуют некрозов при искусственной инокуляции офиостомовым грибом *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka et Masuya) Mas. et Yamaoka – фитопатогенным ассоциантом уссурийского полиграфа (Баранчиков и др., 2018).

Авторы признательны А. В. Дымовичу, М. С. Александровой и О. Б. Ткаченко (ГБС РАН, Москва), В. И. Щурову (Управление особо охраняемыми природными территориями Краснодарского края, Краснодар) и Г. И. Юрченко (Дальневосточный НИИ лесного хозяйства, Хабаровск) за помощь и консультации в период взятия образцов коры пихт в Москве, Краснодарском и Хабаровском краях, соответственно.

Работа выполнена в рамках базового проекта фундаментальных исследований Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН «Снижение рисков возрастающего воздействия болезней и вредителей на лесные экосистемы в условиях глобальных изменений окружающей среды», № 0287-2021-0011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Астраханцева Н. В., Пашенова Н. В., Петько В. А., Баранчиков Ю. Н. Реакция тканей ствола пихты сибирской и пихты белокорой на инокуляцию фитиопатогенным грибом *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka, Masuya et Yamaoka) Masuya et Yamaoka – ассоциантом уссурийского полиграфа // Изв. СПбЛТА. 2014. Вып. 207. С. 142–153.
- Баранчиков Ю. Н., Астраханцева Н. В., Щуров В. И., Александрова М. С., Мухина Л. Н., Серая Л. Г., Пашенова Н. В. Склериды флэзмы как возможный фактор устойчивости пихт к атакам инвазийного кородея // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 3. № 2. С. 277–282.
- Баранчиков Ю. Н., Бибин А. Р., Демидко Д. А., Ефременко А. А., Пашенова Н. В., Перцовая А. А., Серая Л. Г. Предварительная оценка устойчивости видов пихт к компонентам инвазийного энтомо-микологического комплекса // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: X чтения памяти О. А. Катаева. СПб.: СПбГЛТУ, 2018. Т. 2: Фитопатогенные грибы: вопросы патологии и защиты леса. С. 4.
- Баранчиков Ю. Н., Ефременко А. А., Демидко Д. А., Тутова В. В. Уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Предуралье: где, откуда и когда? // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: XI чтения памяти О. А. Катаева. СПб.: СПбГЛТУ, 2020. С. 74–75.
- Баранчиков Ю. Н., Петько В. М., Астапенко С. А., Акулов Е. Н., Кривец С. А. Уссурийский полиграф – новый агрессивный вредитель пихты в Сибири // Лесн. вестн. 2011. № 4 (80). С. 78–81.
- Барыкина Р. П., Веселова Т. Д., Девятков А. Г., Джалилова Х. Х., Ильина Г. М., Чубатова Н. В. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
- Гниненко Ю. И., Чилахсаева Е. А., Клюкин М. С. Пихтовые леса европейской части России под угрозой // Защита и карантин растений. 2023. Вып. 2. С. 31–32.
- Деревья и кустарники СССР: дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Т. 1: Голосеменные / ред. С. Я. Соколов. 463 с.
- Еремин В. М. Анатомическое строение пихты белокорой и пихты цельнолистной // ИВУЗ. Лесн. журн. 1973. № 3. С. 34–38.
- Еремин В. М. Сравнительная анатомия коры сосновых: дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.05. Воронеж, 1983. 547 с.
- Ерёмин В. М., Копанина А. В. Атлас анатомии коры деревьев, кустарников и лиан Сахалина и Курильских островов. Брест: Полиграфика, 2012. 896 с.
- Еремин В. М., Нитченко Н. Д. Структурные основы устойчивости интродуцированных видов *Abies* // ИВУЗ. Лесн. журн. 1980. № 1. С. 12–15.
- Керчев И. А. Экспериментальное исследование возможности возникновения новых трофических связей полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западной Сибири // Вестн. Том. гос. ун-та. Биол. 2012. № 3 (19). С. 169–177.

- Керчев И. А. Экология полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera; Curculionidae, Scolytinae) в Западно-Сибирском регионе инвазии // Рос. журн. биол. инваз. 2014. Т. 7. № 2. С. 80–95.
- Кривец С. А. Заметки по экологии уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Scolytidae) в Западной Сибири // Изв. СПбЛТА. 2012. Вып. 200. С. 94–105.
- Кривец С. А., Бисирова Э. М., Керчев И. А., Пац Е. Н., Чернова Н. А. Популяционные характеристики и влияние уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. на состояние пихтовых лесов Северо-Восточного Алтая // Изв. СПбЛТА. 2014. Вып. 207. С. 37–48.
- Кривец С. А., Бисирова Э. М., Керчев И. А., Пац Е. Н., Чернова Н. А. Трансформация таежных экосистем в очаге инвазии полиграфа уссурийского – *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западной Сибири // Рос. журн. биол. инваз. 2015а. № 1. С. 41–63.
- Кривец С. А., Керчев И. А., Бисирова Э. М., Демидко Д. А., Петько В. М., Баранчиков Ю. Н. Распространение уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Сибири // Изв. СПбЛТА. 2015б. Вып. 211. С. 33–45.
- Криволицкая Г. О. Энтомофауна Курильских островов. Основные черты и происхождение. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1973. 315 с.
- Крылов Г. В., Марадудин И. И., Михеев Н. И., Козакова Н. Ф. Пихта. М.: Агропромиздат. 1986. 239 с.
- Куренцов А. И. Короеды Дальнего Востока СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1941. 234 с.
- Лебедев В. Г., Шестибратов К. А. Генная инженерия биосинтеза лигнина в деревьях: компромисс между свойствами древесины и жизнеспособностью растений // Физиол. раст. 2021. Т. 68. № 4. С. 339–355.
- Лотова Л. И. Анатомия коры хвойных. М.: Наука. 1987. 153 с.
- Серая Л. Г., Пашенова Н. В., Мухина Л. Н., Дымович А. В., Александрова М. С., Баранчиков Ю. Н. Повреждаемость видов рода *Abies* Mill. в коллекции Главного ботанического сада РАН уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus* Bland. и его грибными ассоциантами // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участ., посв. 70-летию созд. Ин-та леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, 16–19 сент. 2014 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 652–655.
- Ушанова В. М., Батура Н. Г., Воробьева З. К. Изучение влияния функциональных групп пектинов из коры хвойных пород деревьев на их студнеобразующие свойства // Хвойные бореал. зоны. 2008. Т. 25. № 3–4. С. 262–264.
- Чилахсаева Е. А. Первая находка *Polygraphus proximus* в Московской области // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2008. Т. 113. Вып. 6. С. 39–41.
- Abies*, *Abies balsamea* (L.) Mill., *Abies fraseri* (Pursh) Poir., *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt. Encyclopedia of Life. The Smithsonian Inst. Nat. Museum Nat. History, 2023. <https://eol.org/pages/13998>, <https://eol.org/pages/1061732/articles>, <https://eol.org/pages/1034953/articles>, <https://eol.org/pages/1061728/articles>
- Adam C. I., Ostaff D. P. Balsam woolly adelgid // Nat. Res. Canada, Can. For. Serv., Atlantic For. Centre, Fredericton, N. B. 2006. Pest Note 3. 2 p.
- Bark and wood properties of pulpwood species as related to separation and segregation of chip/bark mixtures. Project 3212 report three. A progress report to members of group project 3212, June 15, 1975. The Inst. Paper Chem., Appleton, Wisconsin. 124 p.
- Erbilgin N., Ma C., Whitehouse C., Shan B., Najar A. Ю., Evenden M. Chemical similarity between historical and novel host plants promotes range and host expansion of the mountain pine beetle in a naïve host ecosystem // New Phytol. 2014. V. 201. Iss. 3. P. 940–950.
- Fengping J., Jiayan L., Ryosuke T., Chie U., Shinichi K., Satoshi K., Ung-Jin K., Takao I. Structure and chemical contents of mucilage cells in *Pseudolarix* and *Abies* bark // IAWA J. 2015. V. 36. Iss. 3. P. 300–310.
- Fink S. Microscopical investigations on wood formation and function in diseased trees // IAWA Bull. 1986. V. 7. N. 4. P. 351–355.
- Fowells H. A. Silvics of forest trees of the United States // Agr. handbook. For. Serv., Timber manag. res., 1965. N. 271. 762 p.
- Franceschi V. R., Krokene P., Christiansen E., Krekling T. Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetles and other pests // New Phytol. 2005. V. 167. Iss. 2. P. 353–376.
- Hara H., Miyoshi H., Tokuda S. Forest decline at the damage by a typhoon in the Kubothinning experiment forest [Japan] of Todo-fir, *Abies sachalinensis*, and the occurrence of a fir bark beetles, *Polygraphus proximus* // Bull. Hokkaido For. Res. Inst. 2008. N. 45. P. 21–27.
- Hay R. L., Eagar C. Stem morphology and physiology of Fraser fir in relation to balsam woolly aphid attack preference. Final contract report for regional chief scientist, Southeast reg. office, Nat. Park Serv., 1981. 60 p.
- Hrinkevich K. H., Progar R. A., Shaw D. C. A severity rating system for evaluating stand-level balsam woolly adelgid (Hemiptera: Adelgidae) damage in two *Abies* species in Western North America // For. Sci. 2016. V. 62. Iss. 2. P. 181–189.
- Kerchев I. A. Ecology of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera; Curculionidae, Scolytinae) in the west Siberian region of invasion // Rus. J. Biol. Invas. 2014. V. 5. Iss. 3. P. 176–185 (Original Rus. text © I. A. Kerchев, 2014, publ. in Ros. zhurn. biol. invaz. 2014. N. 2. P. 80–95).
- Krekling T., Franceschi V. R., Berryman A. A., Christiansen E. The structure and development of polyphenolic parenchyma cells in Norway spruce (*Picea abies*) bark // Flora. 2000. V. 195. Iss. 4. P. 354–369.
- Krivets S. A., Bisirova E. M., Kerchев I. A., Pats E. N., Chernova N. A. Transformation of taiga ecosystems in Western Siberia in invasion focus of four eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) // Rus. J. Biol. Invas. 2015. V. 6. Iss. 2. P. 94–108 (Original Rus. text © S. A. Krivets, E. M. Bisirova, I. A. Kerchев, E. N. Pats, N. A. Chernova, 2015, publ. in Ros. zhurn. biol. invaz. 2015. N. 1. P. 41–63).
- Krokene P. Conifer defense and resistance to bark beetles In: Bark beetles: Biology and ecology of native and invasive

- species // Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species / F. E. Vega, R. W. Hofstetter (Eds.). Acad. Press, 2015. P. 177–207.
- Lebedev V. G., Shestibratov K. A. Genetic engineering of lignin biosynthesis in trees: compromise between wood properties and plant viability // Rus. J. Plant Physiol. 2021. V. 68. Iss. 4. P. 596–612 (Original Rus. text © V. G. Lebedev, K. A. Shestibratov, 2021, publ. in Fiziologiya ras-teniy. 2021. V. 68. N. 4. C. 339–355).
- Lieutier F. Mechanisms of resistance in conifers and bark beetle attack strategies // Mechanisms and deployment of resistance in trees to insects / M. R. Wagner (Ed.). N. Y.: Kluwer Acad. Publ., 2002. P. 31–77.
- Lieutier F. Host resistance to bark beetles and its variations // Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis / F. Lieutier, K. R. Day, A. Battisti, J.-C. Gregoire, H. F. Evans (eds.) Dordrecht, Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 2004. P. 135–180.
- Martin D., Tholl D., Gershenzon J., Bohlmann J. Methyl jasmonate induces traumatic resin ducts, terpenoid resin biosynthesis, and terpenoid accumulation in developing xylem of Norway spruce stems // Plant Physiol. 2002. V. 129. Iss. 3. P. 1003–1018.
- Nobuchi A. Studies on Scolytidae IX (Coleoptera). Key to the subfamilies, tribes and genera of Japan // Bull. Gov. For. Exp. Sta. 1971. N. 238. P. 149–164.
- Nobuchi A. Studies on Scolytidae XVIII. Bark beetles of tribe *Polygraphini* in Japan (Coleoptera, Scolytidae) // Bull. For. & For. Prod. Res. Inst. 1979. N. 308. P. 1–16.
- Tokuda M., Shoubu M., Yamaguchi D., Yukawa J. Defoliation and dieback of *Abies firma* (Pinaceae) trees caused by *Parendaes abietinus* (Coleoptera: Curculionidae) and *Polygraphus proximus* (Coleoptera: Scolytidae) on Mount Unzen, Japan // Appl. Entomol. Zool. 2008. V. 43. N. 1. P. 1–10.
- Wainhouse D., Cross D. J., Howell R. S. The role of lignin as a defense against the spruce bark beetle *Dendroctonus micans*: effect on larvae and adults // Oecologia. 1990. V. 85. Iss. 2. P. 257–265.
- Wood S. L. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph // Great Basin Naturalist Memoirs. 1982. N. 6. P. 1–1359.
- Wood S. L., Bright D. E. Hosts of Scolytidae and Platypodidae // Great Basin Naturalist Memoirs. 1992. V. 13. Article 12. P. 1241–1348.

ANATOMICAL FEATURES OF THE BARK AS A FACTOR OF RESISTANCE OF FIR SPECIES TO INFESTATION BY THE FOUR-EYED FIR BARK BEETLE

N. V. Astrakhantseva¹, L. G. Seraya², N. V. Pashenova¹, A. A. Kozhenkova³, Yu. N. Baranchikov¹

¹ 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

² All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology Property 5, Institute str., Bol'shie Vyazemy, Odintsovskiy District, Moscow Oblast, 143050 Russian Federation

³ Tsitsin Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences st. Botanicheskaya, 4, Moscow, 127276 Russian Federation

E-mail: astr_nat@mail.ru, lgseraya@gmail.com, pasnat@ksc.krasn.ru, info@gbsad.ru, baranchikov_yuri@yahoo.com

To elucidate the reasons for the differences Fir species (*Abies*. Mill.) damage by four-eyed fir bark beetle (*Polygraphus proximus* Blandford), we studied the structure of fir bark in sections *Balsamea*, *Momi*, *Abies*, *Grandis* from the collections of the Tsitsin Main botanical garden of the Russian Academy of Sciences. In the bark, the features of the structure of the outer bark tissues (periderm and rhytidome) and the inner bark, which consisted of the cortex and secondary phloem, were studied. Species of fir, the outer bark of which are formed by periderms including layers of spongy and stony (lignified) phellem (phellem of Manchurian fir (*Abies holophylla* Maxim.), Nikko fir (*A. homolepis* Siebold & Zucc.), Nordmann fir (*A. nordmanniana* (Steven) Spach)), as well as species that early formed a rhytidome (Nordmann fir), are practically not colonized by the *P. proximus*. The cork of fir species, the phellem of which is represented by the same type of suberized cells, and having a small thickness (species from section *Balsamea*), is more attractive for invasion by the *P. proximus*. The relationship between damage by the *P. proximus* and the structural features and the ratio of the components of the outer and middle layers of the inner bark, where the degree of sclerification is the main factor, is noted. The least attractive for *P. proximus* are the fir species that have a high degree of sclerification of the outer and middle layers of the inner bark. The degree of constitutional resistance to *P. proximus* increases with an increase in the degree of accretion and size of sclereid groups, the uniformity and density of their distribution. The most vulnerable are firs with a low degree of sclerification of the outer and middle layers and/or an uneven and loose distribution of sclereid groups, and firs with an increased and high content of mucilage cells (Siberian fir (*A. sibirica* Ledeb.)). An inverse relationship was noted between the degree of sclerification and the content of mucilage cells. A clear relationship between *P. proximus* and the content of calcium oxalate crystals, as well as the characteristics of the resinous system, has not been established.

Keywords: *Polygraphus proximus* Blandford, *Abies*, rhytidome, periderm, phellem, cortex, secondary phloem, sclereid groups, mucilage cells.

How to cite: Astrakhantseva N. V., Seraya L. G., Pashenova N. V., Kozhenkova A. A., Baranchikov Yu. N. Anatomical features of the bark as a factor of resistance of fir species to infestation by the four-eyed fir bark beetle // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 43–59 (in Russian with English abstract and references).

УДК 632.7:591.524.23

ТРОФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ИНВАЗИОННЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ НА БАЗЕ КОЛЛЕКЦИИ ДЕНДРОПАРКА «ЮЖНЫЕ КУЛЬТУРЫ»

Н. Н. Карпун¹, Е. И. Шошина¹, А. А. Плотников², С. Г. Шевелев²

¹ Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр РАН»
354002, Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28

² Кавказский государственный природный биосферный заповедник им. Х. Г. Шапошникова
354340, Сочи, ул. Карла Маркса, 8

E-mail: nkolem@mail.ru, haska6767@mail.ru, kgpbz@mail.ru

Поступила в редакцию 09.06.2023 г.

В последние два десятилетия на Черноморском побережье России появилось более 50 инвазионных видов вредителей. Изучение трофических связей новых для региона насекомых имеет большое значение для понимания закономерностей инвазионного процесса. В этом вопросе важную роль играют дендрологические коллекции парков и ботанических садов. Уточнение трофических связей инвазионных вредителей – кипарисовой радужной златки (*Lamprodila festiva* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera: Buprestidae)) и белой цикадки (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) (Homoptera: Flatidae)) – в декоративных насаждениях парков позволяет определить их роль в усыхании древесных растений. Исследования проводились в 2020–2021 гг. на территории дендрологического парка «Южные культуры» (Россия, федеральная территория «Сириус»), ботаническая коллекция которого представлена 665 видами, разновидностями и садовыми формами. Для кипарисовой радужной златки в декоративных насаждениях дендропарка выявлены 13 таксонов кормовых растений, относящихся к семейству Cupressaceae, из которых *Cupressus lusitanica* и *Juniperus squamata* в качестве кормовой породы отмечены впервые в ее природном и инвазионном ареалах. Только *Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* и *Juniperus communis* происходят из региона естественного распространения фитофага – Средиземноморья и Северной Африки (15.4 % от общего числа видов). По нашим наблюдениям, кипарисовая радужная златка приводит к усыханию кормовых растений в течение 1–7 лет. Для белой цикадки выявлены 25 таксонов кормовых растений, среди которых североамериканское происхождение (как и *M. pruinosa*) имеют только 4 вида – *Torreya californica*, *Magnolia grandiflora*, *Catalpa bignonioides* и *Celastrus scandens* (16 % от общего числа видов). Одиннадцать видов растений, относящиеся к родам *Torreya*, *Magnolia*, *Eurya*, *Euonymus*, *Cotoneaster*, *Citharexylum*, *Ilex*, *Schinus*, *Pterocarya*, *Sorbus*, *Celastrus* и семействам Taxaceae, Magnoliaceae, Pentaphylacaceae, Celastraceae, Rosaceae, Verbenaceae, Aquifoliaceae, Anacardiaceae, Juglandaceae, являются новыми для белой цикадки на Черноморском побережье России. Белая цикадка не оказывает существенного влияния на состояние выявленных кормовых растений в дендропарке, но снижает их декоративность.

Ключевые слова: инвазия, фитофаг, кипарисовая радужная златка, белая цикадка, *Lamprodila festiva*, *Metcalfa pruinosa*, кормовые породы, дендрарий, новые трофические ассоциации, вредоносность.

DOI: 10.15372/SJFS20230508

ВВЕДЕНИЕ

Инвазионные вредители растений в последние десятилетия представляют собой серьезную биологическую угрозу, приводя к снижению биологического разнообразия естественных и искусственных ценозов, нарушая экологическое равновесие (Ижевский, 1995, 2002; Pimentel et al., 2001; Зайцев, Резник, 2004). Темпы ин-

вазионного процесса ускоряются в связи с процессами глобализации, изменением климата, интенсификацией транспортных и туристических потоков, несовершенством пограничного карантинного контроля (Bilý, 2003; Кузнецов, Стороженко, 2010; Kuznetsov, Storozhenko, 2010; Aukema et al., 2010; Richardson 2011; Масляков, Ижевский, 2011; Bradshaw et al., 2016; Seebens et al., 2018).

Новые виды фитофагов стали появляться на Черноморском побережье Кавказа одновременно с началом активной работы по интродукции субтропических растений (Карпун, 2018). Только после 2000 г. в районе Сочи были выявлены свыше 50 видов инвазионных видов вредителей растений (Гниненко и др., 2014; Ширяева, 2015; Щуров и др., 2017; Карпун, 2018; Камаев, Карпун, 2020; Журавлева и др., 2022; Karpun et al., 2022 и др.).

Роль трофического фактора при изучении успешности инвазий нельзя недооценивать. Во-первых, именно кормовые растения, их фрагменты и растительная продукция – одни из самых значимых векторов инвазии (Kenis et al., 2007; Козаржевская, Каштанова, 2009; Augustin et al., 2012). Во-вторых, наличие привычного кормового ресурса в значительной мере обуславливает успешность адаптации вида в новых для него условиях (Кузнецов, Стороженко, 2010; Масляков, Ижевский, 2011). В ряде случаев наблюдается переход с интродуцированных на питание аборигенными видами растений (Kirichenko et al., 2017; Карпун, 2018).

Дендрологические коллекции служат полигонами для выявления инвазионных видов вредителей растений и изучения их трофических связей (Britton et al., 2010; Roques et al., 2015; Kirichenko, Kenis, 2016; Кириченко и др., 2018; Kirichenko et al., 2018; Драполюк, 2019; Поушкова, Левченко, 2019; Кириченко, 2020). Ботаническая коллекция известнейшего дендрологического парка г. Сочи «Южные культуры», заложенного в конце XIX в. в естественном ландшафтном стиле, представлена 665 видами, разновидностями и садовыми формами (Ширяева, 2019). Из древесных растений 8 % таксонов – уникальные, 21 % – ботанические редкости (Солтани и др., 2014), что дает возможность оценить эти таксоны в качестве кормовых растений для инвазионных фитофагов только в коллекции парка. Изучение трофических связей новых инвазионных насекомых на базе дендрологической коллекции дендропарка особенно актуально для прогнозирования изменений санитарного состояния не только самой коллекции, но и других декоративных насаждений региона.

В насаждениях дендропарка в последние два десятилетия были отмечены инвазионные виды-монофаги – белоакациевый пальчатый минер (*Parectopa robiniella* (Clemens, 1863)), белоакациевая галлица (*Obolodiplosis robiniae* (Haldeman, 1847)), восточная каштановая орехотворка (*Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu, 1951)); ви-

ды-олигофаги – самшитовая огневка (*Cydalima perspectalis* (Walker, 1859)), красный пальмовый долгоносик (*Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790)), пальмовый мотылек (*Paysandisia archon* (Burmeister, 1880)), эвкалиптовая листоблошка (*Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964)), офелимус (*Ophelimus maskelli* (Ashmead, 1900)), охридский минер (*Cameraria ohridella* (Deschka & Dimic, 1986)), кипарисовая радужная златка (*Lamprodila festiva* (Linnaeus, 1767)); виды-полифаги – белая цикадка (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)), дубовый клоп-кружевница (*Corythucha arcuata* (Say, 1832)) и коричнево-мраморный клоп (*Halyomorpha halys* (Stål, 1855)) (Ширяева, 2019).

Цель настоящих исследований – уточнить трофические связи инвазионных вредителей – кипарисовой радужной златки и белой цикадки – в декоративных насаждениях дендрологического парка «Южные культуры» и определить их роль в усыхании древесных растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2020–2021 гг. на территории дендрологического парка «Южные культуры» (Россия, федеральная территория «Сириус»). На первом этапе была составлена выборка растений из трех групп: хвойные деревья и кустарники, лиственные вечнозеленые деревья и кустарники, лиственные листопадные деревья и кустарники. Выборка была составлена по принципу представленности таксонов, разных ботанических семейств и жизненных форм, различного санитарного состояния, разной частоты использования в декоративных насаждениях региона. Всего отобрано 150 растений. На втором этапе проведено полевое обследование детальным методом: у каждого растения осматривали ветви, листья или хвою, ствол. Обследования выделенных растений проводились маршрутным методом в ноябре 2020 г., в июле и октябре 2021 г. Санитарное состояние кормовых пород оценивалось по шкале, принятой в лесопатологической практике (Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах»).

Обнаруженных личинок фиксировали в 70 % растворе спирта, собранных имаго помещали в коллекцию Субтропического научного центра РАН (Сочи). При определении видов вредителей использовались стереомикроскоп Альтами, кол-

лекция насекомых Субтропического научного центра РАН, литературные источники (Рихтер, 1952; Metcalf, 1957; Зыков, 1999; Nitzu et al., 2016; и др.).

Виды кормовых растений приведены в соответствии с базой данных WFO Plant List (WFO..., 2023), виды насекомых – в соответствии с базой Fauna Europaea (2023).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Кипарисовая радужная златка (*Lamprodila festiva* (Linnaeus, 1767)) – вредитель хвойных (в частности, представителей семейства кипарисовые – Cupressaceae Gray), ареал и трофические связи которого продолжают расширяться (Nitzu et al., 2016; Щуров и др., 2017). В условиях природных экосистем естественного ареала этот вид заселяет кипарис (*Cupressus*), можжевельник (*Juniperus*), тетраклинис (*Tetraclinis articulata* Mast.), а в декоративных ландшафтах – представителей родов туя (*Thuja*), кипарисовик (*Chamaecyparis*), плосковеточник (*Platyclusus*) и каллитрис (*Callitris*) (Bilý, 2003).

Обследования древесных растений дендропарка «Южные культуры» позволило выявить 13 таксонов кормовых растений *L. festiva* (табл. 1). Среди них только кипарис вечнозеленый вар. пирамидальный и можжевельник обыкновенный происходят из региона естественного

распространения фитофага – Средиземноморья и Северной Африки (15.4 % от общего числа видов). Можжевельник чешуйчатый и кипарис лужитанский в качестве кормовой породы для кипарисовой радужной златки отмечены впервые. В сводках других авторов (Schmidt et al., 2014; Nitzu et al., 2016) данные кормовые растения не упоминались.

Несмотря на то, что G. Schmidt с соавт. (2014) указывали на относительную устойчивость сортов *Thuja plicata* и *T. occidentalis* 'Columna' к кипарисовой радужной златке, в насаждениях дендропарка «Южные культуры» эти таксоны были заселены фитофагом в первые годы инвазии, и к моменту проведения обследования часть экземпляров данных таксонов уже погибла.

Заселение кипарисовой радужной златкой, по нашим наблюдениям, приводит к резкому ухудшению состояния и, как следствие, к гибели растений. Полное усыхание деревьев наблюдается в течение 1–7 лет в зависимости от возраста и места заселения. При заселении нижней части ствола гибель деревьев наступает быстрее, чем при первичном заселении боковых ветвей.

Следует отметить, что кипарисовик притупленный (*Chamaecyparis obtusa* Siebold & Zucc.), можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.) и туевик долотовидный (*Thujopsis dolabrata*

Таблица 1. Кормовые породы кипарисовой радужной златки (*Lamprodila festiva* (Linnaeus, 1767)) в насаждениях дендропарка «Южные культуры» (Сочи, 2020 г.)

Таксон	Санитарное состояние, балл	Происхождение
Кипарис вечнозеленый вар. пирамидальный (<i>Cupressus sempervirens</i> var. <i>pyramidalis</i> (O. Targ. Tozz.) Nyman)	3	Средиземноморье, Передняя Азия
К. лужитанский (<i>C. lusitanica</i> Mill.)	3	Центральная Америка, Мексика, юг США
Кипарисовик горохоплодный 'Нитчатый' (<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold & Zucc.) Endl. 'Filifera')	4	Садовая форма
К. Лоусона (<i>Ch. lawsoniana</i> (A. Murray bis) Parl.)	3	Северная Америка
Можжевельник китайский (<i>Juniperus chinensis</i> L.), в том числе м. Госана (<i>Ju. gaussenii</i> W.C.Cheng)	3	Восточная Азия
М. обыкновенный (<i>Ju. communis</i> L.)	2	Европа, Азия, Северная Америка, Северная Африка
М. чешуйчатый (<i>Ju. squamata</i> D. Don)	4	Восточная Азия
М. чешуйчатый 'Мейера' (<i>Ju. squamata</i> D. Don 'Meyeri')	3	Садовая форма
Туя западная 'Желтая' (<i>Thuja occidentalis</i> L. 'Lutea')	2	» »
Т. западная 'Золотистая' (<i>T. occidentalis</i> L. 'Aurea')	5a	» »
Т. западная 'Колумна' (<i>T. occidentalis</i> L. 'Columna')	5a	» »
Т. западная 'Эльвангера' (<i>T. occidentalis</i> L. 'Elwangeriana')	5a	» »
Т. складчатая (<i>T. plicata</i> Donn ex D. Don)	5a	Северная Америка

Siebold & Zucc.) в насаждениях дендропарка в период проведения обследования оказались не заселенными кипарисовой радужной златкой.

Вторым инвазионным фитофагом, активно осваивающим декоративные насаждения Черноморского побережья, является белая цикадка (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)) – широкий полифаг, впервые отмеченный в регионе в 2009 г. (Gnezdilov, Sugonyaev, 2009) и с тех пор активно расширяющий свой ареал и трофические связи (Стрюкова, Стрюков, 2020).

В декоративных насаждениях дендропарка «Южные культуры» белая цикадка отмечена на древесных растениях 25 видов из 18 семейств.

Большинство выявленных кормовых растений *M. pruinosa* происходят не из первичного ареала фитофага. Североамериканское происхождение имеют только 4 вида – торрея калифорнийская, магнолия крупноцветковая, катальпа бигониевидная и древогубец лазающий (16 % от общего числа видов). Почти половина (11 видов) установленных кормовых растений – восточноазиатского происхождения, 11 таксонов – новые для белой цикадки на Черноморском побережье России (табл. 2).

Большую ценность в составе дендроколлекции парка «Южные культуры» представляют редкие растения, которые встречаются в регио-

Таблица 2. Кормовые породы белой цикадки (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)) в насаждениях дендропарка «Южные культуры» (Сочи, 2020, 2021 гг.)

Таксон	Семейство	Санитарное состояние, балл	Происхождение кормового растения
1	2	3	4
Вечнозеленые хвойные деревья			
*Торрея калифорнийская (<i>Torreya californica</i> Torr.)	Тиссовые (Taxaceae)	2	Северная Америка
Вечнозеленые лиственные деревья			
Земляничник крупноплодный (<i>Arbutus unedo</i> L.)	Вересковые (Ericaceae)	2	Средиземноморье, Западная Европа
Камелия японская (<i>Camellia japonica</i> L.)	Чайные (Theaceae)	1	Восточная Азия
*Магнолия Делавея (<i>Magnolia delavayi</i> Franch.)	Магнолиевые (Magnoliaceae)	1	Юго-Западный Китай
М. крупноцветковая (<i>M. grandiflora</i> L.)	То же	1	Северная Америка
Османтус Форчуна (<i>Osmanthus fortunei</i> Carrière)	Маслинные (Oleaceae)	1	Восточная Азия
*Эврия японская (<i>Eurya japonica</i> Thunb.)	Пентафилаксовые (Pentaphylacaceae)	1	» »
Вечнозеленые лиственные кустарники			
*Бересклет тыщцетветковый (<i>Euonymus myrianthus</i> Hemsl.)	Бересклетовые (Celastraceae)	2	Восточная Азия
Гардения жасминовидная (<i>Gardenia jasminoides</i> J. Ellis) (син. г. крупноцветковая (<i>G. grandiflora</i> Siebold ex Zucc.); г. укореняющаяся (<i>G. radicans</i> Thunb.))	Мареновые (Rubiaceae)	1	» »
Жасмин Месни (<i>Jasminum mesnyi</i> Hance)	Маслинные (Oleaceae)	1	» »
*Кизильник Дильса (<i>Cotoneaster dielsianus</i> E.Pritz. ex Diels)	Розовые (Rosaceae)	1	» »
*Лиродревесник сетчатый (<i>Citharexylum reticulata</i> Kunth)	Вербеновые (Verbenaceae)	1	Центральная Америка
*Падуб городчатый (<i>Ilex crenata</i> Thunb.)	Падубовые (Aquifoliaceae)	2	Восточная Азия
*Шинус мастичный (<i>Schinus molle</i> L.)	Анакардиевые (Anacardiaceae)	2	Южная Америка
Листопадные лиственные деревья			
Бук восточный (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky)	Буковые (Fagaceae)	1	Крым, Кавказ, Балканский полуостров, Малая Азия

Окончание табл. 2.

1	2	3	4
Граб обыкновенный (<i>Carpinus betulus</i> L.)	Березовые (Betulaceae)	1	Европа, Кавказ, Иран
Катальпа бигнониевидная (<i>Catalpa bignonioides</i> Walter)	Бигнониевые (Bignoniaceae)	2	Северная Америка
*Лапина крылоплодная (<i>Pterocarya pterocarpa</i> (Poir.) Spach)	Ореховые (Juglandaceae)	1	Кавказ, Иран, Турция
Магнолия Суланжа (<i>Magnolia × soulangeana</i> Soul.-Bod.)	Магнолиевые (Magnoliaceae)	2	Садовый гибрид
Платан восточный (<i>Platanus orientalis</i> L.)	Платановые (Platanaceae)	1	От Балканского полуострова до севера Ирана
*Рябина глоговина (<i>Sorbus torminalis</i> Garsault)	Розовые (Rosaceae)	1	Северная Африка, Кавказ, Западная Азия, Южная Европа
Листопадные лиственные кустарники			
Дейция городчатая (<i>Deutzia crenata</i> Siebold & Zucc.)	Гортензиевые (Hydrangeaceae)	1	Япония
Гидрангея крупнолистная (<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser.)	Гортензиевые (Hydrangeaceae)	1	»
Хеномелес превосходная (<i>Chaenomeles × superba</i> (Frahm) Rehder)	Розовые (Rosaceae)	1	Садовый гибрид
Листопадные лиственные лианы			
*Древогубец лазящий (<i>Celastrus scandens</i> L.)	Бересклетовые (Celastraceae)	1	Северная Америка

* Виды растений, впервые отмеченные для белой цикадки на Черноморском побережье России.

не единичными экземплярами – можжевельник чешуйчатый, торрея калифорнийская, магнолия Делавея, эврия японская, лиродересник сетчатый, шинус мастичный, древогубец лазящий. Установить трофические ассоциации новых видов вредителей с этими таксонами стало возможным только при изучении дендрокolleкции дендрологического парка «Южные культуры».

По нашим наблюдениям, *Metcalfa pruinosa* не оказывает существенного влияния на состояние древесных растений. Колонии фитофага существенно снижают только декоративность, формируя ярко заметный белый восковой налет на поверхности листьев и побегов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, проведенные на базе дендрологической коллекции парка «Южные культуры», позволили установить 13 и 25 таксонов кормовых растений кипарисовой радужной златки (*Lamprodila festiva* (Linnaeus, 1767)) и белой цикадки (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)) соответственно. Новыми кормовыми растениями для *L. festiva* в ареале вредителя являются 2 вида хвойных – *Cupressus lusitanica* и *Juniperus*

squamata; для белой цикадки на Черноморском побережье России – 11 видов древесных растений из семейств Taxaceae, Magnoliaceae, Pentaphylacaceae, Celastraceae, Rosaceae, Verbenaceae, Aquifoliaceae, Anacardiaceae, Juglandaceae. Влияние двух инвазионных видов насекомых на кормовые растения различно: *L. festiva* приводит к их усыханию в течение 1–7 лет, а *M. pruinosa* не оказывает существенного влияния на декоративные растения.

Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания ФИЦ СЦ РАН FGRW-2022-0006, № государственной регистрации 122042600092-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гниненко Ю. И., Ширяева Н. В., Щуров В. И. Самшитовая огневка – новый инвазивный организм в лесах Российского Кавказа // Карантин растений. Наука и практика. 2014. № 1 (7). С. 32–36.
- Драполюк И. С. Полужесткокрылые хвойных пород Центрального ботанического сада НАН Азербайджана // Изучение и сохранение биоразнообразия в ботанических садах и других интродукционных центрах: материалы науч. конф. Донецк, 2019. С. 122–124.

- Журавлева Е. Н., Карпун Н. Н., Шошина Е. И., Мусолин Д. Л. Новые виды растительноядных клопов (Hemiptera: Heteroptera) во влажных субтропиках России // XVI съезд Русского энтомологического общества: тез. докл. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2022. С. 130.
- Зайцев В. Ф., Резник С. Я. Биометод и биоразнообразие // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2004. С. 44–53.
- Зыков И. Е. Ревизия златок рода *Palmar* Schaefer (Coleoptera, Buprestidae) фауны СНГ и сопредельных стран. I. Обзор видов // Энтномол. обозрение. 1999. Т. 78. Вып. 1. С. 101–121.
- Ижевский С. С. Чужеземные насекомые как биоагрессоры // Экология. 1995. № 2. С. 119–123.
- Ижевский С. С. Инвазии: неизбежность и контроль // Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов: сб. материалов кругл. стола Всерос. конф. по экол. безопасности России. М.: Ин-т пробл. экол. и эвол. им. А. Н. Северцева, 2002. С. 49–61.
- Камеев И. О., Карпун Н. Н. Новые сведения о паутиных клещей (Acari: Trombidiformes: Tetranychidae), населяющих декоративные растения Черноморского побережья Краснодарского края, Россия // Кавказ. энтномол. бюл. 2020. Т. 16 (2). С. 295–298.
- Карпун Н. Н. Структура комплексов вредных организмов древесных растений во влажных субтропиках России и биологическое обоснование мер защиты: дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.07. Сочи: ВНИИ цветовод. и субтроп. культур, 2018. 399 с.
- Кириченко Н. И. Трофические связи и закономерности инвазий дендрофильных молей-пестрянок (Lepidoptera: Gracillariidae) в Азиатской части России: дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2020. 460 с.
- Кириченко Н. И., Скворцова М. В., Петько В. М., Пономаренко М. Г., Лопез-Ваамонде К. Насекомые, минирующие листья растений семейства Ивовых (Salicaceae) в Сибири: распространение, трофические связи и вредоносность // Сиб. экол. журн. 2018. Т. 25. № 6. С. 677–699.
- Козаржевская Е. Ф., Каишанова О. А. Инвазии чужеземных видов насекомых при интродукции древесных растений // Проблемы современной дендрологии: Материалы междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР П. И. Лапина. М., 2009. С. 763–768.
- Кузнецов В. Н., Стороженко С. Ю. Инвазии насекомых в наземные экосистемы Дальнего Востока России // Рос. журн. биол. инваз. 2010. Т. 3. № 1. С. 12–18.
- Масляков В. Ю., Ижевский С. С. Инвазии растительноядных насекомых в Европейскую часть России. М.: Ин-т геогр. РАН, 2011. 272 с.
- Постановление Правительства РФ от 09.12.2020 № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах». М.: Правительство, 2020.
- Поушкова С. В., Левченко И. С. Материалы к фауне трипсов (Insecta: Thysanoptera) Донецкого ботанического сада // Изучение и сохранение биоразнообразия в ботанических садах и других интродукционных центрах: Материалы науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 55-летию Донецкого бот. сада. Донецк, 2019. С. 339–343.
- Рихтер А. А. Златки (Buprestidae). Ч. 4. Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 13. Вып. 4. 234 с.
- Солтани Г. А., Анненкова И. В., Карпун Ю. Н., Кувайцев М. В. Растения дендропарка «Южные культуры»: аннотированный каталог. Сочи: Сочи. нац. парк, 2014. 60 с.
- Стрюкова Н. М., Стрюков А. А. Новые данные об инвазивных насекомых в Республике Крым // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2020. № 4 (157). С. 56–66.
- Ширяева Н. В. Новые виды вредителей древесных и кустарниковых растений в сочинском парке «Дендрарий» // Изв. СПбЛТА. 2015. Вып. 211. С. 243–253.
- Ширяева Н. В. Редкие и уникальные коллекционные растения сочинского дендропарка «Южные культуры», их состояние и пути сохранения // Субтроп. и декоратив. садоводство. 2019. Вып. 70. С. 211–222.
- Щуров В. И., Бондаренко А. С., Скворцов М. М., Щурова А. В. Чужеродные насекомые – вредители леса, выявленные на Северо-Западном Кавказе в 2010–2016 годах, и последствия их неконтролируемого расселения // Изв. СПбЛТА. 2017. Вып. 220. С. 212–228.
- Augustin S., Boonham N., De Kogel W. J., Donner P., Faccoli M., Lees D. C., Marini L., Mori N., Toffolo E. P., Quilici S., Roques A., Yart A., Battisti A. A review of pest surveillance techniques for detecting quarantine pests in Europe // EPPO/OEPP Bull. 2012. V. 42. N. 3. P. 515–551.
- Aukema J. E., McCullough D. G., von Holle B., Liebhold A., Britton K., Frankel S. J. Historical accumulation of non-indigenous forest pests in the continental United States // BioScience. 2010. V. 60. Iss. 11. P. 886–897.
- Bilý S. Summary of the bionomy of the Buprestid beetles of Central Europe (Coleoptera: Buprestidae) // Acta Entomol. Musei Nat. Pragae. Suppl. 2003. V. 10. P. 1–104.
- Bradshaw C. J., Leroy B., Bellard C., Roiz D., Albert C., Fournier A., Barbet-Massin M., Salles J.-M., Simard F., Courchamp F. Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects // Nat. Comm. 2016. V. 7. Article 12986. P. 1–8.
- Britton K. O., White P., Kramer A., Hudler G. A new approach to stopping the spread of invasive insects and pathogens: early detection and rapid response via a global network of sentinel plantings // New Zeal. J. For. 2010. V. 40. P. 109–114.
- Fauna Europaea: Database / Funded by EU BON. Berlin, 2023. <https://fauna-eu.org>
- Gnezdilov V. M., Sugonyaev E. S. First record of *Metcalfa pruinosa* (Homoptera: Fulgoroidea: Flatidae) from Russia // Zoosyst. Ros. 2009. V. 18. N. 2. P. 260–261.
- Karpun N. N., Zhuravleva E. N., Shoshina E. I., Kirichenko N. I. First record of the alien cotton leaf roller *Hartigodes derogata* (Lepidoptera: Crambidae) on the Black sea coast of Russia // Far East. Entomol. 2022. N. 465. P. 12–21.
- Kenis M., Rabitsch W., Auger-Rozenberg M.-A., Roques A. How can alien species inventories and interception data help us prevent insect invasions? // Bull. Entomol. Res. 2007. V. 97. N. 5. P. 489–502.
- Kirichenko N., Kenis M. Using a botanical garden to assess factors influencing the colonization of exotic woody plants by phyllophagous insects // Oecologia. 2016. V. 182. N. 1. P. 243–252.

- Kirichenko N. I., Skvortsova M. V., Pet'ko V. M., Ponomarenko M. G., Lopez-Vaamonde C. Salicaceae-feeding leaf-mining insects in Siberia: Distribution, trophic specialization, and pest status // *Contemp. Probl. Ecol.* 2018. V. 11. N. P. 576–593 (Original Rus. text © N. I. Kirichenko, M. V. Skvortsova, V. M. Pet'ko, M. G. Ponomarenko, C. Lopez-Vaamonde, 2018, publ. in *Sib. Ecol. Zhurn.* 2018. N. 6. P. 677–699).
- Kirichenko N., Triberti P., Ohshima I., Haran J., Byun B.-K., Li H., Augustin S., Roques A., Lopez-Vaamonde C. From east to west across the Palearctic: Phylogeography of the invasive lime leaf miner *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae) and discovery of a putative new cryptic species in East Asia // *PLOS ONE*. 2017. V. 12. N. 2. Article e0171104. P. 1–22.
- Kuznetsov V. N., Storozhenko S. Yu. Insect invasions into terrestrial ecosystems of the Russian Far East // *Rus. J. Biol. Invas.* 2010. V. 1. N. 2. P. 102–105 (Original Rus. text © V. N. Kuznetsov, S. Yu. Storozhenko, 2009, publ. in *Ros. Zhurn. Biol. Invas.* 2009. N. 1. P. 11–18).
- Metcalfe Z. P. General Catalogue of the Hemiptera. Fascicle IV. Fulgoroidea. Part 13. Flatidae and Hypochthonellidae. Raleigh: North Carolina St. Coll., 1957. 565 p.
- Nitzu E., Dobrin I., Dumbravă M., Gutue M. The range expansion of *Ovalisia festiva* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera: Buprestidae) in Eastern Europe and its damaging potential for Cupressaceae // *Travaux du Muséum Nat. d'Histoire Nat. "Grigore Antipa"*. 2016. V. 58. Iss. 1–2. P. 51–57.
- Pimentel D., McNair S., Janecka J., Wightman J., Simmonds C., O'Connell C., Wong E., Russel L., Zern J., Aquino T., Tsomondo T. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions // *Agr. Ecosyst. Environ.* 2001. V. 84. N. 1. P. 1–20.
- Richardson D. M. Fifty years of invasion ecology: The legacy of Charles Elton. Southern Gate, Chichester: Blackwell Publ. Ltd, Atrium, 2011. 459 p.
- Roques A., Fan J. T., Courtial B., Zhang Y. Z., Yart A., Auger-Rozenberg M.-A., Denax O., Kenis M., Baker R., Sun J.-H. Planting sentinel European trees in eastern Asia as a novel method to identify potential insect pest invaders // *PLOS ONE*. 2015. V. 10. N. 5. Article e0120864. P. 1–19.
- Schmidt G., Diószegi M. S., Szabó V., Hrotkó K. Cypress borer (*Lamprodila festiva*), a new urban pest in Hungary // *Plants in Urban Areas and Landscape: Proc. Int. Simp.*, 14–15 May, 2014. Nitra, Slovakia, 2014. P. 32–34.
- Seebens H., Blackburn T. M., Dyer E. E., Genovesi P., Hulme P. E., Jeschke J. M., Pagad S., Pyšek P., van Kleunen M., Winter M., Ansong M., Arianoutsou M., Bacher S., Blasius B., Brockerhoff E. G., Brundu G., Capinha C., Causton C. E., Celesti-Grapow L., Dawson W., Dullinger S., Economo E. P., Fuentes N., Guénard B., Jäger H., Kartesz J., Kenis M., Kühn I., Lenzner B., Liebhold A. M., Mosena A., Moser D., Nentwig W., Nishino M., Pearman D., Pergl J., Rabitsch W., Rojas-Sandoval J., Roques A., Rorke S., Rossinelli S., Roy H. E., Scalera R., Schindler S., Štajerová K., Tokarska-Guzik B., Walker K., Ward D. F., Yamanaka T., Essl F. Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools // *PNAS*. 2018. V. 115. Iss. 10. P. 1–10.
- WFO Plant List: Database / WFO Taxonomic Working Group. Kew, 2023. <https://wfoplantlist.org/plant-list>

TROPHIC ASSOCIATIONS OF INVASIVE PESTS ON THE BASIS OF THE DENDROLOGICAL COLLECTION OF THE “YUZHNYE KULTURY” DENDROPARK

N. N. Karpun¹, E. I. Shoshina¹, A. A. Plotnikov², S. G. Shevelev²

¹ Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre, Russian Academy of Sciences
Yana Fabritsiusa str., 2/28, Sochi, 354002 Russian Federation

² Caucasian State Natural Biosphere Reserve named after H. G. Shaposhnikov
Karl Marks str., 8, Sochi, 354340 Russian Federation

E-mail: nkolem@mail.ru, haska6767@mail.ru, kgpbz@mail.ru

More than 50 invasive insect species have appeared on the Black Sea coast of Russia in the last two decades. The study of trophic interactions of alien insects is of great importance for understanding the invasive processes. Dendrological collections of parks and botanical gardens play an important role in this case. The purpose of this study was to clarify the trophic associations of invasive pest species – the cypress jewel beetle *Lamprodila festiva* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera: Buprestidae) and the frosted moth-bug *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) (Homoptera: Flatidae) in ornamental plantations of the dendrological park “Yuzhnye Kultury” and to determine their role in the drying out of woody plants. The studies were carried out in 2020–2021 on the territory of the mentioned above dendrological park (Russia, the federal territory of Sirius). The botanical collection of this park is represented by 665 species, varieties and garden forms. For the cypress jewel beetle *Lamprodila festiva* 13 taxa (species, varieties and garden forms) from Cupressaceae were identified as host plants, of which *Cupressus lusitanica* and *Juniperus squamata* were noted as novel hosts. Only *Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* and *Juniperus communis* originate from the pest's primary range, – the Mediterranean region and North Africa (15.4 % of all plant species examined). Cypress jewel beetle commonly kills its hosts within 1–7 years. *Metcalfa pruinosa* was detected on 25 species of woody plants, of which only 4 species have North American origin (as well as *M. pruinosa*): *Torreya californica*, *Magnolia grandiflora*, *Catalpa bignonioides* and *Celastrus scandens* (16 % of the all plant species examined). Eleven plant species from the genera *Torreya*, *Magnolia*, *Eurya*, *Euonymus*, *Cotoneaster*, *Citharexylum*, *Ilex*, *Schinus*, *Pterocarya*, *Sorbus*, *Celastrus* and families Taxaceae, Magnoliaceae, Pentaphylacaceae, Celastraceae, Rosaceae, Verbenaceae, Aquifoliaceae, Anacardiaceae, Juglandaceae turned to be the novel hosts of the insect on the Black Sea coast of Russia. The frosted moth-bug does not notably affect its host plants, but reduces their decorative effect.

Keywords: invasion, phytophage, cypress jewel beetle, frosted moth-bug, *Lamprodila festiva*, *Metcalfa pruinosa*, fodder plants, arboretum, new trophic associations, harmfulness.

How to cite: Karpun N. N., Shoshina E. I., Plotnikov A. A., Shevelev S. G. Trophic associations of invasive pests on the basis of the dendrological collection of the “Yuzhnye kul'tury” dendropark // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 60–67 (in Russian with English abstract and references).

УДК 581.522.4

СОСТАВ И ИНВАЗИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ УрО РАН

А. С. Третьякова^{1, 2}, Е. В. Письмаркина¹, Н. Ю. Груданов¹, Д. Э. Забужко²

¹ Ботанический сад УрО РАН
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а

² Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

E-mail: alyona.tretyakova@urfu.ru, elena_pismar79@mail.ru, nickolai.grudanoff@yandex.ru, colchicum00@mail.ru

Поступила в редакцию 30.05.2023 г.

Полевые исследования проведены на территории Ботанического сада УрО РАН в г. Екатеринбурге в 2022 г., в результате были выявлены 61 вид из 37 родов и 20 семейств древесных растений, расселившихся за пределы экспозиций. Наибольшее число дичающих видов относятся к семействам Rosaceae, Sapindaceae и Oleaceae. Среди евразийских растений лучше всех представлены виды азиатского происхождения (19), для 17 видов характерно широкое распространение по Евразии и 14 видов имеют североамериканское происхождение, 5 видов – европейское. Состав жизненных форм среди видов, переходящих к спонтанному размножению: кустарники – 34 вида (55.7 %), деревья – 24 вида (39.3 %) и лианоидные кустарники – 3 вида (5.0 %). Для большинства видов (85.0 %), найденных вне коллекций, наблюдается очень низкая встречаемость, ее максимальные показатели имеют 9 видов: *Acer negundo*, *A. platanoides*, *Berberis vulgaris*, *Corylus avellana*, *Cotoneaster lucidus*, *Juglans mandshurica*, *Malus baccata*, *Quercus robur*, *Ribes rubrum*.

Ключевые слова: интродукция, натурализация, спонтанная флора, фитоинвазии.

DOI: 10.15372/SJFS20230509

ВВЕДЕНИЕ

Ботанический сад УрО РАН в г. Екатеринбурге основан в 1936 г. в восточной части питомника Горзеленхоза на 4-й Мельковской улице (ныне ул. Азина, д. 31). В 1937 г. под Ботанический сад отвели новую территорию, расположенную тогда на окраине города, по адресу: ул. 8 Марта, д. 202а, которую он занимает и в настоящее время.

Площадь Ботанического сада составляет 48 га. Около 15 га занимает сосновый бор с деревьями возрастом около 150–160 лет. При организации сада этот участок леса решено было оставить в его естественном виде. Древесный ярус в то время состоял преимущественно из *Pinus sylvestris* L., древостой был изреженный, подлесок почти отсутствовал, за исключением

очень редких экземпляров *Rosa acicularis* Lindl. и *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klásk. Отмечены следующие ассоциации сосняков: черничный, чернично-земляничный, осоково-земляничный (с *Carex montana* L.), лугово-мятликово-красноовсянищевый, щучково-лютиковый (Трофимова, 1949).

В 1960-е годы лесной участок закрыли для посетителей Ботанического сада. Принятый таким образом фактически заповедный режим (отсутствие вытаптывания населением, пожаров, рубок) способствовал активному развитию растений травяно-кустарничкового яруса и подлеска. Уже в 1980-е годы в сообществе наблюдался очень густой подлесок из *Sorbus aucuparia* L., *Rubus idaeus* L., *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt, *Rosa acicularis*, *Chamaecytisus ruthenicus*. Подрост сосны отмечался редко, по

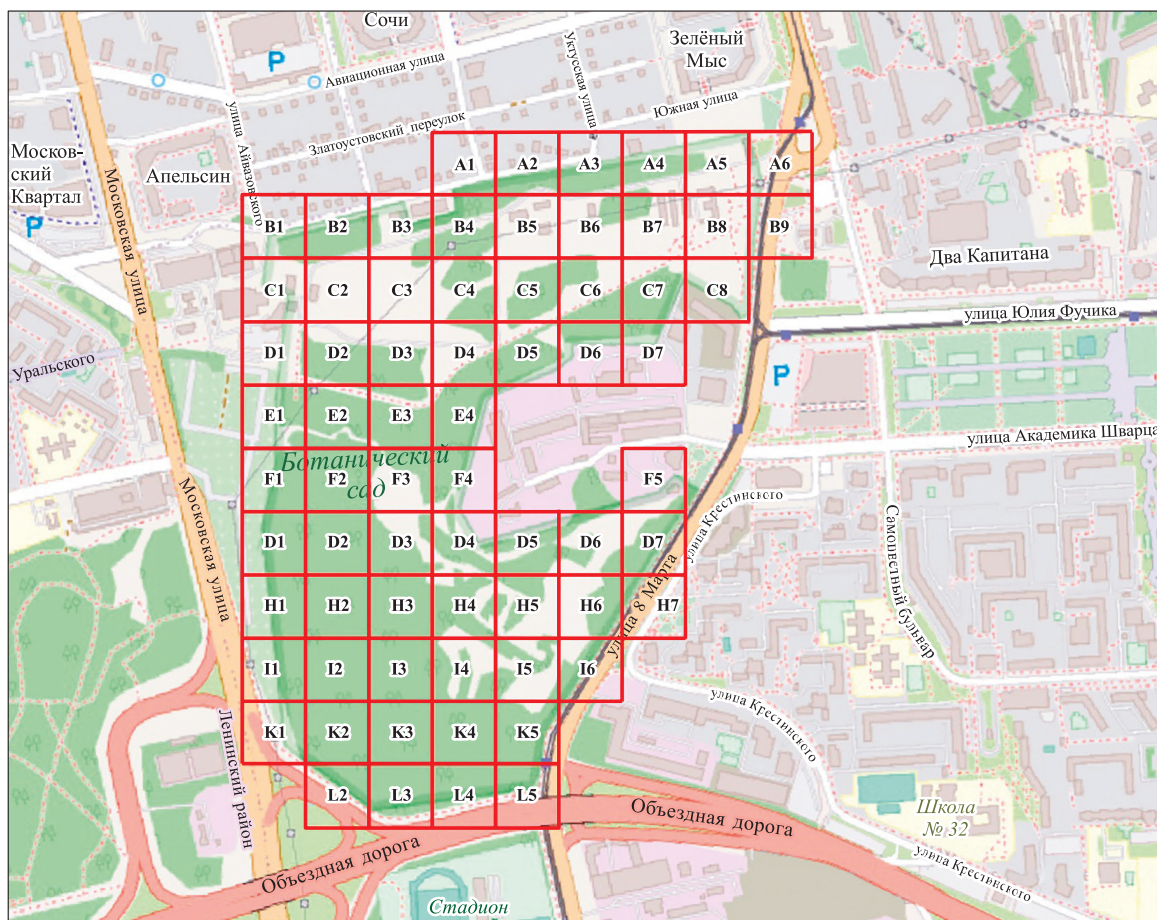


Схема сеточного картирования Ботанического сада УрО РАН.

открытым участкам. Сформировался густой травостой с *Aegopodium podagraria* L., *Trollius europaeus* L., *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem., *Aconitum septentrionale* Koelle, *Betonica officinalis* L., *Solidago virgaurea* L., *Alchemilla* spp. и др. – типичных обитателей местных растительных сообществ – южной тайги с отдельными представителями сообществ хвойно-широколиственных лесов (Мамаев, 1980).

Рядом с лесным участком располагается дендрарий, созданный в 1959–1965 гг. В настоящее время в его коллекции насчитывается около 384 видов-интродуцентов: деревьев, кустарников и деревянистых вьющихся растений (без учета форм и гибридов). Здесь представлены коллекции родов *Thuja*, *Juniperus*, *Berberis*, *Grataegus*, *Rosa*, *Spiraea*, *Betula*, *Salix*, *Acer* и др.

Еще С. А. Мамаев (1980) отмечал, что видовой состав подлеска в «заповедной» части ботанического сада пополнился интродуцентами, попавшими из коллекционных участков дендрария, при этом он не указывал видовой состав натурализующихся чужеродных растений.

В литературе имеются сведения, подтверждающие активизацию расселения древесных растений за пределы коллекций в ботанических садах в последние 15–20 лет (Яценко, Виноградова, 2018; Yatsenko, Vinogradova, 2019; Федорина и др., 2019; Кривцун и др., 2021; Голованов, Абрамова, 2021). Ботанический сад УрО РАН не стал исключением.

В 2022 г. мы начали инвентаризацию спонтанной флоры Ботанического сада УрО РАН. Целью исследования стала оценка характера и интенсивности расселения интродуцированных древесных растений (здесь и далее по тексту в эту группу для краткости формулировки относим кустарники, в том числе и лианоидные) за пределы коллекций (так называемой «спонтанной флоры»). Были поставлены следующие задачи: инвентаризация видового состава спонтанной флоры древесных растений, выявление ее таксономической и типологической структуры, а также пространственного распределения видов спонтанной флоры по территории Ботанического сада УрО РАН.

По итогам первого года такой инвентаризации мы можем представить предварительную картину инвазионной активности древесных интродуцентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения видового состава спонтанной древесной флоры Ботанического сада УрО РАН использован метод сплошного сеточного картирования. Территория Ботанического сада разделена на 68 квадратов 100×100 м. Площадь каждого квадрата составила $10\,000\text{ м}^2$ (1 га, или 0.01 км^2). Сеточная основа была создана в программе Qgis (координатная система WGS 84 / UTM zone 40N (EPSG:32640)) (см. рисунок).

Слой, содержащий сетку, экспортировали как KML-файл для использования в ГИС-приложениях на смартфонах, где сеть отображается в виде сохраненных треков, при этом на каждый квадрат приходится отдельный трек.

На лесной массив и дендрарий (~28 га, 0.28 км^2) приходится 38 квадратов сетки, как полных, так и неполных. В 2022 г. было детально обследовано 25 квадратов, в границах которых были пройдены маршруты, наиболее полно охватывающие всю площадь каждого квадрата. Во время маршрутных исследований мы составили списки хорошо диагностируемых видов растений. В тех случаях, когда необходимо было доопределение в камеральных условиях, образцы растений брали в гербарий. Всего было собрано около 200 гербарных листов. Сборы хранятся в гербарии Ботанического сада УрО РАН. Объем, таксономическая принадлежность и номенклатура таксонов сосудистых растений соответствуют Plants of the World Online (2022).

Для древесных растений-интродуцентов отмечали наличие подроста, генеративного и вегетативного возобновления. Их инвазионную активность определяли на основании частоты встречаемости и численности особей, частоту встречаемости – по тому, в каком количестве исследованных квадратов найден вид: V класс (очень высокая встречаемость) – в 81–100 % обследованных квадратов; IV класс (высокая) – в 61–80 %; III класс (средняя) – в 41–60 %; II класс (низкая) – в 21–40 % и I класс (очень низкая) – вид встречается менее чем в 20 % обследованных квадратов.

По численности особей выделили три группы видов: многочисленны, редки и единичны на площадке.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами обнаружен 61 вид древесных растений, «сбежавших» с экспозиционных участков Ботанического сада УрО РАН. Эти виды относятся к 37 родам и 20 семействам. Ниже приводим их список по семействам.

Actinidiaceae: *Actinidia kolomikta* (Maxim.) Maxim.

Berberidaceae: *Berberis aquifolium* Pursh, *B. thunbergii* DC., *B. vulgaris* L.

Betulaceae: *Corylus avellana* L.

Caprifoliaceae: *Lonicera caprifolium* L., *L. tatarica* L.

Celastraceae: *Euonymus europaeus* L., *E. nanus* M. Bieb.

Cornaceae: *Cornus sericea* L.

Cupressaceae: *Chamaecyparis pisifera* (Siebold & Zucc.) Endl., *Juniperus davurica* Pall., *J. sabina* L., *Thuja occidentalis* L.

Fabaceae: *Caragana arborescens* Lam.

Fagaceae: *Quercus robur* L., *Q. rubra* L.

Grossulariaceae: *Ribes rubrum* L., *R. uva-crispa* L., *R. alpinum* L.

Hydrangeaceae: *Philadelphus coronarius* L.

Juglandaceae: *Juglans mandshurica* Maxim.

Oleaceae: *Forsythia ovata* Nakai, *Fraxinus pennsylvanica* March, *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rehb., *S. vulgaris* L.

Pinaceae: *Picea pungens* f. *glauca*, *Pinus sibirica* Du Tour

Rosaceae: *Amelanchier* × *spicata* (Lam.) K. Koch, *A. alnifolia* (Nutt.) Nutt. ex M. Roem., *Cotoneaster lucidus* Schlecht., *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb., *Malus baccata* (L.) Borkh., *M. domestica* (Suckow) Borkh. (*M. niedzwetzkyana* Dieck), *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Ph. ribesifolia* Kom., *Prunus maackii* Rupr., *P. pennsylvanica* L., *P. virginiana* L., *Rosa rugosa* Thunb., *Rubus odoratus* L., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., *Spiraea japonica* L.

Salicaceae: *Populus alba* L., *Salix alba* L., *S. fragilis* L.

Sapindaceae: *Acer campestre* L., *A. ginnala* Maxim. ex Rupr., *A. negundo* L., *A. platanoides* L., *A. saccharinum* L., *A. tataricum* L., *A. tegmentosum* Maxim. et Rupr., *Aesculus hippocastanum* L.

Ulmaceae: *Ulmus glabra* Huds., *U. laevis* Pall., *U. pumila* L.

Viburnaceae: *Sambucus racemosa* L., *Viburnum lantana* L.

Vitaceae: *Parthenocissus inserta* (A. Kerner) Fritsch, *Vitis amurensis* Rupr.

Одичавшие древесные интродуценты составили 16 % от общего числа неаборигенных видов с аналогичными жизненными формами, выращиваемых в Ботаническом саду УрО РАН. Наиболее крупным по числу натурализовавшихся представителей является семейство Rosaceae, к которому относится 15 видов, за ним следуют семейства Sapindaceae (8 видов), Cupressaceae и Oleaceae (по 4 вида).

Наибольшее количество видов, переходящих к спонтанному размножению, отмечается в роде *Acer* (6 видов из 18 в коллекции). В родах *Berberis*, *Ribes*, *Prunus* и *Ulmus* отмечается по 3 вида. Из этих родов лучше всех в коллекциях представлены виды родов *Berberis* (26 видов) и *Ribes* (15 видов), т. е. дичает меньшая часть интродуцированных видов. Роды *Prunus* и *Ulmus* в коллекциях насчитывают по 3 вида, т. е. все представители этих родов перешли в спонтанную флору. Остальные роды спонтанной флоры древесных растений включают в себя по 1–2 вида. Примечательно, что обнаружено только 2 дичающих вида из наиболее широко представленных интродуцентами родов *Salix* (33 вида в коллекции), *Lonicera* (30 видов), *Syringa* и *Picea* (по 14 видов в коллекциях), *Euonymus* (13 видов).

Состав жизненных форм древесных интродуцентов спонтанной флоры Ботанического сада УрО РАН мы рассматривали согласно системе И. Г. Серебрякова (1962, 1964). Среди биоморф преобладают кустарники – 34 вида (55.7 %). Деревьев насчитывается 24 вида (39.3 %): *Acer campestre*, *A. ginnala*, *A. negundo*, *A. platanoides*, *A. saccharinum*, *A. tegmentosum*, *Aesculus hippocastanum*, *Cerasus pensylvanica*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Juglans mandshurica*, *Populus alba*, *Padus maackii*, *Salix alba*, *S. fragilis*, *Thuja occidentalis*, виды семейства Pinaceae и родов *Malus*, *Quercus* и *Ulmus*. Своеобразную группу составили лианоидные кустарники: *Actinidia kolomikta*, *Parthenocissus inserta* и *Vitis amurensis*.

Мы объединили виды со сходным географическим происхождением в крупные группы для получения более наглядных результатов такого распределения. Соотношение географических групп древесных интродуцентов Ботанического сада УрО РАН приведено в табл. 1.

Основная часть дичающих древесных растений происходит из Евразии (45 видов, или 73 % от общего числа дичающих интродуцентов). В пределах этой группы численно преобладают виды с азиатским происхождением.

Это азиатские (*Caragana arborescens*), восточноазиатские (*Acer ginnala*, *A. tegmentosum*,

Таблица 1. Соотношение географических групп древесных интродуцентов Ботанического сада УрО РАН

Группы видов по происхождению	Число видов	
	Натурализующиеся интродуценты	Все интродуценты
Евразийские	17	26
Европейские	5	39
Азиатские	19	210
Кавказские	–	4
Европейско-кавказские	4	4
Североамериканские	14	98
Азиатско-североамериканские	–	1
Евразийско-североамериканские	1	1
Возникшие в культуре	1	1
Всего ...	61	384

Actinidia kolomikta, *Berberis thunbergii*, *Chamaecyparis pisifera*, *Juniperus davurica*, *Padus maackii*, *Physocarpus ribesifolia*, *Rosa rugosa*, *Spiraea japonica*, *Ulmus pumila*, *Vitis amurensis*, 12 видов), сибирско-восточноазиатские (*Sorbaria sorbifolia*, *Ulmus pumila*), центрально-азиатские (*Malus domestica*) и сибирские (*Cotoneaster lucidus*, *Malus baccata*) растения.

Немногим менее, чем видов азиатского происхождения, выявлено видов с широким распространением в умеренной климатической зоне Евразии (так называемых «собственно евразийских»). Это *Acer campestre*, *A. tataricum*, *Berberis vulgaris*, *Euonymus europaeus*, *Juniperus sabina*, *Lonicera tatarica*, *Philadelphus coronarius*, *Pinus sibirica*, *Populus alba*, *Quercus robur*, *Ribes rubrum*, *R. uva-crispa*, *Salix alba*, *S. fragilis*, *Ulmus glabra*, *U. laevis*, *Viburnum lantana* (всего 17 видов).

Девятью видами представлена группа натурализующихся древесных растений с европейским ареалом: европейские (*Aesculus hippocastanum*, *Euonymus nanus*, *Sambucus racemosa*, *Syringa josikaea*, *S. vulgaris*) и европейско-кавказские (*Acer platanoides*, *Corylus avellana*, *Lonicera caprifolium*, *Ribes alpinum*).

Из Северной Америки происходит 14 видов (*Acer negundo*, *A. saccharinum*, *Amelanchier alnifolia*, *Cerasus pensylvanica*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Berberis aquifolium*, *Padus virginiana*, *Parthenocissus inserta*, *Physocarpus opulifolius*, *Picea pungens*, *Quercus rubra*, *Rubus odoratus*, *Cornus sericea*, *Thuja occidentalis*). Вид *Ame-*

Таблица 2. Списки видов древесно-кустарниковых растений спонтанной флоры Ботанического сада УрО РАН по классам встречаемости

Класс встречаемости	Виды
V	<i>Acer negundo</i> , <i>Berberis vulgaris</i> , <i>Cotoneaster lucidus</i> , <i>Malus baccata</i>
IV	—
III	<i>Acer platanoides</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Juglans mandshurica</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Ribes rubrum</i>
II	<i>Acer tataricum</i> , <i>Amelanchier alnifolia</i> , <i>A. × spicata</i> , <i>Dasiphora fruticosa</i> , <i>Euonymus europaeus</i> , <i>Fraxinus pennsylvanica</i> , <i>Parthenocissus inserta</i> , <i>Philadelphus coronarius</i> , <i>Syringa josikaea</i> , <i>Sambucus racemosa</i> , <i>Sorbaria sorbifolia</i> , <i>Ulmus glabra</i> , <i>Viburnum lantana</i>
I	<i>Acer ginnala</i> , <i>A. tegmentosum</i> , <i>A. campestre</i> , <i>A. saccharinum</i> , <i>Actinidia kolomikta</i> , <i>Aesculus hippocastanum</i> , <i>Berberis thunbergii</i> , <i>Caragana arborescens</i> , <i>Cerasus pensylvanica</i> , <i>Chamaecyparis pisifera</i> , <i>Euonymus nanus</i> , <i>Forsythia ovata</i> , <i>Juniperus davurica</i> , <i>J. sabina</i> , <i>Lonicera caprifolium</i> , <i>L. tatarica</i> , <i>Berberis aquifolium</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Padus maackii</i> , <i>P. virginiana</i> , <i>Physocarpus opulifolius</i> , <i>Ph. ribesifolia</i> , <i>Pinus sibirica</i> , <i>Populus alba</i> , <i>Picea pungens</i> , <i>Quercus rubra</i> , <i>Rosa rugosa</i> , <i>Ribes alpinum</i> , <i>R. uva-crispa</i> , <i>Rubus odoratus</i> , <i>Salix alba</i> , <i>S. fragilis</i> , <i>Spiraea japonica</i> , <i>Syringa vulgaris</i> , <i>Swida sericea</i> , <i>Thuja occidentalis</i> , <i>Ulmus laevis</i> , <i>U. pumila</i> , <i>Vitis amurensis</i>

lanchier × spicata возник в культуре. *Dasiphora fruticosa* имеет евразийско-североамериканское происхождение и является в Свердловской области аборигенным. Но так как он распространен в горах в составе таежных и горно-тундровых сообществ, на равнинной части региона его следует считать интродуцентом.

Сравнение спектров групп дичающих и недичающих древесных интродуцентов по географии происхождения показывает по большей части сходные соотношения между ними. Среди древесных растений спонтанной флоры преобладает группа азиатских видов. Далее в сторону уменьшения числа видов следует группа собственно евразийских видов, на втором месте по происхождению – североамериканские виды. Североамериканские растения среди спонтанной древесной флоры – на третьем месте по числу видов, но их всего на 3 вида меньше, чем собственно евразийских. Здесь предположим, что видам с аборигенными ареалами в Евразии все же легче натурализоваться в условиях равнинной части Свердловской области. Все 4 вида древесных интродуцентов европейско-кавказского происхождения (*Acer platanoides*, *Corylus avellana*, *Lonicera caprifolium*, *Ribes alpinum*) оказались в составе спонтанной флоры.

Среди натурализующихся древесно-кустарниковых интродуцентов отсутствуют виды с кавказским и азиатско-североамериканским распространением. Таких видов в коллекциях Ботанического сада всего 3: *Alnus hirsuta* (Spach) Rupr., *Lonicera caucasica* Pall. и *Rhamnus spatulifolia* Fisch. et Mey.

Анализ спонтанной древесной флоры интродуцентов Ботанического сада УрО РАН выявил

следующую картину распределения видов по классам встречаемости (табл. 2).

Видов с очень высокой встречаемостью (класс V) оказалось всего 4, среди них абсолютная встречаемость (100 %) отмечена у *Acer negundo*, у остальных видов этой группы она составила 85 % у каждого. При этом все они характеризовались высокой численностью в «своих» квадратах: их многочисленные сеянцы и молодые растения встречались по всей изученной территории. Наблюдались как проростки, так и вегетирующие особи. Наиболее показательны в этом смысле *Acer negundo* и *Berberis vulgaris*.

Мы не можем с уверенностью указать происхождение самосевных особей *Acer negundo*, *Malus baccata* и *Cotoneaster lucidus*, так как посадки этих видов широко распространены за пределами Ботанического сада как в лесопарковой зоне города, так и в зоне застройки, и диаспоры могли быть привнесены с прилегающих территорий. Перечисленные таксоны внесены в black-лист чужеродных видов, способных к активному возобновлению, расселению и внедрению в природные экосистемы Свердловской области (Третьякова, 2016).

Видов, которые были бы отмечены одновременно в 16–20 квадратах (высокая встречаемость, класс IV), нами не обнаружено.

Видов со средней встречаемостью (класс III) выявлено 5. Среди них обращает на себя внимание *Juglans mandshurica* с высокой численностью в пределах тех квадратов, где он выявлен. Плоды *Juglans mandshurica* и *Corylus avellana* разносятся преимущественно белками. Вероятно, так они распространились по территории

Ботанического сада и встречаются относительно далеко от культивируемых деревьев. Встречаемость выше у ореха маньчжурского, который отмечен в 15 квадратах (60 %). Самосевные растения большей частью высотой до 1.5–2 м, в некоторых случаях очень крупные (высотой до 10 м). Только у единичных экземпляров отмечено цветение и плодоношение. Лещина встречается единично, только в 44 % квадратов. Молодые растения не превышают высоту 1.5 м и пока не достигли генеративного состояния.

Схожее происхождение – от плодоносящих коллекционных деревьев – имеют молодые экземпляры *Quercus robur*. Желуди разносятся белками или сойками. Редкий самосев отмечен в 12 квадратах (встречаемость 48 %).

Молодые растения *Acer platanoides* встречаются во многих квадратах, но с низкой численностью. Вероятно, расселение происходит от коллекционных деревьев, вступивших в генеративную фазу, но самосевные экземпляры пока не вступили в генеративную фазу.

Разновозрастные экземпляры *Ribes rubrum* единично встречаются на всей изученной территории, некоторые из них цветут и плодоносят.

Большая часть видов (85 %), отмеченных вне коллекций, имеют очень низкую встречаемость: в 6–10 квадратах (класс II) – еще 13 видов, в 1–5 квадратах (класс I) отмечены – 39 видов.

Большинство из видов классов встречаемости I и II на территории квадрата представлены редко или единичными экземплярами. Только 12 видов, которые отмечены в небольшом количестве квадратов, встречаются с высокой численностью: *Amelanchier* × *spicata*, *A. alnifolia*, *Cornus sericea*, *Euonymus europaeus*, *Prunus maackii*, *P. virginiana*, *Ribes alpinum*, *Rosa rugosa*, *Sorbaria sorbifolia*, *Syringa josikaea*, *Ulmus glabra*, *U. laevis*.

По отношению к остальным видам можно с большой вероятностью утверждать, что они расселились именно с коллекционных участков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За более чем 70 лет интродукции древесных растений в Ботаническом саду УрО РАН к самовозобновлению перешел 61 вид, что составляет 16 % от общего числа культивируемых древесных интродуцентов. При этом, у 85 % натурализующихся видов выявлена очень низ-

кая встречаемость на обследованной части Ботанического сада (дендрарий и лесной участок). Максимальную встречаемость имеют только 9 видов древесных растений: *Acer negundo*, *A. platanoides*, *Berberis vulgaris*, *Corylus avellana*, *Cotoneaster lucidus*, *Juglans mandshurica*, *Malus baccata*, *Quercus robur*, *Ribes rubrum*, еще у 12 видов она низкая, но с высокой численностью: *Amelanchier* × *spicata*, *A. alnifolia*, *Cornus sericea*, *Euonymus europaeus*, *Prunus maackii*, *P. virginiana*, *Ribes alpinum*, *Rosa rugosa*, *Sorbaria sorbifolia*, *Syringa josikaea*, *Ulmus glabra* и *U. laevis*.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН» (№ темы: 1022040100468-6-1.6.11; 1.6.20).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Голованов Я. М., Абрамова Л. М. Особенности спонтанной флоры Южно-Уральского ботанического сада-института // Бюл. Гл. бот. сада. 2021. № 2. С. 3–31.
- Кривцун А. А., Остапко В. М., Приходько С. А. «Беженцы» из культуры дендрологических коллекций Донецкого ботанического сада // Пром. бот. 2021. Т. 21. № 1. С. 67–78.
- Мамаев С. А. Ботанические сады и парки // Научные основы размещения природных резерватов Свердловской области. Свердловск, 1980. С. 59–77.
- Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высш. школа, 1962. 378 с.
- Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. 1964. Т. 3. С. 146–205.
- Третьякова А. С. Особенности распределения чужеродных растений в естественных местообитаниях на урбанизированных территориях Свердловской области // Вестн. Удмурт. гос. ун-та. Сер. Биол. науки о земле. 2016. Т. 26. Вып. 1. С. 85–93.
- Трофимова З. И. Растительность Свердловского ботанического сада // Бюл. Гл. бот. сада. 1949. № 2. С. 57–58.
- Федоринова О. И., Козловский Б. Л., Куропятников М. В. Оценка инвазионной активности некоторых видов лиановидных кустарников в Ботаническом саду Южного федерального университета // Пром. бот. 2019. Т. 19. № 3. С. 110–113.
- Яценко И. О., Виноградова Ю. К. Инвазионная активность древесных растений в Главном ботаническом саду им. Н. В. Цицина Российской академии наук // Рос. журн. биол. инваз. 2018. Т. 11. № 4. С. 117–131.
- Yatsenko I. O., Vinogradova Y. K. Invasive activity of woody plants in Tsytsyn main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences // Rus. J. Biol. Invas. 2019. V. 10. N. 1. P. 92–103.
- Plants of the World Online, 2022. <https://powo.science.kew.org>

COMPOSITION AND INVASION ACTIVITY OF WOODY PLANTS IN THE BOTANICAL GARDEN OF THE URAL BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

A. S. Tret'yakova^{1,2}, E. V. Pis'markina¹, N. Yu. Grudanov¹, D. E. Zabuzhko²

¹ Russian Academy of Sciences, Ural Branch: Institute Botanic Garden
8 Marta str., 202a, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation

² Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin
Mira str., 19, Yekaterinburg, 620002, Russian Federation

E-mail: alyona.tretyakova@urfu.ru, elena_pismar79@mail.ru, nikolai.grudanoff@yandex.ru,
colchicum00@mail.ru

The study was carried out on the territory of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. The collection revealed 61 species from 37 genera and 20 families of woody plants that have become naturalized and have gone beyond the expositions. The highest rate of naturalization was observed in the *Rosaceae*, *Sapindaceae* and *Oleaceae* families. The capacity for naturalization was demonstrated by plants with Asian (19 species), Eurasian (17 species), North American (14 species) and European (5 species) distribution range. In terms of life-forms, among the naturalized species, may be divided as follows: trees – 34 species, 55.7 %, shrubs – 24 species, 39.3 %, lianas – 3 species, 5 %. Most of the naturalized species (85 %) are characterized by a very low occurrence on the territory of the arboretum and forest area in Botanical garden. Only 9 species of woody plants have maximum occurrence rates: *Acer negundo*, *A. platanoides*, *Berberis vulgaris*, *Corylus avellana*, *Cotoneaster lucidus*, *Juglans mandshurica*, *Malus baccata*, *Quercus robur*, *Ribes rubrum*.

Keywords: introduction, naturalization, spontaneous flora, phytoinvasions.

How to cite: Tret'yakova A. S., Pis'markina E. V., Grudanov N. Yu., Zabuzhko D. E. Composition and invasion activity of woody plants in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 68–74 (in Russian with English abstract and references).

УДК 581.93(571.51)

СТРУКТУРА ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОД ПОЛОГОМ РАЗЛИЧНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В ДЕНДРАРИИ ИНСТИТУТА ЛЕСА им. В. Н. СУКАЧЕВА СО РАН

И. А. Гончарова, М. А. Кириенко

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

E-mail: iagoncharova007@mail.ru, lma7878@mail.ru

Поступила в редакцию 25.05.2023 г.

Изучены видовой состав, структура и фитомасса живого напочвенного покрова в биогруппах 13 различных древесных видов на территории дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН в г. Красноярске. Исследования проводили в 2020–2022 гг. На основе анализа флористических данных рассчитаны индексы биоразнообразия, определены таксономическая, поясно-зональная, экологическая, биоморфологическая особенности структуры флоры. Установлено, что в изученных биогруппах древесных растений зафиксировано 12 видов кустарникового яруса и 47 видов живого напочвенного покрова (44 вида травяно-кустарничкового яруса и 3 вида мха). Рассчитаны индексы видового разнообразия для каждой биогруппы. Определены экологическая и эколого-ценотическая структуры напочвенного покрова, выявлены их особенности, установлены группы, вносящие основной вклад. Установлены факторы, влияющие на характеристики живого напочвенного покрова. Доказано, что в дендрарии через 46 лет после его создания на флористический состав живого напочвенного покрова оказывают влияние как биотические (фитогенное поле), так и абиотические факторы. У 6 древесных видов показано видоспецифичное влияние фитогенного поля на видовой состав живого напочвенного покрова. К основным факторам, влияющим на проективное покрытие живого напочвенного покрова и встречаемость видов, относятся абиотические, в частности освещенность.

Ключевые слова: *видовой состав, фитогенное поле, структура флоры, абиотические и биотические факторы*

DOI: 10.15372/SJFS20230510

ВВЕДЕНИЕ

Во многих крупных населенных пунктах есть дендрарий – ботанический сад (или часть его), в котором с научно-экспериментальными целями выращиваются различные деревья и кустарники (Ожегов, Шведова, 1999; Golding et al., 2010). Публикаций по растительному покрову дендрариев довольно много, но большая часть из них приводит лишь список древесной флоры (Аксанова и др., 2009; Дубовицкая и др., 2015; Мананкова, 2017; Емельянова, Цой, 2020). Гораздо меньше работ, рассматривающих живой напочвенный покров на территории дендрариев и дендропарков (Малышева, Горохова, 2017; Молганова, Овеснов, 2019; Курганов, Рыбалко, 2021). Поскольку структура напочвенного по-

крова определяется комплексом экотопических и биотопических факторов, и в первую очередь фитогенными – эдификаторным воздействием древесных видов, изучение видового состава и структуры травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, находящихся под пологом различных древесных видов, приобретает актуальность. Уникальность данной работы заключается в возможности анализа видового состава и структуры напочвенного покрова в моно-видовых биогруппах различных древесных видов при одинаковых климатических и почвенно-гидрологических условиях. Под биогруппой мы понимаем близко растущие деревья, образующие непрерывный древесный полог (Маркова, 2005).

Цель данной работы – изучить видовой состав и структуру живого напочвенного покрова

в моновидовых биогруппах различных древесных видов и выявить видоспецифическое влияние древесных видов на особенности формирования и состав живого напочвенного покрова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В связи с тем, что в конце 60-х годов прошлого века для озеленения улиц г. Красноярска использовали довольно ограниченный ассортимент древесных растений: тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и б. повислая (*B. pendula* Roth), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.), Институт леса и древесины имени В. Н. Сукачева СО АН СССР обратился к городской администрации с инициативой создания дендропарка с целью испытания древесных растений из различных ботанико-географических областей для широкого внедрения в зеленое строительство города. В 1977 г. Постановлением Бюро городского комитета КПСС и Исполкома горсовета Красноярска Институту леса был выделен участок земли площадью 8 га (рис. 1).

Почва на участке, предназначенном для создания дендрария, дерново-карбонатная, слабощелочная, с невысоким содержанием гумуса.

Исходный материал древесных декоративных растений для интродукции начали собирать с 1977 г. одновременно с созданием дендрария. К 1991 г. коллекция насчитывала 406 видов, разновидностей и форм, представленных 90 родами и 32 семействами (Лоскутов, 1991). Часть растений коллекции не прошла испытания по

морозоустойчивости либо была уничтожена вследствие воздействия антропогенных факторов (пожары и прокладка коммуникаций по территории дендрария). В настоящее время дендрарий является единственным в Красноярском крае объектом, где на территории 4.17 га произрастают 203 вида древесных растений в том числе 11 форм из разных ботанико-географических областей Северной Америки, Восточной Азии, Европы и Средней Азии.

Исследования проводили в 2020–2022 гг. в биогруппах 13 древесных видов, произрастающих на территории дендрария. Для изучения были выбраны виды деревьев, которые образуют моновидовые биогруппы размером не менее 20 м²: пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench), ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.), орех маньчжурский (*Juglans mandshurica* Maxim.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), черемуха Маака (*Padus maackii* (Rupr.)), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), тополь белый (*Populus alba* L.), груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* Maxim. ex Rupr.), дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) и д. черешчатый (*Q. robur* L.). В каждую биогруппу входило не менее 10 взрослых деревьев.

Для изучения напочвенного покрова оценивали видовой состав, проективное покрытие и встречаемость видов по общепринятым методикам (Полевая геоботаника, 1964; Программа..., 1974) на 20 учетных площадках размером 1 м² в пределах биогруппы каждого из 13 древесных видов (всего 260 учетных площадок). Названия видов растений даны согласно Плантариуму

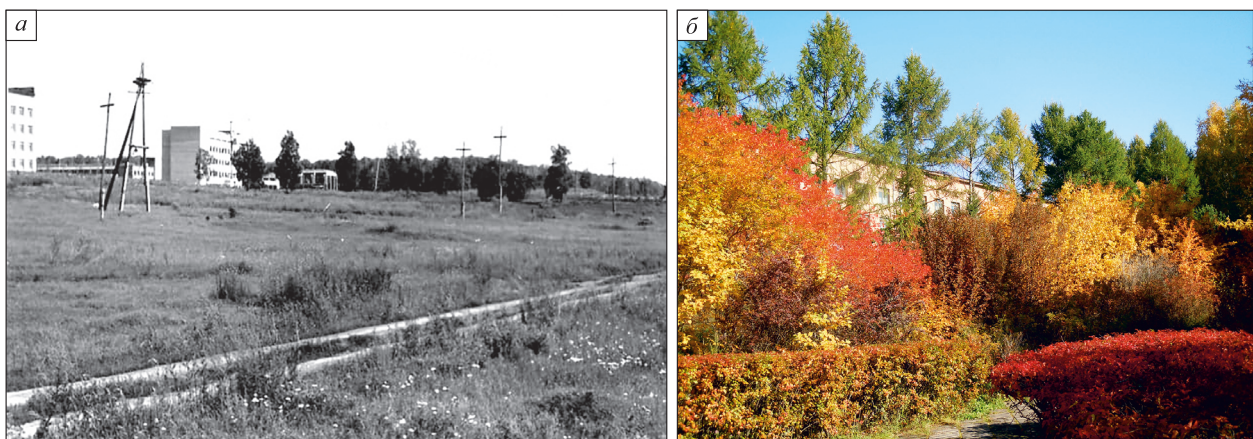


Рис. 1. Дендрарий ИЛ СО РАН.

а – участок, выделенный для создания дендрария (1977 г.); б – современное состояние (2023 г.) (фото Р. И. Лоскутова).

(2023). Для сравнительной оценки флористических списков применен коэффициент Серенсена – Чекановского (Ksc) (Шмидт, 1984). Видовое богатство определяли путем расчета показателей биоразнообразия (индексы Маргалефа, Шеннона, Симпсона) с помощью программного обеспечения PAST (Hammer et al., 2001). Для учета запаса фитомассы живого напочвенного покрова в каждой биогруппе взяты укусы с 10 учетных площадок размером 20 × 25 см. Освещенность измеряли люксметром «Ю 116» в каждой древесной биогруппе в 10-кратной повторности. Для определения значимых факторов, влияющих на проективное покрытие и видовую насыщенность живого напочвенного покрова, проведен двухфакторный дисперсионный анализ. Статистический анализ данных проведен в программе Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В изученных биогруппах древесных растений зафиксировано 12 видов кустарникового яруса и 47 видов живого напочвенного покрова (44 вида травяно-кустарничкового яруса и 3 вида мха). Коэффициент сходства Серенсена – Чекановского между флористическими списками в биогруппах варьировал от 0.20 до 0.68 (табл. 1). Высоким уровнем сходства живого напочвенного покрова характеризовались биогруппы дуба монгольского, клена остролистного, черемухи Маака и ясеня пенсильванского.

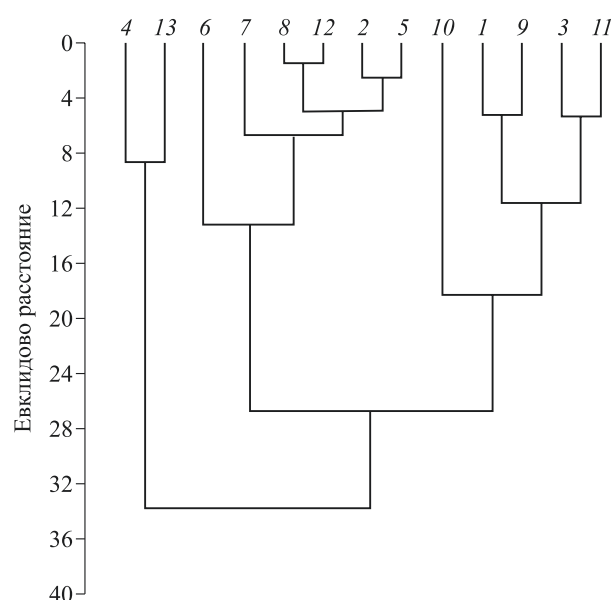


Рис. 2. Дендрограмма сходства древесных биогрупп по геоботаническим характеристикам.

Древесные виды: 1 – тополь белый; 2 – клен остролистный; 3 – дуб монгольский; 4 – дуб черешчатый; 5 – липа сердцевидная; 6 – орех маньчжурский; 7 – пихта сибирская; 8 – ольха серая; 9 – черемуха Маака; 10 – груша уссурийская; 11 – сосна обыкновенная; 12 – ель сибирская; 13 – ясень пенсильванский.

На основе геоботанических показателей (видовой состав, проективное покрытие и встречаемость видов) проведен кластерный анализ (рис. 2).

Перед вычислением евклидова расстояния была проведена трансформация данных, имеющих разную размерность через нормированное

Таблица 1. Коэффициенты сходства флористических списков

Вид	Клен остролистный	Дуб монгольский	Дуб черешчатый	Липа сердцевидная	Орех маньчжурский	Пихта сибирская	Ольха серая	Черемуха Маака	Груша уссурийская	Сосна обыкновенная	Ель сибирская	Ясень пенсильванский
Тополь белый	0.49	0.51	0.29	0.21	0.53	0.51	0.34	0.55	0.34	0.5	0.29	0.44
Клен остролистный	–	–	0.47	0.38	0.5	0.38	0.25	0.65	0.47	0.47	0.45	0.57
Дуб монгольский	–	–	0.67	0.40	0.52	0.40	0.20	0.68	0.39	0.49	0.48	0.61
Д. черешчатый	–	–	–	0.46	0.48	0.28	0.23	0.43	0.31	0.44	0.64	0.62
Липа сердцевидная	–	–	–	–	–	0.33	0.40	0.32	0.46	0.23	0.32	0.35
Орех маньчжурский	–	–	–	–	–	0.44	0.39	0.55	0.48	0.55	0.4	0.46
Пихта сибирская	–	–	–	–	–	–	0.27	0.44	0.44	0.49	0.34	0.48
Ольха серая	–	–	–	–	–	–	–	–	0.38	0.29	0.21	0.26
Черемуха Маака	–	–	–	–	–	–	–	–	0.49	0.57	0.4	0.59
Груша уссурийская	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.39	0.32	0.41
Сосна обыкновенная	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.41	0.47
Ель сибирская	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

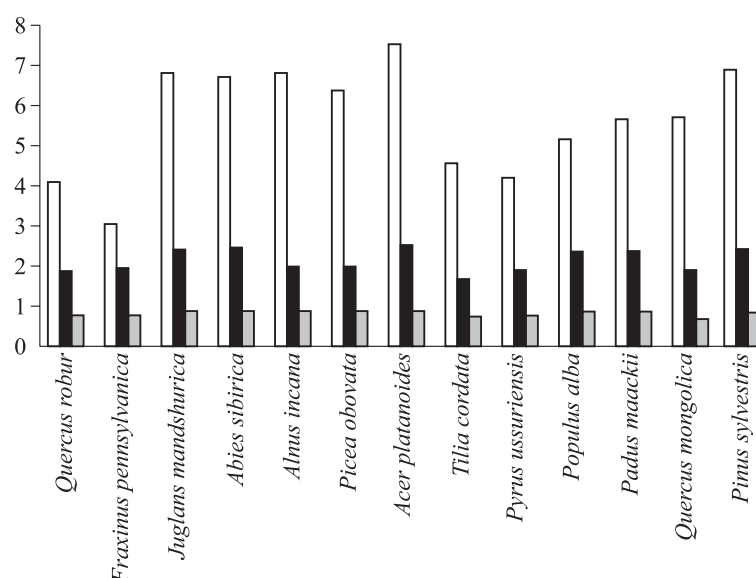


Рис. 3. Индексы видового разнообразия.

отклонение (t). Анализ показал разделение всех биогрупп древесных видов на три кластера.

Внутри каждого из трех кластеров видовой состав характеризуется довольно высоким сходством (K_{sc} не ниже 0.3).

Общими для биогрупп всех древесных видов являются только 2 вида травяно-кустарничкового яруса: мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) и горошек заборный (*Vicia sepium* L.), относящиеся к аazonальной луговой поясно-зональной группе. Семь видов травяно-кустарничкового яруса и 2 вида мха относятся к видоспецифичным (встречаются в биогруппе только одного древесного вида): василистник малый (*Thalictrum minus* L.) и змееголовник поникший (*Dracocephalum nutans* L.) произрастают только в биогруппе сосны обыкновенной, ветреница енисейская (*Anemone jenseiensis* (Korsh.) Krylov) и ритидиельфус трехгранный (*Rhytidadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.) – в биогруппе пихты сибирской, водосбор сибирский (*Aquilegia sibirica* Lam.) – клена остролистного, крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) и плевроциум Шребера (*Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.) – ольхи серой, хрен обыкновенный (*Armoracia rusticana* G. Gaertn. B. Mey. & Scherb.) – ясеня пенсильванского, чина приземистая (*Lathyrus humilis* (Ser.) Fisch. ex Spreng.) – тополя белого.

Вычисленные индексы видового разнообразия растительного покрова для каждой из биогрупп представлены на рис. 3.

Индекс видового богатства Маргалефа (принимающий наибольшее значение, если все особи относятся к разным видам) изменяется от

3.06 (биогруппа ясеня пенсильванского) до 7.51 (биогруппа клена остролистного). Внутри каждого из трех кластеров индекс видового богатства варьирует в меньшей степени, чем между кластерами.

Наибольшие значения индекса Шеннона (основанного на однородности видового состава) отмечены в биогруппах клена остролистного (2.47), пихты сибирской (2.44) и сосны обыкновенной (2.41), минимальные (1.66) – в биогруппе липы сердцевидной.

Индекс Симпсона, который тем выше, чем сильнее доминирование одного или нескольких видов, имеет максимальное значение в биогруппах пихты сибирской (0.88). В биогруппах клена остролистного, тополя белого, ореха маньчжурского, черемухи Маака индекс Симпсона составляет 0.87, в остальных биогруппах он колеблется в интервале 0.71–0.82.

Максимальные значения видового богатства отмечены в биогруппе ореха маньчжурского – 26 видов и сосны обыкновенной – 25, наименьшее – в биогруппе ели сибирской – 9 видов.

Месторасположение дендрария в зоне Красноярской лесостепи определило поясно-зональный элемент флоры (рис. 4).

В большинстве биогрупп основная часть видов относится к светлохвойной (33.3–63.6 %) и лесостепной (6.7–24.0 %) поясно-зональным группам. Исключение составляет биогруппа ольхи серой, где преобладает неморальный элемент (33.3 %).

Вклад аazonальных луговых видов во всех биогруппах постоянен (2 вида), тогда как адвен-

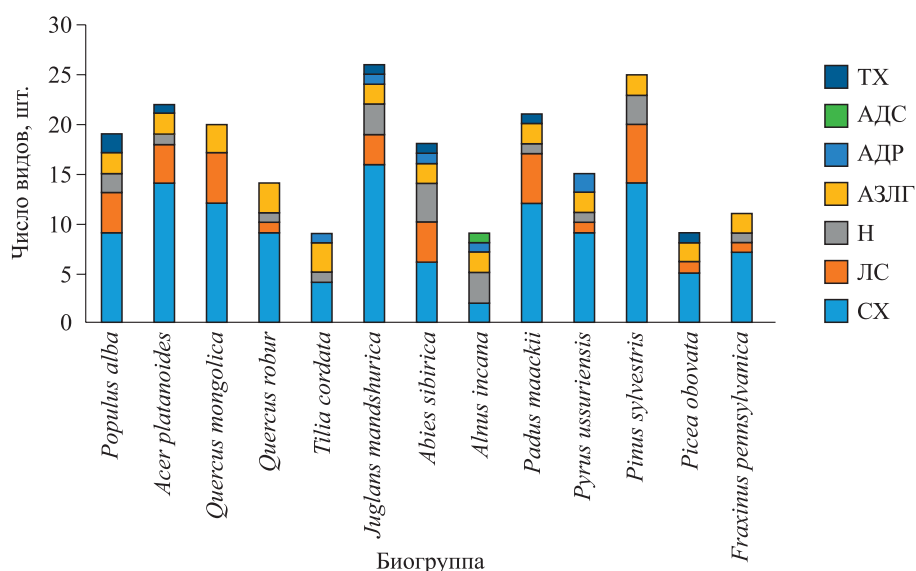


Рис. 4. Поясно-зональная структура флоры в биогруппах.

CX – светлохвойная; Н – неморальная; TX – темнохвойная; ЛС – лесостепная; АЗЛГ – аazonальная луговая; АДС – адвентивная сегетальная; АДР – адвентивная рудеральная.

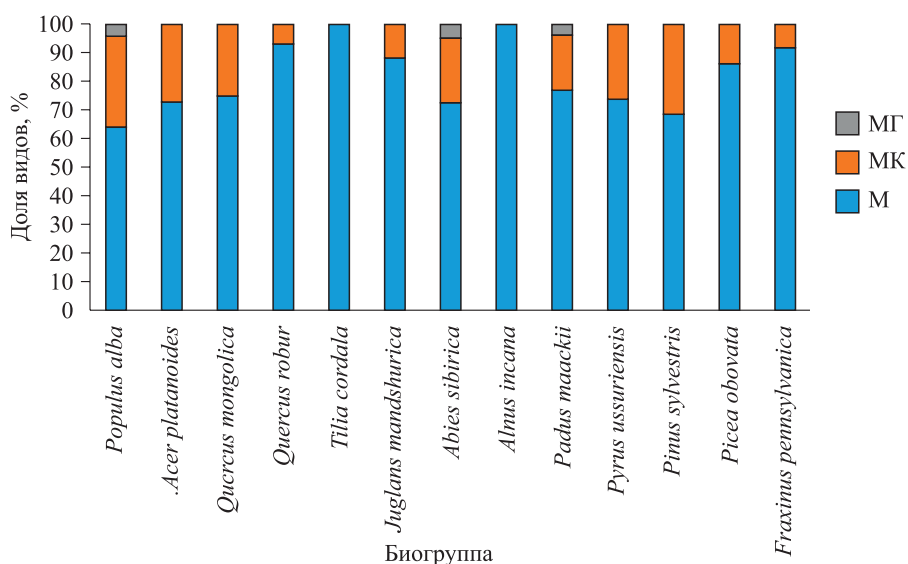


Рис. 5. Экологическая структура флоры в биогруппах.

М – мезофиты; МК – мезоксерофиты; МГ – мезогигрофиты.

тивны (рудеральные и сегетальные) виды представлены незначительно и лишь в некоторых исследованных биогруппах.

Проведенный экологический анализ флоры (по отношению к влажности) выявил, что во всех изученных биогруппах доминирующую роль играют мезофиты (63–100 %) (рис. 5).

В меньшей степени присутствуют мезоксерофиты (0–31.8 %). Мезогигрофиты, составляя 0–5.5 %, значительного веса не имеют.

В эколого-ценотической структуре флоры доминирует группа лугового и лугово-лесного разнотравья и злаков, составляя от 50 % (в био-

группе ольхи серой) до 84 % (в биогруппе дуба черешчатого) (рис. 6).

Зависимость доли эколого-ценотических групп от древесных видов, т. е., влияния фитогенного поля, не выявлена.

Сравнительный анализ фитомассы живого напочвенного покрова показал, что наибольшее значение фитомассы отмечено в биогруппе тополя белого (95.2 г/м²). Это можно объяснить довольно редким размещением древесных стволов и ажурной кроной, обуславливающим высокую освещенность нижних ярусов растительного покрова (3.3 lx) (рис. 7).

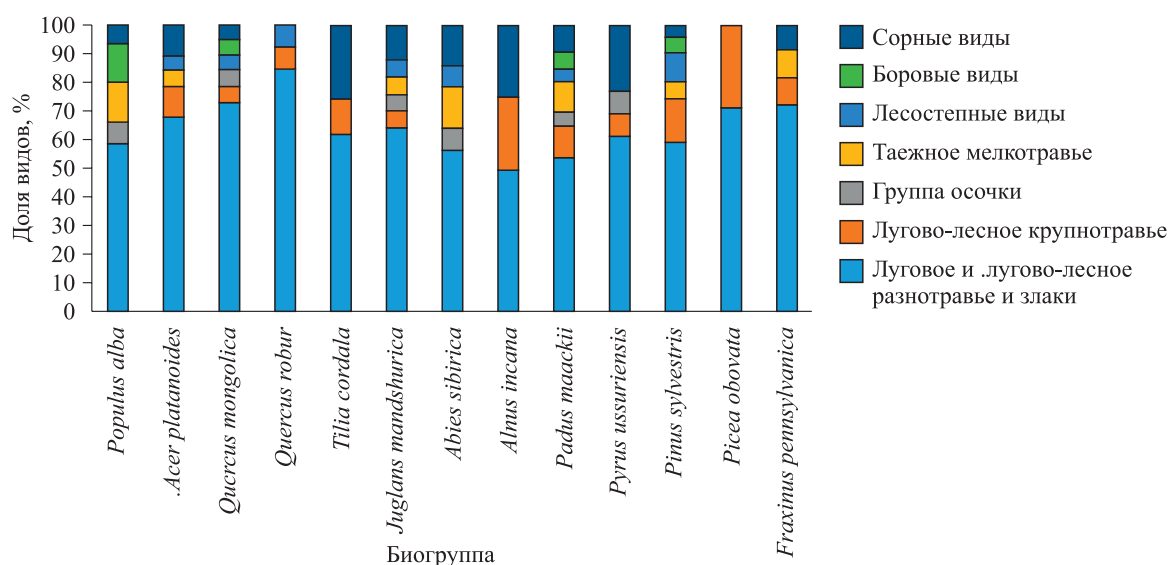


Рис. 6. Эколого-ценотическая структура флоры в биогруппах.

Наименьшая фитомасса живого напочвенного покрова зафиксирована в биогруппе ели сибирской (14.5 г/м²), где наблюдаются наиболее затененные условия (1.19 lx).

Для изучения степени влияния на структуру живого напочвенного покрова основных факторов (фитогенного поля и уровня освещенности) проведен двухфакторный дисперсионный анализ, показавший, что на видовую насыщенность значимо влияние обоих факторов ($p < 0.05$).

В то же время влияния фитогенного поля ни на проективное покрытие живого напочвенного покрова и на встречаемость видов не установлено ($p > 0.05$), тогда как воздействие уровня освещенности на вышеуказанные показатели статистически значимо.

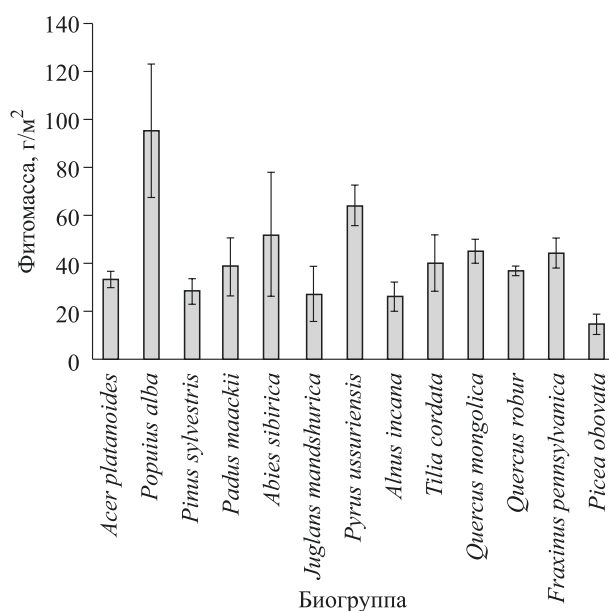


Рис. 7. Фитомасса живого напочвенного покрова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изученных биогруппах древесных растений зафиксировано 12 видов кустарникового яруса и 47 видов живого напочвенного покрова (44 вида травяно-кустарничкового яруса и 3 вида мха).

В искусственно созданном фитоценозе (дендрарий) на флористический состав живого напочвенного покрова оказывают влияние как биотические факторы (фитогенное поле), так и абиотические. Семь видов травяно-кустарничкового яруса и 2 вида мха являются видоспецифичными (встречаются в биогруппе только одного древесного вида): василистник малый и змееголовник поникший произрастают только в биогруппе сосны обыкновенной, ветреница енисейская и ритидиадельфус трехгранный – в биогруппе пихты сибирской, водосбор сибирский – клена остролистного, крапива двудомная и плевроциум Шребера – ольхи серой, хрен обыкновенный – ясеня пенсильванского, чина приземистая – тополя белого. У остальных древесных видов видоспецифичного влияния на особенности формирования и состав напочвенного покрова не выявлено. На проективное покрытие живого напочвенного покрова и встречаемость видов в основном влияют абиотические факторы, в частности освещенность.

Работа выполнена в рамках базового проекта фундаментальных исследований Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (№ FWES-2021-0009) «Функционально-динамическая индикация биоразнообразия лесов Сибири».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аксанова Г. Ф., Рябина З. Н., Линерова Л. Г. Дендрарий Аветисяна – лесокультурный памятник природы // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2009. № 6 (100). С. 25–27.
- Дубовицкая О. Ю., Цой М. Ф., Павленкова Г. А., Масалова Л. И., Фирсов А. И. Дендрарий ФГБНУ ВНИИСПК – центр интродукции древесных растений // Садоводство и виноградарство. 2015. № 3. С. 46–50.
- Емельянова О. Ю., Цой М. Ф. Дендрарий ВНИИСПК: прошлое, настоящее, будущее // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. Т. 7. № 1–2. С. 70–73.
- Курганов А. А., Рыбалко А. Н. Редкие виды флоры в дендрарии ИГСХА // Актуальные вопросы охраны биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Иваново, 2021. С. 68–74.
- Лоскутов С. Р. Интродукция древесных растений в южной части Средней Сибири. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1991. 189 с.
- Малышева С. К., Горохова С. В. Дендрарий горнотаежной станции как объект сохранения биоразнообразия // Агр. вестн. Приморья. 2017. № 4 (8). С. 54–57.
- Мананкова Т. И. Дендрарий Горно-Алтайского государственного университета как уникальная природно-антропогенная система // Изв. Алтай. респ. отд. Рус. геогр. об-ва: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Горно-Алтайск, 2017. Вып. 5. С. 114–116.
- Маркова И. С. Лесоведение: Курс лекций. Новочеркасск: НГМА, 2005. 90 с.
- Молганова Н. А., Овеснов С. А. Мотовилихинский дендрарий. Видовой состав растений // Вестн. Перм. гос. ун-та. 2019. Вып. 1. С. 42–47.
- Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка: 80000 слов и фразеологических выражений. М.: Азбуковник, 1999. 944 с.
- Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений, 2023. <https://www.plantarium.ru/>
- Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. 527 с.
- Программа и методика биогеоэкологических исследований. М.: Наука, 1974. 403 с.
- Шмидт В. М. Математические методы в ботанике: Учеб. пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.
- Golding J., Gusewell S., Kreft H., Kuzevanov V. Y., Lehvavirta S., Parmentier I., Pautasso M. Species-richness patterns of the living collections of the world's botanic gardens: a matter of socio-economics // Ann. Bot. 2010. V. 105. N. 5. P. 689–696.
- Hammer Ø., Harper D. A., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontol. Electr. 2001. V. 4. N. 1. P. 9.

THE STRUCTURE OF LIVING GROUND COVER UNDER THE VARIOUS TREE SPECIES CANOPY IN THE ARBORETUM OF V. N. SUKACHEV INSTITUTE OF FOREST, SIBERIAN BRANCH, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

I. A. Goncharova, M. A. Kirienko

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: iagoncharova007@mail.ru, lma7878@mail.ru

The living ground cover species composition under the various tree species canopy in the Arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, in the city of Krasnoyarsk was studied. The purpose of the work is to determine the ground cover species composition, structure and phytomass in the various tree species biogroups. The studies were carried out in 2020–2022 at the 13 tree species biogroups growing on the Arboretum territory. The floristic composition, projective cover and occurrence of species growing in the studied biogroups were determined. Based on the analysis of floristic data, biodiversity indices were calculated. The taxonomic, belt-zonal, ecological, biomorphological features of the flora structure were determined. It was established that 12 shrub layer species and 47 living ground cover species (44 – the grass-shrub layer and 3 moss taxons) were recorded in the studied woody plant biogroups. Species diversity indices were calculated for each biogroup. The ground cover ecological and ecological-coenotic structures have been determined. The most important groups have been identified. The factors influencing the ground cover characteristics were identified. It has been established that the living ground cover floristic composition is influenced by both biotic (phytogenic field) and abiotic factors in the arboretum 46 years after its creation. The phytogenic field species-specific influence on the living ground cover species composition was revealed in six tree species. The ground projective cover and phytomass as well as the species occurrence are significantly affected by abiotic factors, in particular, illumination.

Keywords: *species composition, phytogenic field, flora structure, abiotic and biotic factors.*

How to cite: *Goncharova I. A., Kirienko M. A. The structure of living ground cover under the various tree species canopy in the arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 75–82 (in Russian with English abstract and references).*

УДК 635.925:58.006:581.543

ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ РОДОВ ФОРЗИЦИЯ И ЯСЕНЬ В ДЕНДРАРИИ ИНСТИТУТА ЛЕСА им. В. Н. СУКАЧЕВА СО РАН

М. И. Седаева

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

E-mail: msedaeva@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 29.05.2023 г.

Современный климат юга Средней Сибири позволяет произрастать здесь многим инорайонным древесным растениям, которые широко используются в озеленении городов и поселков, при создании защитных лесных насаждений, а также в научно-просветительских целях. Поэтому регулярное подведение итогов интродукции растений имеет большую практическую ценность. Исследование посвящено интродукции двух восточноазиатских (форзиция яйцевидная (*Forsythia ovata* Nakai) и ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica* Rupr.)) и одного североамериканского вида (ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.)) из семейства маслиновые (Oleaceae) в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН в Академгородке г. Красноярска. Установлено, что представители этих видов проявили здесь высокую зимостойкость – их побеги не повреждаются ни в зимний период, ни во время весенних заморозков. В условиях интродукции данные растения сохраняют жизненную форму, характерную для них в природных местообитаниях: в 40 лет кусты форзиции яйцевидной имеют высоту 1.5–2 м, деревья ясеня пенсильванского – 9–13 м, ясеня маньчжурского – до 8 м. У растений ясеня маньчжурского отсутствует фаза цветения, форзиция яйцевидная и ясень пенсильванский проходят все фазы сезонного развития. В статье, на основе 16-летних наблюдений, приведены сроки прохождения основных фенологических фаз и суммы эффективных температур на начало цветения и роста побегов этих видов. Растения форзиции яйцевидной и ясеня пенсильванского успешно цветут и плодоносят, образуя семена высокого качества (жизнеспособность 79–91 %). Можно рекомендовать выращивать посадочный материал этих высокодекоративных видов из семян местной репродукции для более широкого использования в зеленом строительстве в Красноярске.

Ключевые слова: *Forsythia ovata*, *Fraxinus mandshurica*, *Fraxinus pennsylvanica*, сезонное развитие, зимостойкость, репродуктивная способность, показатели семян.

DOI: 10.15372/SJFS20230511

ВВЕДЕНИЕ

Число видов древесных растений, введенных в культуру в южной части Средней Сибири и используемых в зеленом строительстве, защитном лесоразведении и в лесном хозяйстве, пока невелико. В естественном виде здесь произрастают 5 видов хвойных деревьев: пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), сосна сибирская кедровая (*Pinus sibirica* Du Tour) и с. обыкновенная (*P. sylvestris* L.), 9 видов лиственных деревьев первой величины: ольха пушистая (*Alnus hirsuta* (Spach) Rupr.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), б. пуши-

стая (*B. pubescens* Ehrh.), тополь белый (*Populus alba* L.), т. лавролистный (*P. laurifolia* Ledeb.), т. черный (*P. nigra* L.), осина (*P. tremula* L.), ива белая (*Salix alba* L.) и и. росистая (*S. rorida* Laksch.) и более сотни видов кустарников (Коропачинский, 2016). К одревесневающим лианам можно отнести только княжик сибирский (*Atragene sibirica* L.). Исторически сложилось так, что видовой состав разнообразных некогда лесов был обеднен неоднократно оледенениями в период плейстоцена (История..., 1970; Зубаков, 1986). Практически полностью исчезли широколиственные деревья, за исключением нескольких малочисленных популяций липы (*Tilia* L.) (Амелин, Бляхарчук, 2016; Седаева

и др., 2022). Во время голоцена произошло потепление климата, а в течение последнего столетия оно усилилось, особенно в средних широтах Северного полушария (Гулев и др., 2008; Gulev et al., 2008), что позволяет многим инорайонным древесным растениям произрастать на территории юга Средней Сибири. Об этом свидетельствует опыт успешного выращивания здесь разных видов древесных растений в ботанических садах, дендрариях и на участках садоводов-любителей. Многие растения-интродуценты широко используются в озеленении городов и поселков, при создании защитных лесных насаждений, а также в научно-просветительских целях, поэтому регулярное подведение итогов интродукции растений имеет большую практическую ценность для региона.

В дендрологической коллекции Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН накоплен большой опыт интродукции древесных растений. Так в 1966–1972 гг. на территории экспериментального хозяйства института «Погорельский бор» выращивались около 400 видов и форм деревьев и кустарников (Протопопова, 1981), а в 1977–1991 гг. в дендрарии красноярского Академгородка произрастали более 300 видов и разновидностей деревьев, кустарников и лиан (Лоскутов, 1991). К настоящему времени во взрослом состоянии в коллекции сохранились древесные растения около 200 видов (Лоскутов, Седаева, 2014).

Исследование посвящено интродукции растений родов форзиция (*Forsythia* Vahl) и ясень (*Fraxinus* L.) из семейства маслиновые (Oleaceae) в условиях дендрария Института леса в красноярском Академгородке, чтобы установить, насколько ритм их сезонного развития соответствует местным погодно-климатическим условиям, каковы их зимостойкость, репродуктивное состояние и качество семян, образующихся в условиях культивирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дендрарий Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН заложен в 1977 г. в красноярском Академгородке. С западной стороны к нему примыкает жилой массив, с северной и восточной – административные здания институтов в окружении спелых березняков и сосновых культур. К югу от дендрария находится высокая терраса р. Енисей, откуда открывается величественная панорама отрогов Восточного Саяна с выходом

сиенитовых скал национального парка «Красноярские Столбы» (Лоскутов, 1991).

Климат резко континентальный, смягченный близостью акватории Енисея и такого крупного мегаполиса, как Красноярск. Среднегодовая температура воздуха, по многолетним данным метеостанции «Красноярск опытное поле», составляет 0.5 °С, самый холодный месяц – январь, со средней температурой –17.1 °С, средняя температура самого теплого месяца (июля) 18.7 °С, сумма средних суточных температур воздуха выше 5 °С за год ($t_{\Sigma\phi} > 5$) – 2092 град.-дней, годовая сумма осадков – 485 мм, средняя продолжительность безморозного периода – 120 дней, средняя дата последнего весеннего заморозка – 22 мая (Справочник..., 1967а, б). Почвы здесь дерново-карбонатные, слабощелочные, супесчаные, с невысоким содержанием гумуса (2.55 ± 0.13 %) (Лоскутов, 1991). Территория дендрария расположена на высоте 250–260 м над ур. м. Техногенное загрязнение не имеет большого влияния благодаря преобладанию ветров западного и юго-западного направления (Климат..., 1982).

С 2019 г. доступны показания метеорологического датчика «Академгородок, 21», которые использовались при сопоставлении фенологических фаз изучаемых растений с температурой воздуха (Расписание..., 2023). Сумма эффективных температур ($t_{\Sigma\phi} > 5$) рассчитывалась согласно общепринятой методике (Справочник..., 1967а, б).

В течение 16 лет (2006–2022 гг.) в дендрарии проводились фенологические наблюдения в соответствии с методиками, принятыми в ботанических садах (Методика..., 1975; Булыгин, 1976). Состояние генеративной сферы оценивали по 4-балльной шкале: I – растения цветут и плодоносят и способны возобновляться самосевом; II – растения цветут и плодоносят, но самосев не образуется; III – растения цветут, но не формируют жизнеспособных семян; IV – растения не цветут (Некрасов, 1980). Зимостойкость растений определяли по 7-балльной шкале: I – растения переносят условия зимнего периода без каких-либо видимых повреждений; II – иногда повреждаются концы однолетних побегов; III – однолетние побеги повреждаются более чем на половину; IV – повреждаются однолетние и многолетние побеги; V – вымерзают все части растения выше уровня снегового покрова; VI – растение вымерзает до уровня почвы; VII – растение вымерзает целиком (Лапин, Сиднева, 1973).

Для каждого вида, растения которого образуют плоды, были собраны образцы семян (100–300 шт.), у которых определяли длину, ширину, массу в пересчете на 1000 шт. Качественные показатели получали с помощью рентгенографического метода, основанного на степени заполнения зародышем полости семени. Выделяли 5 классов: I – полость пустая; II – зародыш заполняет менее 1/2 полости; III – зародыш заполняет 1/2–3/4 полости; IV – зародыш заполняет более 3/4 полости, но не плотно прилегает к семенной кожуре; V – зародыш заполняет всю полость целиком и полностью. Потенциальную жизнеспособность образцов семян (V) рассчитывали по формуле: $V = (N_3/2 + N_4 + N_5) / N_{\text{общ.}} \times 100$, где N_3 , N_4 и N_5 – число семян соответствующего класса; $N_{\text{общ.}}$ – общее число семян в образце (Смирнова, 1978).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Семейство маслиновые представлено в дендрарии растениями следующих видов: форзиция яйцевидная (*Forsythia ovata* Nakai), ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica* Rupr.), я. пенсильванский (*F. pennsylvanica* Marsh.), а также несколькими видами рода *Syringa* (Лоскутов, 1991). Все они рекомендованы для использования в озеленении Красноярска и в близких ему по климату районах края (Коропачинский, Лоскутов, 2014).

Форзиция яйцевидная – декоративный раноцветущий кустарник с раскидистой кроной высотой до 1.5 м (Деревья..., 1960; Wolf, Hebb, 1971). Сразу после схода снега безлистные ку-

сты его покрываются массой крупных желтых колокольчатых цветков (рис. 1).

Этот вид естественно распространен в Корею, т. е. в более теплых районах, чем южная часть Западной и Средней Сибири. Тем не менее форзиция выращивается во многих интродукционных центрах Сибири, где проявляет разную степень устойчивости к суровым условиям культивирования.

Так, в Абакане интродукция форзиции яйцевидной наиболее успешна, здесь кусты ее достигали 2.7 м в высоту, обильно цвели и плодоносили, образуя доброкачественные семена, лишь иногда повреждались концы однолетних побегов (Лиховид, 2007). В других пунктах зимние повреждения растений этого вида более существенны, а плодоношение – слабее. В Барнауле высота кустов форзиции яйцевидной в 10 лет составляла 1.5–1.8 м, без укрытия в зимний период у них повреждались однолетние, а иногда и многолетние побеги, цвели они обильно лишь после благополучных зимовок, семена вызревали не всегда (Лучник, 1970). В Омске подмерзали однолетние, а изредка и многолетние побеги, плодоношения не было. В Томске растения этого вида плодоносили, но нерегулярно. В Новосибирске кусты в 10 лет имели высоту 1.1 м, иногда повреждались концы годичных побегов, плодоношение слабое (Встовская и др., 2017). В дендрарий Института леса 2- и 3-летние сеянцы форзиции яйцевидной были привезены из Барнаула и Абакана в 1982 г. (Лоскутов, 1991). В настоящее время они представляют собой раскидистые кусты 1.5–2.0 м высотой. В первые годы в зимний период иногда повреждались концы годичных побегов (зимостойкость II бал-



Рис. 1. Цветение форзиции яйцевидной в дендрарии Института леса в красноярском Академгородке (фото Р. И. Лоскутова).



Рис. 2. Сезонное развитие форзиции яйцевидной в дендрарии Института леса в красноярском Академгородке в 2022 г.

ла). С 2006 г. повреждений побегов морозом не отмечалось (зимостойкость I балл).

Этапы сезонного развития растений связаны с ходом изменения температуры воздуха в месте их произрастания. Как было показано для хвойных, показателем может служить сумма эффективных температур на дату начала определенной фенологической фазы, выраженная в процентах от $t_{эф} > 5$ за год (Некрасова, 1976). В дендрарии цветение форзиции наблюдалось ежегодно с конца апреля или в начале мая, оно начиналось одновременно с набуханием вегетативных почек при сумме эффективных температур 83–108 град.-дней (4.7–6.3 % от $t_{эф} > 5$ за год). Продолжительность цветения составляла от 12 до 21 дней (рис. 2).

Эти данные близки к приводимым ранее результатам исследования интродукции форзиции яйцевидной на Среднем Урале, где цветение ее начиналось в апреле или в мае при $t_{эф} > 5 = 159–173$ град.-дней (4.4–4.8 % от $t_{эф} > 5$ за год) (Папышева, Мизгирева, 2015). Рост ее побегов в красноярском Академгородке начинался при $t_{эф} > 5 = 130–152$ град.-дней (7.4–8.5 % от $t_{эф} > 5$ за год) в начале, середине или в конце мая. Продолжительность периода роста побегов составляла от 11 до 17 дней.

Плоды-коробочки форзиции формируются ежегодно, созревают в сентябре, при этом они раскрываются и семена высыпаются на землю. Семена довольно мелкие, имеющие высокую жизнеспособность (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика семян форзиции яйцевидной в дендрарии Института леса в красноярском Академгородке

Показатель	Средние значения и ошибка	Пределы варьирования
Длина семени, мм	5.15 ± 0.017	4.0–5.0
Ширина семени, мм	1.42 ± 0.010	1.0–2.0
Масса 1000 шт., гр	3.04 ± 0.020	1.42–4.14
Жизнеспособность, %	91.1	

Самосев на территории дендрария не обнаружен, что соответствует II баллу репродуктивной способности.

Ясень пенсильванский – североамериканское дерево 15–25 м высотой, с декоративной ажурной кроной (Деревья..., 1960; Элайс, 2014), культивируется во всех основных интродукционных пунктах Сибири, везде плодоносит, побеги в разной степени повреждаются морозами. Так, в Абакане деревья полностью устойчивы, к 23 годам они достигали 5.7 м в высоту и не повреждались в зимний период (Лиховид, 2007).

В Барнауле деревья в 18 лет имели высоту 6.0–7.6 м, во время бесснежных и ранних зим у них вымерзали корни, а при поздних весенних заморозках страдали цветочные почки (Лучник, 1970). В Омске в 25 лет высота деревьев составляла 6 м, иногда подмерзали годовичные побеги. В Томске иногда повреждались однолетние, реже многолетние побеги. В Новосибирске в 40 лет высота деревьев составляла 9–11 м, иногда подмерзали однолетние и многолетние ветви,

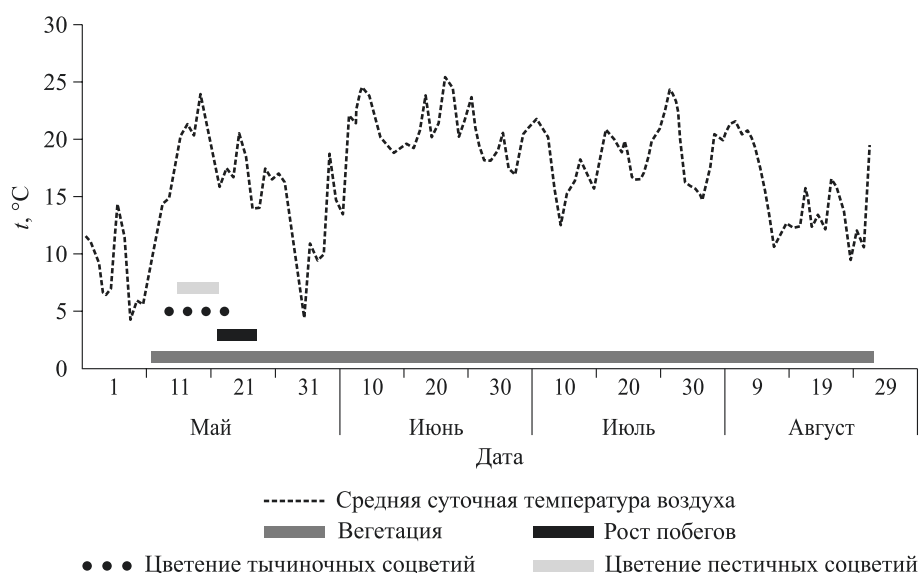


Рис. 3. Сезонное развитие ясеня пенсильванского в дендрарии Института леса в красноярском Академгородке в 2022 г.

а молодые листья и цветки изредка поражались весенними заморозками (Встовская и др., 2017).

В дендрарий Института леса 7-летние саженцы ясеня пенсильванского были привезены из ЦСБС СО РАН (Новосибирск) в 1978 г. (Лоскутов, 1991). В настоящее время это одноствольные деревья 9–13 м высотой, с диаметром ствола 10.5–18.5 см (Седаева, 2016). Повреждений побегов морозом ни в первое время после посадки, ни в последние годы не отмечалось (зимостойкость I балл).

Цветение невзрачных, не имеющих лепестков тычиночных и пестичных цветков у ясеня пенсильванского начиналось вместе с началом набухания вегетативных почек в середине или в конце мая при $t_{эф} > 5 = 136–179$ град.-дней (7.3–10.1 % от $t_{эф} > 5$ за год) (рис. 3).

Продолжительность цветения составляла от 4 до 10 дней, к концу мая или в начале июня при $t_{эф} > 5 = 179–283$ град.-дней (9.6–16.0 % от $t_{эф} > 5$ за год) начинался рост побегов, который

завершался в довольно сжатые сроки – через 5–12 дней.

Плоды-крылатки созревают в сентябре, в это время они висят на деревьях в привлекающих внимание метельчатых кистях.

По размеру плоды и семена ясеня пенсильванского немного мельче, чем в области его естественного распространения (Деревья..., 1960; Элайс, 2014) (табл. 2).

Жизнеспособность семян, формирующихся в условиях дендрария в красноярском Академгородке, довольно высока – выше 70 %. На территории дендрария и за его пределами изредка обнаруживается самосев ясеня пенсильванского, что свидетельствует о его высокой репродуктивной способности (I балл)

Ясень маньчжурский – колонообразное крупное дерево до 30–35 м высотой, с высоко поднятой округлой рыхлой кроной (Деревья..., 1960; Коропачинский, Встовская, 2012), естественно произрастает в районах с более теплым

Таблица 2. Размеры плодов и семян ясеня пенсильванского

Показатель	Красноярский Академгородок		Северная Америка (ареал)
	Средние значения и ошибка	Пределы варьирования	
Длина крылатки, мм	40.32 ± 0.845	33.0–49.0	25–70
Ширина крылышка, мм	5.46 ± 0.108	4.5–7.0	5–12
Длина семени, мм	18.95 ± 0.599	9.0–26.0	–
Ширина семени, мм	2.57 ± 0.067	2.0–3.0	–
Масса 1000 семян, г	28.10 ± 0.614	26.1–29.8	33–35
Жизнеспособность, %	78.5		–

климатом по сравнению со Средней Сибирью – в южной части российского Дальнего Востока, в Северо-Восточном Китае, Корее и в Японии. Несмотря на это, во всех интродукционных центрах Сибири растения этого вида плодоносят, однако проявляют разную степень устойчивости. Так, при культивировании на Алтае ясень маньчжурский показал высокую зимостойкость, но низкую засухоустойчивость, цветки и листья повреждались весенними заморозками, в 15 лет высота деревьев составляла 5.3–7.2 м (Лучник, 1970). В Абакане к 56 годам деревья достигали 12 м в высоту, не повреждались морозом, плодоносили и имели самосев (Лиховид, 2007). В Омске в 40 лет они имели высоту 11 м, иногда у них повреждались годовые побеги. В Новосибирске высота деревьев в 40 лет – 10–14 м, листья иногда повреждались весенними заморозками (Встовская и др., 2017).

Растения ясеня маньчжурского в дендрарии Института леса произрастают с 1983 г., они выращены из семян, собранных в Приморском крае (Лоскутов, 1991). В настоящее время деревья достигают 8 м в высоту и 2.5–10.0 см в диаметре (Седаева, 2016). За все годы наблюдений не отмечалось ни повреждений побегов в зимний период, ни побивания листьев возвратными заморозками весной, что соответствует I баллу зимостойкости. Вегетация начинается в начале или в середине мая, побеги трогаются в рост в конце мая или в начале июня и продолжают его в течение 4–9 дней. Несмотря на 40-летний возраст, в фазу цветения деревья ясеня маньчжурского ни разу так и не вступали, что свидетельствует о его низкой репродуктивной способности (IV балл).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наблюдения за такими представителями семейства маслиновых, как форзиция яйцевидная, ясень маньчжурский и я. пенсильванский в дендрарии Института леса в красноярском Академгородке показали, что растения этих видов проявляют высокую зимостойкость (I балл) и сохраняют присущую им для природных местообитаний жизненную форму. Растения форзиции яйцевидной и ясеня пенсильванского успешно цветут и плодоносят, формируя семена высокой жизнеспособности (репродуктивная способность I и II балла). Их можно рекомендовать для более широкого применения в озеленении Красноярска, при этом целесообразно использовать растения местной репродукции.

Деревья ясеня маньчжурского успешно растут в дендрарии уже 40 лет, но цветения у них не наблюдалось (репродуктивная способность IV балла). Необходимо продолжить наблюдения за имеющимися образцами этого вида, а также испытать растения другого происхождения с целью получения плодоносящих экземпляров для дальнейшего размножения в условиях интродукции в Красноярске.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ СО РАН № 0287-2021-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Амелин И. И., Бляхарчук Т. А. Распространение липы сибирской (*Tilia sibirica* Bayer) в Кемеровской области // Вестн. Том. гос. ун-та. Биол. 2016. № 2 (34). С. 30–52.
- Булыгин Н. Е. Фенологические наблюдения над листовыми древесными растениями: пособ. провед. учеб.-науч. иссл. Л.: ЛЛТА им С. М. Кирова, 1976. 70 с.
- Встовская Т. Н., Коропачинский И. Ю., Киселева Т. И., Горбунов А. Б., Каракулов А. В., Лантвева Н. П. Интродукция древесных растений в Сибири. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2017. 716 с.
- Гулев С. К., Катцов В. М., Соломина О. Н. Глобальное потепление продолжается // Вестн. РАН. 2008. Т. 78. № 1. С. 20–27.
- Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. Т. V: Покрытосеменные. Семейства миртовые – маслиновые / ред. д-р биол. наук проф. С. Я. Соколов, чл.-кор. АН СССР Б. К. Шишкин. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 544 с.
- Зубаков В. А. Глобальные климатические события плейстоцена. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 286 с.
- История развития растительности внеледниковой зоны Западно-Сибирской низменности в позднелиниоценовое и четвертичное время // Тр. Ин-та геол. и геофиз. Вып. 92. М.: Наука, 1970. 364 с.
- Климат Красноярска. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 231 с.
- Коропачинский И. Ю. Арборифлора Сибири. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2016. 578 с.
- Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2012. 706 с.
- Коропачинский И. Ю., Лоскутов Р. И. Древесные растения для озеленения Красноярска. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2014. 320 с.
- Лантин П. И., Сиднева С. В. Оценка перспективности интродукции растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М., 1973. С. 3–67.
- Лиховид Н. И. Интродукция древесных растений в аридных условиях юга Средней Сибири. Абакан: Март, 2007. 288 с.
- Лоскутов Р. И. Интродукция декоративных древесных растений в южной части Средней Сибири. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1991. 189 с.

- Лоскутов Р. И., Седаева М. И. Краткая характеристика дендрологической коллекции Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участ., посв. 70-летию созд. Ин-та леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, 16–19 сент. 2014 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 86–89.
- Лучник З. И. Интродукция деревьев и кустарников в Алтайском крае. М.: Колос, 1970. 656 с.
- Методика фенологических наблюдений в Ботанических садах СССР. М.: Гл. бот. сад АН СССР, 1975. 28 с.
- Некрасов В. И. Актуальные вопросы развития теории акклиматизации растений. М.: Наука, 1980. 101 с.
- Некрасова Т. П. Влияние температуры воздуха на формирование пыльцы хвойных древесных пород // Лесоведение. 1976. № 6. С. 37–43.
- Папышева А. В., Мизгирева И. Д. Интродукция форзиции яйцевидной (*Forsythia ovata* Nakai) на Среднем Урале // Естеств. и мат. науки в соврем. мире. 2015. № 36-37. С. 117–122.
- Протопопова Е. Н. Итоги интродукции древесных в Средней Сибири // Интродукция древесных растений и вопросы семеноводства в лесном хозяйстве. Новосибирск, 1981. С. 36–40.
- Расписание погоды gp5.ru, 2023. https://gp5.ru/Архив_погоды_в_Академгородке,_21_в_Красноярске,_метеодатчик.
- Седаева М. И. Рост интродуцированных деревьев в коллекции Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН // Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. Красноярск, 2016. С. 166–167.
- Седаева М. И., Эжарт А. К., Степанов Н. В., Кривобок Л. В., Кравченко А. Н. Характеристика изолированных популяций *Tilia nasczokinii* Stepanov (Tiliaceae) в окрестностях Красноярска // Вестн. Том. гос. ун-та. Биол. 2022. № 57. С. 28–45.
- Смирнова Н. Г. Рентгенографическое изучение семян лиственных древесных растений. М.: Наука, 1978. 243 с.
- Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1967а. Вып. 2: Красноярский край и Тувинская АССР. Ч. II: Температура воздуха и почвы. 504 с.
- Справочник по климату СССР. Вып. 21. Красноярский край и Тувинская АССР. Л.: Гидрометеиздат, 1967б. Ч. IV: Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. 402 с.
- Элайс Т. С. Североамериканские деревья. Определитель. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2014. 959 с.
- Gulev S. K., Kattsov V. M., Solomina O. N. Global warming continues // Herald Rus. Acad. Sci. 2008. V. 78. N. 1. P. 44–50.
- Wolf G. P., Hebb R. S. The story of forsythia // Arnoldia. 1971. V. 31. N. 2. P. 41–63.

INTRODUCTION OF PLANTS OF THE GENERA *FORSYTHIA* AND *FRAXINUS* AT THE ARBORETUM OF V. N. SUKACHEV INSTITUTE OF FOREST, SIBERIAN BRANCH, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

M. I. Sedaeva

*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: msedaeva@ksc.krasn.ru

The modern climate of the South of the Middle Siberia makes it possible for many other regions woody plants to grow here. Introduced plants are widely used in landscaping of cities and towns, in creation of the protective forest plantations, as well as for scientific and educational purposes. Therefore, regular summarizing the results of plant introduction is of great practical value. This research is devoted to the introduction of two East Asian species (early forsythia (*Forsythia ovata* Nakai) and Manchurian ash (*Fraxinus mandshurica* Rupr.)) and one North American species (green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.)) the olive family (Oleaceae) in the arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest Sib. Br. Rus. Acad. Sci. in Krasnoyarsk Akademgorodok. The plants of these three species were found to show high winter hardiness – their shoots are not damaged either in winter or during spring frosts. Under conditions of the introduction, these plants retain the life form, which is characteristic for their natural habitats: at the age of 40, Korean forsythia bushes have a height of 1.5–2 m, red ash trees – 9–13 m, manchurian ash trees – up to 8 m. Manchurian ash plants, despite being 40 years old, did not have a flowering phase. Plants of Korean forsythia and red ash go through all phases of seasonal development. Based on sixteen years observations, the article presents the dates of the main phenological phases and the sums of effective temperatures at the beginning of flowering and shoot growth. Korean forsythia and red ash successfully bloom and bear fruits, producing high quality seeds (viability 79–91 %). Planting material of these highly decorative species can be grown from local reproduction seeds and be recommended for greening of Krasnoyarsk.

Keywords: *Forsythia ovata*, *Fraxinus mandshurica*, *Fraxinus pennsylvanica*, seasonal development, winter hardiness, reproductive state, seed characteristics.

How to cite: Sedaeva M. I. Introduction of plants of the Genera *Forsythia* and *Fraxinus* at the arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 83–90 (in Russian with English abstract and references).

УДК 58.084.2+574.21

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ РОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ г. КРАСНОЯРСКА

Ю. В. Кладько, А. В. Бенькова, Л. Н. Скрипальщикова

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

E-mail: KladaJ@mail.ru, benkova@yandex.ru, lara@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 02.05.2023 г.

В настоящее время сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) широко используется в озеленении промышленных городов, несмотря на то, что по своим физиологическим характеристикам она неустойчива к интенсивному техногенному загрязнению. В связи с этим исследование динамики радиального прироста деревьев сосны обыкновенной под влиянием техногенного загрязнения разного состава и интенсивности особенно актуально. В настоящей статье, применяя дендрохронологический метод, мы попытались ответить на вопрос, модифицирует ли загрязнение климатический отклик ширины годичных колец сосны обыкновенной в зеленых насаждениях Красноярска. Объектами исследования были деревья, произрастающие на одной условно чистой пробной площадке – пп 1 – «Дендрарий ИЛ СО РАН» и на трех пробных, подвергавшихся негативному воздействию атмосферных токсикантов: пп 2 – «Ул. Е. Стасовой» (загрязнение от автотранспорта, основные загрязнители – CO, NO, NO₂, SO₂, бенз(а)пирен и др.); пп 3 – «Парк «Гвардейский» (выбросы промышленных предприятий цветной металлургии и теплоэнергетического комплекса; основные загрязнители – CO, NO, NO₂, SO₂, сажа, фтористые соединения, бенз(а)пирен, сероводород и др.); пп 4 – «Ул. 9 Мая» (суммарное влияние выбросов от автотранспорта и промышленных предприятий цветной металлургии и теплоэнергетического комплекса. По данным ширины годичных колец, полученным нами в более ранних исследованиях (Кладько, Скрипальщикова, 2021), мы рассчитали индексированные хронологии радиального прироста для каждой пп. Для выявления климатического сигнала в индексированных хронологиях использовали построение и анализ скользящих корреляционных климатических функций отклика. По сравнению с условно чистой пп 1, на пп 2 установлена повышенная чувствительность сосны обыкновенной к температуре середины июля, на пп 3 – к температуре в первой половине августа, на пп 4 – к температуре и осадкам в середине июня. Результаты показали, что климатический сигнал в индексированных хронологиях радиального прироста сосны обыкновенной в загрязненных местах произрастания модифицируется в зависимости от характера техногенного загрязнения.

Ключевые слова: ширина годичных колец, индексированные хронологии, скользящие функции отклика, ИЗА₃, модификация климатического сигнала

DOI: 10.15372/SJFS20230512

ВВЕДЕНИЕ

В связи с интенсивной урбанизацией, вопросы влияния антропогенной нагрузки на жизненное состояние, процессы роста и развития древесных растений особенно актуальны. Одной из важных характеристик этих процессов является ширина годичного кольца – показатель, который отражает не только особенности роста дерева на различных этапах онтогенеза, но и влияние на рост комплекса факторов среды произрастания (Schweingruber, 1996; Ваганов, Шиятов,

2005; Кирдянов и др., 2014; Kirdyanov et al., 2014; и др.). По динамике радиального прироста можно судить об адаптивной способности древесных видов к разного рода техногенному воздействию (Мусаев, 1996; Кутафина, Краснопивцева, 2017; и др.), что позволяет решать задачи по оптимизации и расширению ассортимента древесных растений, устойчивых в условиях техногенной нагрузки.

Между тем, несмотря на свою актуальность, эти вопросы для крупного промышленного центра г. Красноярска остались недостаточно изу-

ченными. Так, опыт по интенсивному использованию сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в озеленении загрязненных территорий города в последние годы нельзя считать удачным. Здесь наблюдается множество ослабленных и усыхающих сосновых саженцев и крупномерных деревьев. Ранее применение сосны обыкновенной в озеленении было не столь широко распространено. Как было установлено исследователями ранее, по своим физиологическим характеристикам она неустойчива к интенсивному техногенному загрязнению (Кулагин, 1974; Павлов, 2006; Михайлова и др., 2020; и др.). В связи с этим было рекомендовано использовать ее для посадки в пригородных зонах, расположенных в отдалении от источников дыма и атмосферных газообразных загрязнителей (оксиды азота, серы, хлороводород и др.) (Кучеров, Федорако, 1964; Протопопова, 1972; Кулагин, 1974; Неверова, Николаевский, 2003; и др.), а также для создания крупных загородных парков и лесопарков (Лоскутов, 1993).

Тем не менее к этому виду проявляется значительный интерес в связи с его высокими декоративными качествами. Для эффективного использования сосны обыкновенной в озеленении Красноярска необходимо иметь информацию о приживаемости саженцев, жизненном состоянии, динамике роста растений, дифференцированную по территории города, с учетом состава и интенсивности техногенного загрязнения. Такой информации на сегодняшний день крайне недостаточно.

Как известно, токсиканты, содержащиеся в атмосферном воздухе, приводят к нарушениям в физиологических процессах, протекающих в дереве, в частности происходят изменения процесса формирования годичных колец в стволовой древесине. Изменяется прирост деревьев по диаметру. Ширина годичных колец (ШГК) в большинстве случаев уменьшается (Пшеничникова, Скрипальщикова, 2004; Павлов, 2006; Ярмишко и др., 2017; и др.), но не всегда (Уразгильдин, Кулагин, 2021). Изменения, происходящие в органах и тканях древесных растений, зависят от интенсивности воздействия и состава загрязняющих веществ (Вайчис, Армолайтис, 1981; Скрипальщикова и др., 2009а).

Цель настоящей работы – установить, модифицирует ли атмосферное техногенное загрязнение влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны обыкновенной в зеленых насаждениях Красноярска. С применением дендроэкологических методов исследова-

ния предстояло выявить различия в динамике радиального роста и климатическом отклике у деревьев, произрастающих в условиях загрязнения различного состава и интенсивности, и деревьев, произрастающих в отсутствии загрязнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объекта исследования выбраны деревья сосны обыкновенной, расположенные в зеленых насаждениях крупного промышленного города Красноярска. Для его территории характерна однородность ветрового режима на протяжении всего года. Вегетационный период длится 156 дней (Климат..., 1982). Воздушная среда районов города характеризуется неоднородностью загрязнения атмосферными токсикантами. Их распространение варьирует в зависимости от рельефа местности, ветрового режима, особенностей хозяйственного использования территории и застройки и характеризуется $ИЗА_5$ – данными по комплексной безразмерной характеристике уровня загрязнения атмосферы, рассчитанной по пяти приоритетным загрязняющим веществам с учетом их опасности и концентрации в атмосфере в долях ПДК ($ИЗА_5$) (Руководство..., 1991; Хлебопрос и др., 2012; Государственный доклад..., 2022). В России при $ИЗА_5 < 5$ загрязнение считается низким, от 5 до 6 – повышенным, от 7 до 13 – высоким и равном или большем 14 – очень высоким. Данные об абсолютных значениях $ИЗА_5$ по г. Красноярску для исследованного периода приведены в табл. 1.

Ранее было установлено, что районы города имеют свой уровень интенсивности загрязнения (Скрипальщикова и др., 2009б; Skripal'shchikova et al., 2009; Хлебопрос и др., 2012; Государственный доклад..., 2022). Мы предположили, что при этом погодичная динамика интенсивности загрязнения в них синхронна таковой для $ИЗА_5$.

На территории г. Красноярска в 2020 г. заложено 4 пробные площадки (пп), различающиеся между собой по уровню и составу техногенного загрязнения (рис. 1).

1. «Дендрарий ИЛ СО РАН». Здесь практически отсутствуют источники загрязнения и ее можно считать условно чистой (контрольная пп).

2. «Ул. Е. Стасовой». Основной источник загрязнения – автотранспорт (CO , NO , NO_2 , SO_2 , бенз(а)пирен и другие загрязнители).

Таблица 1. Значения $ИЗА_5$ в г. Красноярске в 2004–2019 гг.

Год	Абсолютное значение $ИЗА_5$	Уровень загрязнения
2004	13.32	Высокий
2005	15.14	Очень высокий
2006	11.27	Высокий
2007	14.66	Очень высокий
2008	15.31	Тот же
2009	18.56	Очень высокий
2010	21.86	Тот же
2011	23.75	» »
2012	22.93	» »
2013	17.05	» »
2014	14.00	» »
2015	7.00	Высокий
2016	14.00	Очень высокий
2017	14.00	Тот же
2018	14.00	» »
2019	13.00	Высокий

3. «Парк «Гвардейский», который находится под воздействием выбросов промышленных предприятий цветной металлургии и теплоэнергетического комплекса (CO , NO , NO_2 , SO_2 , сажа, фтористые соединения, бенз(а)пирен, сероводород и другие соединения).

4. «Ул. 9 Мая». На зеленые насаждения суммарно действуют выбросы автотранспорта и промышленных предприятий цветной металлургии и теплоэнергетического комплекса (Хлебопрос и др., 2012; Государственный доклад..., 2022).

Различия по климатическим факторам между пп не столь существенны. Так, в монографии

«Климат Красноярска» (1982) указано, что зональные микроклиматические различия в температурах атмосферного воздуха пренебрежительно малы.

Почвы на загрязненных пробных площадках антропогенно преобразованы (Шишов и др., 2004), их уровень загрязнения сопоставим с уровнем загрязнения воздуха и снежного покрова места произрастания (Скрипальщикова и др., 2009б). На условно чистой пп «Дендрарий ИЛ СО РАН» расположены антропогенно ненарушенные почвы, с фоновым уровнем содержания токсикантов (Скрипальщикова и др., 2009б; Хлебопрос и др., 2012).

На каждой пробной площадке было выбрано по 5 модельных деревьев сосны обыкновенной (в связи с тем, что их общее количество на пп ограничивалось всего 5–8 особями), находящихся в генеративной стадии развития. В пределах одной пп представители вида имели одинаковый класс возраста. Модельные экземпляры отбирали в соответствии с инженерно-топографическими планами территорий, чтобы вблизи них не проходили подземные коммуникации, с целью исключения антропогенно индуцированного теплового воздействия на корневую систему. На пп «Дендрарий ИЛ СО РАН» и «Парк «Гвардейский» деревья были высажены группами; на пп «Ул. Е. Стасовой» и «Ул. 9 Мая» – в рядовые посадки. Чтобы исключить ценотический эффект конкуренции, деревья высаживали на расстоянии не менее 3 м друг от друга

В настоящее время используются разные статистические методы анализа влияния техногенного загрязнения на динамику радиального роста, среди которых дендрохронологические

**Рис. 1.** Расположение пробных площадок на территории г. Красноярска.

1 – «Дендрарий ИЛ СО РАН», 2 – «Ул. Е. Стасовой»; 3 – «Парк «Гвардейский»; 4 – «Ул. 9 Мая» (Яндекс..., 2023).

Таблица 2. Статистические характеристики индексированных хронологий радиального прироста деревьев сосны обыкновенной на пробных площадках

Показатель	«Дендрарий ИЛ СО РАН»	«Ул. Е. Стасовой»	«Парк «Гвардейский»	«Ул. 9 Мая»
Возраст деревьев, лет	39 ± 6	15 ± 2	23 ± 1	16 ± 1
Средняя ШГК, мм	4.08 ± 0.39	4.17 ± 0.42	3.80 ± 0.48	3.92 ± 0.35
Дисперсия	2.09	2.45	3.25	1.68
R_{bar}	0.89	0.68	0.62	0.69

методы авторами характеризуются как достаточно информативные (Уразгильдин, Кулагин, 2021). В работе мы использовали стандартные (датировка и измерение ширины годичных колец, стандартизация данных измерений: Fritts, 1976; Cook, Kairiuktis, 1990; Schweingruber, 1996; Шиятов и др., 2000) и нестандартные (метод скользящих корреляционных климатических функций отклика, предложенный в работе А. Shashkin et al. (2010)) дендрохронологические приемы.

Материалом для дендрохронологического исследования были керны, взятые со ствола каждого модельного дерева на 25–30 см выше поверхности почвы по случайному радиусу. Ширину последовательных годичных колец на кернах измеряли на полуавтоматическом измерительном комплексе LINTAB v 3.0 с пакетом программного обеспечения TSAP Win v4.68. с точностью 0.01 мм. Результат прямого измерения ширины годичных колец (ШГК) – абсолютные древесно-кольцевые хронологии (Кладько, Скрипальщикова, 2021). Они содержат возрастные тренды, эдафические различия, погодноклиматические сигналы, сигналы антропогенного воздействия на дерево и др. При проведении индексирования абсолютных индивидуальных хронологий стандартными дендрохронологическими методами (Fritts, 1976; Шиятов и др., 2000) с использованием общепринятых программ Arstan и Cofecha мы исключили или, по крайней мере, значительно снизили влияние факторов, которые не варьируют погодиочно, чтобы выделить климатически обусловленную годовичную вариабельность. Индексировали наиболее подходящими в нашем случае отрицательной экспоненциальной и линейной функциями.

Поскольку число модельных деревьев (5), взятых для исследования на пп, не соответствовало рекомендациям, принятым в дендрохронологии (не менее 10 деревьев), важно было показать, что эта выборка репрезентативна. Как показывают данные табл. 2, индивидуальные индексированные хронологии радиального при-

роста деревьев в пределах каждой пп отличаются довольно высокой синхронностью (коэффициент R_{bar} принимает значение от 0.62 до 0.89).

Это значит, что для каждой пп можно получить среднюю индексированную хронологию методом усреднения индивидуальных хронологий и применять ее для дальнейшего анализа.

Для стандартизации мы проиндексировали также ежегодные данные по ИЗА₅; индексация проводилась отрицательной экспоненциальной функцией.

Для оценки статистической связи индексов радиального прироста деревьев с климатическими переменными (с температурой воздуха и количеством осадков) применяли расчет и анализ «скользящих корреляционных климатических функций отклика» (Бенькова и др., 2012). Этот метод позволил выявить промежутки времени в пределах сезона вегетации, значительно более короткие, чем 1 мес, характеризующиеся значимым влиянием климатических факторов на радиальный прирост. Мы рассчитывали корреляцию индексов радиального прироста с сериями среднесуточных температур и суточных осадков, усредненных за 20 дней, со сдвигом этих промежутков времени на 5 дней вперед. Расчеты проводили с применением авторской программы, разработанной А. В. Шашкиным с соавт. (Shashkin et al., 2010), программ Statistica 10 и Microsoft Excel. Использовали метеоданные, полученные за период 1974–2018 гг. на метеостанции «Красноярское опытное поле» (Архив..., 2023).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зависимость между индексами ширины годичных колец (ШГК) сосны обыкновенной на загрязненных пп и индексами ИЗА₅ характеризуют данные рис. 2.

Коэффициенты детерминации при аппроксимации значений ШГК убывающей линейной функцией ($R^2 = 0.026$ на пп «Ул. Е. Стасо-

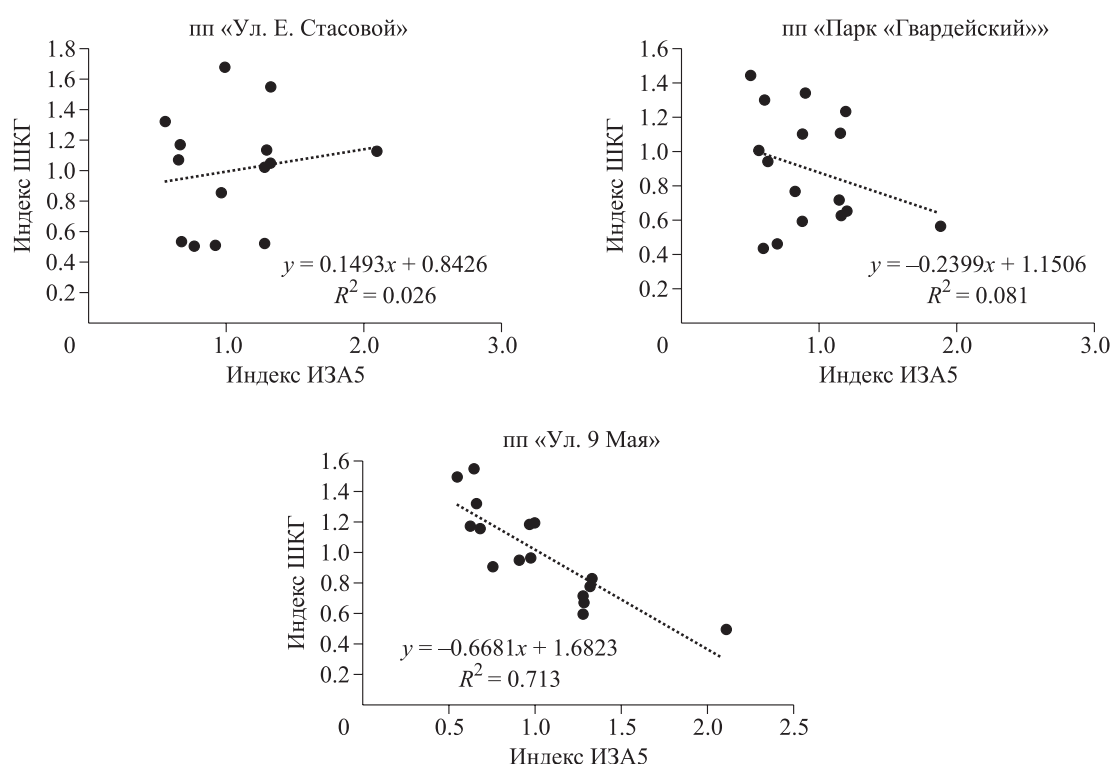


Рис. 2. Погодичная изменчивость ширины годовых колец (индексов ШГК) в зависимости от погодичной изменчивости уровня загрязнения атмосферы (индексы ИЗА₅) у сосны обыкновенной, произрастающей на пп в условиях разной техногенной нагрузки (2004–2019 гг.).

вой»; $R^2 = 0.081$ на пп «Парк «Гвардейский» и $R^2 = 0.713$ на пп «Ул. 9 Мая») указывают на то, что выраженная отрицательная связь между этими показателями имеется только на одной пп – «Ул. 9 Мая». Значимая отрицательная корреляция $R = -0.84$ между индексами ШГК и ИЗА₅ выявлена также только на пп «Ул. 9 Мая» (уровень достоверности $R = \pm 0.55$ при $p < 0.05$). На остальных пп корреляция между этими показателями незначима (-0.38 на пп «Дендрарий ИЛ СО РАН»; 0.16 на пп «Ул. Е. Стасовой» и -0.28 на пп «Парк «Гвардейский»). Ранее (Кладько, Скрипальщикова, 2021) на всех трех пп была выявлена статистически достоверная (при $p < 0.05$) отрицательная корреляция между шириной годовых колец и степенью техногенного загрязнения (выраженной в ИЗА₅) у деревьев сосны обыкновенной: -0.81 на пп «Ул. Е. Стасовой», -0.51 на пп «Парк «Гвардейский» и -0.41 на пп «Ул. 9 Мая» (уровень достоверности $R = \pm 0.29$ при $p < 0.05$).

Операцией индексирования мы нивелировали тренды в зависимостях от времени ШГК, обусловленные влиянием относительно стабильных факторов, которые не варьируют погодично, и тренды в зависимостях от времени ИЗА₅. В результате индексирования корреля-

ционная связь между нормированными показателями ШГК и ИЗА₅ на пп «Ул. Е. Стасовой» и пп «Парк «Гвардейский» стала существенно слабее, а на пп «Ул. 9 Мая» – заметно сильнее.

Таким образом, мы выявили, что наибольшую чувствительность к погодичной вариабельности уровня атмосферного загрязнения проявляет сосна обыкновенная, произрастающая под воздействием сильного комплексного техногенного загрязнения от автотранспорта и промышленных предприятий.

Чтобы установить, модифицирует ли техногенное загрязнение реакцию деревьев на климатические факторы, применяли следующий подход: сравнивали климатический «отклик» индексов радиального прироста деревьев на загрязненных пп с таковым на условно чистой пп. Климатический отклик мы выявляли путем построения и анализа скользящих корреляционных климатических функций отклика радиального прироста сосны обыкновенной на всех исследованных пп в 1974–2018 гг. Для построения были использованы среднесуточные данные температуры воздуха и суточных осадков с 1 апреля по 20 сентября, так как в этот период заметное влияние погодных условий на ширину годовых колец вполне вероятно.

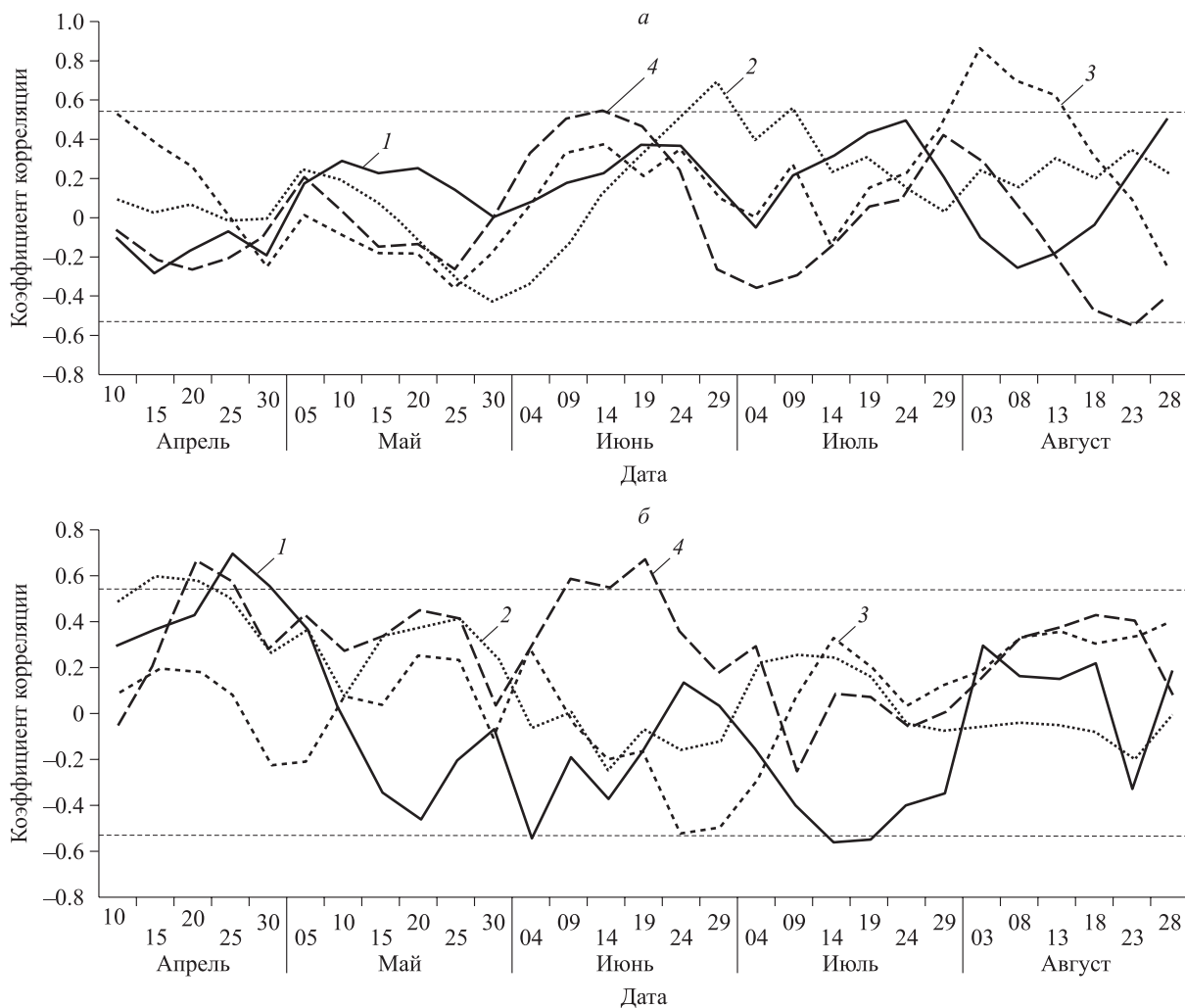


Рис. 3. Скользящие корреляционные 20-дневные функции отклика индексов радиального прироста деревьев сосны обыкновенной на температуру воздуха (а) и количество осадков (б).

1 – «Дендрарий ИЛ СО РАН»; 2 – «Ул. Е. Стасовой»; 3 – «Парк «Гвардейский»; 4 – «Ул. 9 Мая», 1974–2018 гг.

Скользящие корреляционные функции отклика показали значимую положительную корреляцию радиального прироста сосны обыкновенной с температурой воздуха (рис. 3, а; $R \geq |0.55|$ значимы при $p < 0.05$): на пп «Ул. Е. Стасовой» – в конце июня – I декаде июля (рис. 3, а, 2), на пп «Парк «Гвардейский» – в первой половине августа (рис. 3, а, 3), на пп «Ул. 9 Мая» – в середине июня (рис. 3, а, 4).

На условно чистой пп «Дендрарий ИЛ СО РАН» (рис. 3, а, 1) значимой корреляционной связи прироста с температурой не выявлено.

Положительная корреляция с количеством осадков (рис. 3, б) выявлена на пп «Ул. Е. Стасовой» – во второй половине апреля (рис. 3, б, 2), на пп «Парк «Гвардейский» – в III декаде апреля (рис. 3, б, 3), на пп «Ул. 9 Мая» – во второй половине июня (рис. 3, б, 4). На условно чистой пп «Дендрарий ИЛ СО РАН» в конце апреля выяв-

лена положительная корреляция прироста с количеством осадков, а в середине июля – слабая (на грани достоверности) отрицательная корреляции (рис. 3, б, 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Атмосферное техногенное загрязнение модифицирует влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны обыкновенной в зеленых насаждениях Красноярска. Особенности модификации соответствуют составу и степени загрязнения места произрастания:

– деревья, произрастающие в местах, где основным источником загрязнения является автотранспорт (основные загрязнители CO , NO , NO_2 , SO_2 , бенз(а)пирен), проявили повышенную, по сравнению с деревьями на условно чистом месте, чувствительность к влиянию температуры

воздуха в конце июня – I декаде июля (чем выше температура, тем шире годовичное кольцо);

– деревья, произрастающие под воздействием выбросов промышленных предприятий цветной металлургии и теплоэнергетического комплекса (основные загрязнители CO, NO, NO₂, SO₂, сажа, фтористые соединения, бенз(а)пирен, сероводород), проявили повышенную чувствительность к влиянию температуры воздуха в первой половине августа (чем выше температура, тем шире годовичное кольцо);

– деревья, произрастающие под воздействием сильного комплексного техногенного загрязнения от автотранспорта и промышленных предприятий, проявили повышенную, по сравнению с условно чистым местом, чувствительность к влиянию температуры воздуха и количеству осадков в середине июня, в период активного роста годовичного кольца (чем выше температура и количество осадков в этот период времени, тем шире годовичное кольцо).

В то же время они (деревья) проявили сравнительно низкую чувствительность к количеству весенних (апрельских) осадков в период реактивации камбия и в начале радиального роста. Между тем, положительная реакция на последние проявилась как в остальных загрязненных местах произрастания, так и в условно чистом месте. Возможно, агротехнический уход, заключающийся в регулярном поливе и дождевании кроны, в июне мог бы несколько снизить негативный эффект от воздействия токсикантов.

Следует иметь в виду возможность проявления синергизма – усиление или снижение климатического отклика радиального прироста в результате влияния на сосну техногенного загрязнения, и климатических, и других факторов, характерных для локальных условий произрастания (например, различие в физико-механических и гидротермических почвенных условиях (Nikolaev et al., 2009; Zav'yalov et al., 2019)).

Погодичное изменение уровня атмосферного загрязнения (выраженного в ИЗА₅) существенно сказывается на радиальном приросте деревьев сосны обыкновенной, произрастающих под воздействием сильного комплексного загрязнения от автотранспорта и промышленных предприятий: чем больше ИЗА₅, тем меньше прирост. На прирост деревьев, произрастающих в местах, подверженных заметному влиянию этих источников в отдельности, изменение ИЗА₅ влияет сравнительно слабо.

По результатам проведенных исследований мы считаем нецелесообразным высаживать сос-

ну обыкновенную на участках с интенсивным комплексным воздействием выбросов от автотранспорта и промышленных предприятий. Раздельное же влияние этих источников не дает столь угнетающего эффекта.

Исследование выполнено в рамках базового проекта ФИЦ КНЦ СО РАН № FWES-2021-0008 «Природная и антропогенная динамика таежных лесов Средней Сибири в условиях меняющегося климата».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архив погоды в Опытном поле. Красноярск, 2023. https://gr5.ru/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B2_%D0%9E%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%BC_%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B5
- Бенькова В. Е., Шашкин А. В., Наурзбаев М. М., Прокушкин А. С., Симанько В. В. Значение микроэкологических условий для роста лиственницы Гмелина в экотоне верхней границы леса на полуострове Таймыр // Лесоведение. 2012. № 4. С. 73–84.
- Ваганов Е. А., Шиятов С. Г. Дендроклиматические и дендрологические исследования в Северной Евразии // Лесоведение. 2005. № 4. С. 18–27.
- Вайчис М., Армолайтис К. Чувствительность и устойчивость аборигенных и кустарниковых пород к промышленным эмиссиям в условиях Литвы // Всесоюзное совещание по вопросам адаптации древесных растений к экстремальным условиям среды. Петрозаводск: Карел. филиал АН СССР, 1981. С. 16.
- Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2021 году». Красноярск: ЦРМПиООС, 2022. 317 с.
- Кирдянов А. В., Мыглан В. С., Пименов А. В., Кнорре А. А., Экарт А. К., Ваганов Е. А. Динамика усыхания лиственницы сибирской в зоне влияния техногенных эмиссий предприятий Норильского промышленного района // Сиб. экол. журн. 2014. Т. 21. № 6. С. 945–952.
- Кладько Ю. В., Скрипальщикова Л. Н. Радиальный рост сосны обыкновенной в зеленых насаждениях Красноярска // Сиб. лесн. журн. 2021. № 3. С. 38–43.
- Климат Красноярска / ред. Ц. А. Швер, А. С. Герасимова. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 231 с.
- Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 169 с.
- Кутафина Н. В., Краснопищцева А. Н. Физиологические основы адаптации растительных организмов в условиях урбанизированной среды // Вестн. РУДН. Сер. «Экол. и безопасн. жизнедеятельн.». 2017. Т. 25. № 1. С. 21–28.
- Кучеров Е. В., Федорако Б. И. Влияние промышленных загрязнений на растительность Башкирской АССР // Охрана природы на Урале. Сб. науч. тр. Свердловск, 1964. Вып. 4. С. 163–168.
- Лоскутов Р. И. Декоративные древесные растения для озеленения городов и поселков. Красноярск: КГУ, 1993. 184 с.

- Михайлова Т. А., Калугина О. В., Шергина О. В. Мониторинг техногенного загрязнения и состояния сосновых лесов на примере Иркутской области // Лесоведение. 2020. № 3. С. 265–273.
- Мусаев Е. К. Сезонный рост и строение годичных колец сосны обыкновенной в зоне Чернобыльской катастрофы // Лесоведение. 1996. № 1. С. 16–28.
- Неверова О. А., Николаевский В. С. Оценка устойчивости древесных насаждений по степени нарушения ассимиляционного аппарата и крон деревьев // Лесн. хозяйство. 2003. № 6. С. 31–32.
- Павлов И. Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2006. 370 с.
- Протопопова Е. Н. Рекомендации по озеленению городов и рабочих поселков Средней Сибири. Красноярск: Краснояр. раб., 1972. 148 с.
- Пишеничникова Л. С., Скрипальщикова Л. Н. Влияние высокой антропогенной нагрузки на радиальный прирост сосновых древостоев // Актуал. пробл. лесн. комплекса. 2004. № 9. С. 33–36.
- Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89 (утв. Госкомгидрометом СССР 01.06.1989, Гл. гос. санитарным врачом СССР 16.05.1989). М.: Финансы и статистика, 1991. 615 с.
- Скрипальщикова Л. Н., Стасова В. В., Перевозникова В. Д., Зубарева О. Н., Татаринцев А. И. Влияние комплекса техногенных и рекреационных нагрузок на развитие тканей ствола сосны обыкновенной в Красноярской лесостепи // Изв. РАН. Сер. биол. 2009а. № 5. С. 618–626.
- Скрипальщикова Л. Н., Татаринцев А. И., Зубарева О. Н., Перевозникова В. Д., Стасова В. В., Грешилова Н. В. Экологическое состояние пригородных лесов Красноярска. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2009б. 179 с.
- Уразильдин Р. В., Кулагин А. Ю. Техногенез и структурно-функциональные реакции древесных видов: повреждения, адаптации, стратегии. Ч. 3. Влияние на радиальный прирост и корневые системы // Биосфера. 2021. Т. 13. № 3. С. 101–119.
- Хлебопрос Р. Г., Тасейко О. В., Иванова Ю. Д., Михайлюта С. В. Красноярск. Экологические очерки. Красноярск: СФУ, 2012. 130 с.
- Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Шиятов С. Г., Ваганов Е. А., Кирдянов А. В., Круглов В. Б., Мазепа В. С., Наурызбаев М. М., Хантемиров Р. М. Методы дендрохронологии. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: учеб.-метод. пособ. Красноярск: КГУ, 2000. Ч. I. 80 с.
- Яндекс. Карты, 2023. <https://yandex.ru/maps/62/krasnoyarsk.ru>
- Ярмишко В. Т., Лянгузова И. В., Лянгузов А. Ю. Изменение годичного прироста стволов *Pinus sylvestris* (Pinaceae) при снижении аэротехногенного загрязнения // Раст. рес. 2017. Т. 53. № 4. С. 527–542.
- Cook E. R., Kairiuktis L. A. Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1990. 394 p.
- Fritts H. C. Tree rings and climate. London, NY, San Francisco: Acad. Press., 1976. 582 p.
- Kirdyanov A. V., Myglan V. S., Pimenov A. V., Knorre A. A., Ekart A. K., Vaganov E. A. Die-off dynamics of Siberian larch under the impact of pollutants emitted by Norilsk enterprises // Contemp. Probl. Ecol. 2014. V. 7. Iss. 6. P. 679–684 (Original Rus. text © A. V. Kirdyanov, V. S. Myglan, A. V. Pimenov, A. A. Knorre, A. K. Ekart, E. A. Vaganov, 2014, publ. in Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal. 2014. N. 6. P. 945–952).
- Nikolaev A. N., Fedorov P. P., Desyatkin A. R. Influence of climate and soil hydrothermal regime on radial growth of *Larix cajanderi* and *Pinus sylvestris* in Central Yakutia, Russia // Scand. J. For. Res. 2009. V. 24. N. 3. P. 217–226.
- Shashkin A., Benkova V., Siman'ko V. The peculiarities of larch growth at the northern timberline // WorldDendro-2010. Abstr. 8th Int. Conf. Dendrochronology, 13–18 June, 2010. Rovaniemi, Finland, 2010. P. 149.
- Schweingruber F. N. Tree rings and environment. Dendroecology. Brimensdorf: WSL/FNP: Bern, Stuttgart: Viena Haupt Publ., 1996. 609 p.
- Skrpal'shchikova L. N., Stasova V. V., Perevoznikova V. D., Zubareva O. N., Tatarintsev A. I. Effect of the complex of technogenic and recreational loads on development of trunk tissues of Scotch pine in the Krasnoyarsk forest-steppe // Biol. Bull. Rus. Acad. Sci. 2009. V. 36. Iss. 5. P. 524–531 (Original Rus. text © L. N. Skripal'shchikova, V. V. Stasova, V. D. Perevoznikova, O. N. Zubareva, A. I. Tatarintsev, 2009, publ. in Izv. RAN. Ser. Biol. 2009. N. 5. P. 618–626).
- Zav'yalov K., Ivanova N., Potapenko A., Ayan S. Influence of soil fertility on the ability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to adapt to technogenic pollution // Cerne. 2019. V. 25. N. 4. P. 326–331.

INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON RADIAL GROWTH OF SCOTS PINE UNDER THE CONDITIONS OF TECHNOGENIC POLLUTION IN THE CITY OF KRASNOYARSK

Yu. V. Klad'ko, A. V. Ben'kova, L. N. Skripal'shchikova

*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: KladaJ@mail.ru, benkova@yandex.ru, lara@ksc.krasn.ru

At present, Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is widely used in the landscaping of industrial cities, despite the fact that, according to its physiological characteristics, it is not resistant to intense technogenic pollution. Thus, the study of radial growth dynamics of Scots pine trees under the influence of technogenic pollution of different composition and intensity is greatly important. The purpose of this article is to use the dendrochronological method to answer the question of whether pollution modifies the climatic response of the annual ring width of Scotch pine in the green plantations of Krasnoyarsk. The objects of the study were trees growing on three test sites (TS) exposed to the negative effects of atmospheric toxicants: 2) TS «E. Stasova str.» (pollution from vehicles, the main pollutants are CO, NO, NO₂, SO₂, benzo(a)pyrene, etc.); 3) TS «Park «Gvardeisky» (emissions from industrial enterprises of non-ferrous metallurgy and heat and power complex; the main pollutants are CO, NO, NO₂, SO₂, soot, fluorine compounds, benzo(a)pyrene, hydrogen sulfide, etc.); 4) TS «9 Maya str.» (total impact of emissions from motor transport and industrial enterprises of non-ferrous metallurgy and heat and power complex) and on one conditionally 1) clean test site – TS «Arboretum of IL SB RAS». Based on the annual ring width data obtained in the first article of the cycle (Klad'ko, Skripal'shchikova, 2021), we calculated indexed radial increment curves for each site. To identify the climatic signal in indexed chronologies, we used the method of sliding correlation climatic response functions. At the TS 2, in comparison with the conditionally pure TS 1, an increased sensitivity of Scots pine to the temperature of middle-July, at the TS 3 an increased sensitivity to temperature of one-half of August, at the TS 4 an increased sensitivity to temperature and precipitation of middle June. The results showed that climate signal in dynamics of the radial growth of Scotch pine modified by the influence of technogenic pollution in relation its properties.

Keywords: *tree ring width, indexed tree ring chronologies, sliding climate correlation functions, coefficient of technogenic pollution IZA_s, climate response modification.*

How to cite: *Klad'ko Yu. V., Ben'kova A. V., Skripal'shchikova L. N. Influence of climatic factors on radial growth of Scots pine under the conditions of technogenic pollution in the city of Krasnoyarsk // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 91–99 (in Russian with English abstract and references).*

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

УДК 632.7'632.03

ОБНАРУЖЕНИЕ ЧУЖЕРОДНОГО ВИДА МОЛЕВИДНЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ НА КЛЕНАХ В СИБИРСКИХ АРБОРЕТУМАХ

Н. И. Кириченко^{1,2}, Ю. Н. Баранчиков¹

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

² Сибирский федеральный университет
660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

E-mails: nkirichenko@yahoo.com, baranchikov_yuri@yahoo.com

Поступила в редакцию 17.07.2023 г.

Сообщается о значительном повреждении листьев клена татарского (*Acer tataricum* L.) в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (ИЛ) в г. Красноярске и Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (ЦСБС) в г. Новосибирске. В 2008–2009 и 2023 гг. в среднем до 70 % апикальных листьев этого растения к середине лета несли погрызы. При этом к. приречный (*A. tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm.), произрастающий в соседстве с к. татарским в обоих дендрариях, был поражен не более чем на 35 %. Единичные характерные повреждения (не более чем на 5 % листьях в нижней части кроны деревьев) были выявлены на европейском к. платановидном (*A. platanoides* L.) в дендрарии ИЛ. На европейском к. полевом (*A. campestre* L.) и североамериканском к. ясенелистом (*A. negundo* L.) в дендрарии ИЛ и в ЦСБС следы дефолиации отсутствовали. По косвенным признакам, в частности по основному кормовому растению (к. татарскому), типу повреждения (формированию свертков из листьев на концах ветвей в начале лета и заметных погрызах на листьях к середине лета), жизненному циклу (развитию гусеничной стадии приблизительно с середины мая по конец июня, покиданию листовых убежищ перед окукливанием) в двух сибирских дендрариях на кленах предположительно вредит чужеродный вид ипсолофа (*Ypsolopha chazariella*) из семейства серпокрылые моли (Ypsolophidae, Lepidoptera). В статье обсуждается перспективность использования коллекций дендрариев и ботанических садов для своевременного выявления чужеродных вредоносных видов насекомых.

Ключевые слова: клены, арбаретумы, растения-интродуценты, *Ypsolopha chazariella* (Mann, 1866), массовые повреждения, Сибирь.

DOI: 10.15372/SJFS20230513

ВВЕДЕНИЕ

Инвазии растительноядных насекомых – распространение чужеродных видов в новую для них среду с их последующей успешной адаптацией и нанесением вреда местным экосистемам – актуальная проблема современной биологии (Elton, 2020). Бесконтрольное размножение чужеродных видов насекомых на растениях в новых регионах может приводить к значимым

экологическим последствиям и экономическим потерям, подрывая биологическую безопасность регионов (Bradshaw et al., 2016; Seebens et al., 2018; Black, Bartlett, 2020; Kirichenko et al., 2021).

Инвазии растительноядных насекомых часто обусловлены деятельностью человека (Valéry et al., 2008; Glossary..., 2009; Musolin et al., 2022). Ввоз саженцев растений и растительной продукции считается основным фактором распростра-

нения чужеродных видов насекомых (Liebhold et al., 2012; Kenis et al., 2018; Bonnamour et al., 2023).

Дендрарии и ботанические сады, в которых, как правило, выращивают множество древесных растений, интродуцированных из разных регионов, являются уникальными модельными площадками для отслеживания проникновения чужеродных насекомых-фитофагов (Fagan et al., 2008; Britton et al., 2010; Eschen et al., 2019). Последние могут попадать в созданные человеком насаждения при ввозе саженцев растений или же самостоятельно проникать в регион интродукции растений, следуя за распространением своих растений-хозяев.

Представители рода клен (*Acer* L.) (Sapindales: Sapindaceae) – не местные для Сибири виды древесных растений (Коропачинский, Встовская, 2012). Здесь в урбанизированной среде встречаются в основном два вида клена – североамериканский к. ясенелистный (*A. negundo* L.) и восточноазиатский к. приречный (*A. ginnala* Maxim.) (Бакулин и др., 2008; Коропачинский, Встовская, 2012). В современной международной литературе последний указывается как подвид клена татарского (*A. tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm.) (World Flora..., 2023). Собственно, к. татарский (*A. tataricum* L.), встречающийся в природе в Европе и Юго-Западной Азии, пока мало используется в городских посадках, но присутствует в составе дендрологических коллекций сибирских дендрариев и ботанических садов, в частности дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН в Красноярске и Центрального сибирского ботанического сада СО РАН в Новосибирске (Лоскутов, 1991; Бакулин и др., 2008).

Так как в Сибири клены являются интродуцентами, они мало повреждаются здесь местными видами насекомых. Повреждения, которые могут быть обнаружены на кленах приречном и ясенелистном в сибирских урбозкосистемах – это в основном округлые вырезы до 12 мм в диаметре у края листьев, оставляемые местными видами пчел-листорезов *Megachile* spp. (Hymenoptera, Megachilidae) (Н. И. Кириченко, неопубликованные данные). Современные исследования повреждений клена татарского, а также других видов кленов на территории Сибири нам не известны. Вместе с тем на Урале, в частности в насаждениях в Екатеринбурге, посадкам к. татарского и приречного заметно вредит европейский вид ипсолофы – *Ypsolopha chazariella* (Mann, 1866) (син. *Cerostoma chazariella* Mann,

1866) – представитель отряда чешуекрылые (Lepidoptera), семейства серпокрылые моли (Ypsolophidae) (Богачева, Замшина, 2017). Проникновение этого вида на юг Сибири вполне вероятно, учитывая присутствие здесь привычных кормовых растений насекомого.

Целью данной работы стал поиск характерных повреждений ипсолофы в насаждениях кленов в двух сибирских дендрариях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (далее ИЛ) в Красноярске и Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (далее ЦСБС) в Новосибирске 17–19 июля и 21–24 августа 2008 г., соответственно. В 2009 г. для наблюдений за состоянием деревьев дендрарий ИЛ посещали 2–4, 30 июня и 10, 25 июля, ЦСБС – 6–9 июня и 27–29 июля. Дополнительно наблюдения за состоянием деревьев проводили в дендрарии ИЛ 7 июля 2023 г. Для выявления повреждений насекомых-филлофагов осматривали 3–10 растений к. татарского, восточноазиатского к. приречного, североамериканского к. ясенелистного и европейских видов кленов – платановидного (*A. platanoides* L.) и полевого (*A. campestre* L.). В дендрарии ИЛ и ЦСБС высота деревьев к. татарского, к. ясенелистного и к. платанового составляла от 2.5 до 5 м, в дендрарии ИЛ к. приречный был представлен живой изгородью до 1.5 м высотой, в ЦСБС – деревьями до 3 м. Клен полевой произрастал только в ЦСБС и был представлен 2 невысокими (до 1.2 м) кустовидными деревьями, сильно подмерзающими в зимний период (М. А. Томошевич: персональное сообщ., 2009).

В 2008 и 2023 гг. растения осматривали случайным образом для поиска повреждений на листьях, без количественных оценок. Сборы образцов насекомых и количественные учеты (оценку степени повреждения растений) проводили только в 2009 г. В первой половине июня 2009 г. сплетенные паутиной листья, выбранные на растениях случайным образом, вскрывали непосредственно на месте обнаружения повреждений (без дополнительных повреждений листьев и их отделения от ветвей) для поиска в них гусениц. Раскрывали до 10 листовых свертков на 2–4 растениях каждого вида клена. Гусениц собирали в герметичные пробирки 5 мл, наполненные 95 % спиртовым раствором,

для дальнейших молекулярно-генетических исследований.

Учет степени повреждения растений проводили в конце июля 2009 г. К этому времени листья, сплетенные насекомым в начале лета, полностью раскрывались, давая возможность осмотреть их на наличие погрызов. На растениях осматривали по 4 ветви, преимущественно в нижней части кроны. На ветвях подчитывали число интактных и поврежденных листьев. Уровень повреждения кленов оценивали как долю поврежденных листьев в выборке из всех просмотренных листьев, выраженную в процентах. Полученные оценки усредняли для каждого вида кленов и рассчитывали стандартную ошибку.

Повреждения были отсняты на цифровую камеру Sony Nex 3. Образцы насекомых (спиртовые сборы) хранятся в морозильной камере при температуре -18°C в лаборатории лесной зоологии ИЛ для обеспечения сохранности ДНК.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованный материал. Красноярск, дендрарий ИЛ, 02.VI.2009, 4 гусеницы из свертка листьев на клене татарском (фиксация в 95 % спиртовом растворе), Н. И. Кириченко (сборщик); там же, тот же сборщик, 2 гусеницы из свертка листьев на к. приречном (фиксация в

95 % спиртовом растворе); Новосибирск, ЦСБС, 18.VI.2009, 2 гусеницы из свертка листьев на к. татарском (фиксация в 95%-м спиртовом растворе), Н. И. Кириченко, Ю. Н. Баранчиков (сборщики).

Повреждения. Обнаружение массовых повреждений нами впервые задокументировано 27 июля 2008 г. на деревьях клена татарского в дендрарии ИЛ. Одно из 5 обследованных деревьев усыхало и несло лишь единичные листья на верхушках верхних ветвей, 2 дерева были полностью усохшими (рис. 1, а).

Листовые пластинки прочих 4 деревьев несли на себе многочисленные погрызы круглой или овальной формы между главной и боковыми жилками, или же грубые выедания значительной части листовой пластинки без повреждения центральной и жестких частей боковых жилок (рис. 1, б, в).

Похожие единичные повреждения выявлены на молодых деревьях и живой изгороди из к. приречного в этом же дендрарии. Единичные повреждения задокументированы нами также на к. татарском и к. приречном в ЦСБС 5–8 августа 2008 г.

В 2009 г. обследования деревьев в указанных пунктах провели 2–9 июня. За 2 нед до этого на к. татарском и к. приречном появились молодые листочки. В первой половине июня на ветвях к. татарского в дендрарии ИЛ были выявлены

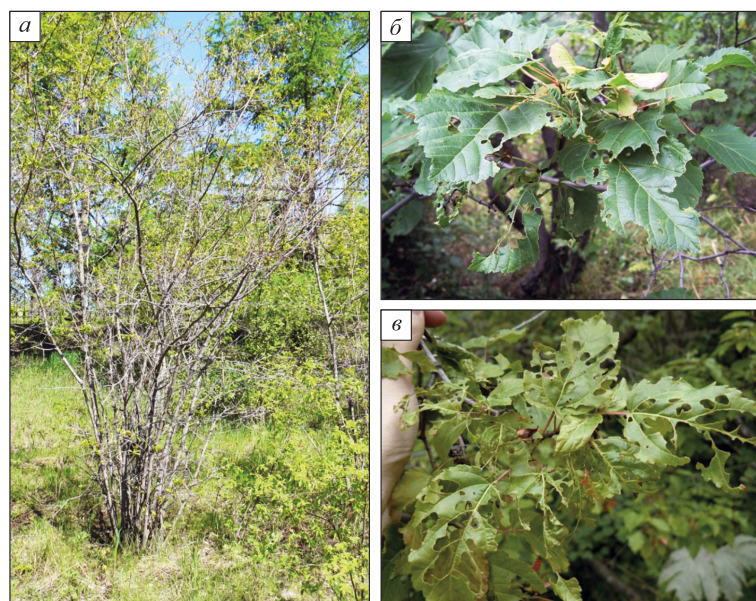


Рис. 1. Повреждения, впервые выявленные на клене татарском в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН 27 июля 2009 г.

а – усохшее дерево; б, в – объединенные листовые пластинки на уцелевших деревьях.

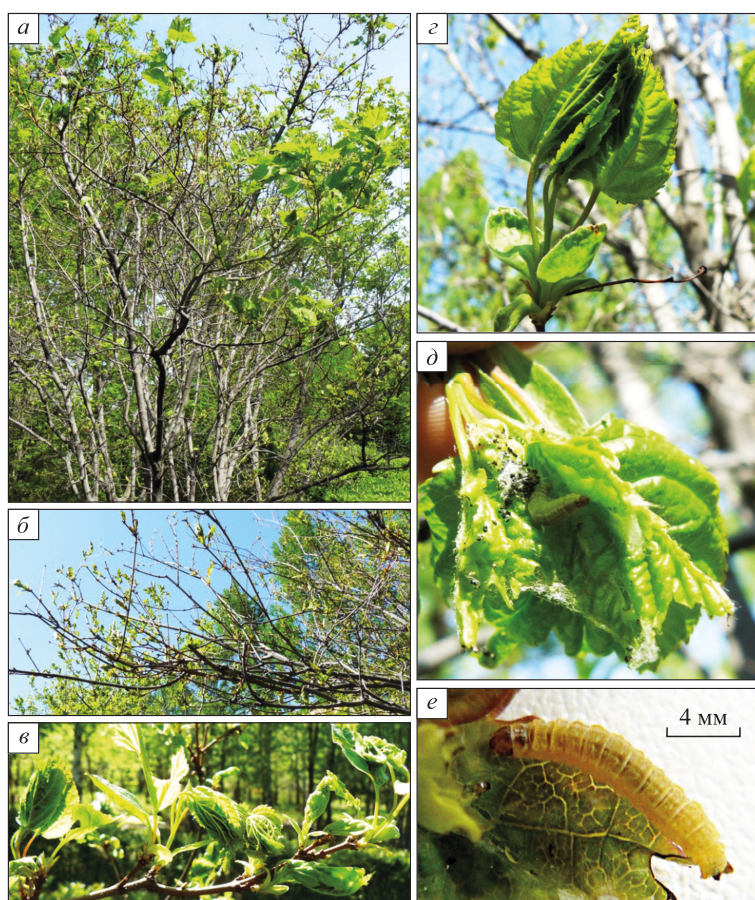


Рис. 2. Массовые повреждения клена татарского в дендрарии ИЛ 2–4 июня (*a–d*) и 30 июня (*e*) 2009 г.

a, б – поврежденные дерево и отдельная ветвь при увеличении; *в* – многочисленные свертки из молодых листьев на ветви; *г* – отдельный сверток из листьев; *д* – вскрытый сверток с гусеницей нитями шелка и экскрементами; *е* – гусеница.

многочисленные свертки из молодых листьев, преимущественно на внешней части кроны (на апикальных частях ветвей), от низа до верха деревьев (рис. 2, *a–d*). В глубине кроны свертки из листьев практически отсутствовали. В свертках находились гусеницы, которые в дендрарии ИЛ к 30 июня достигали длины 15 мм (рис. 2, *e*).

В 2009 г. повреждения также были обнаружены на клене приречном (рис. 3, *a–d*). Изнутри свертки были скреплены паутинками, внутри свертков находились гусеницы и экскременты (рис. 3, *a, б*).

К концу июня – началу июля гусеницы покидали свои убежища (свертки листьев, в которых они питались на протяжении примерно 1.5 мес) и спускались на паутинках в подстилку. Покинутые свертки в ходе роста листьев разворачивались и уже к концу июля 2009 г. мы отмечали картину, подобную таковой 2008 г.

В 2009 г. около 58 ± 17 и 70 ± 24 % листьев к. татарского несли повреждения в дендрарии

ЦСБС и ИЛ против 28 ± 12 и 35 ± 15 % листьев к. приречного с повреждениями в одноименных дендрариях.

В 2009 г. в дендрарии ИЛ единичные типичные повреждения (не более чем на 5 % листьев в нижней части кроны) были выявлены на европейском к. платановидном. Подобные повреждения на листьях североамериканского к. ясенелистного здесь отсутствовали. В этом же году похожих признаков повреждений также не выявлено на к. ясенелистном и европейских видах к. платановидного и полевого в ЦСБС.

По косвенным признакам (предпочитаемому кормовому растению – к. татарскому, типу повреждения – формированию свертков из листьев на концах ветвей, жизненному циклу – развитию гусеничной стадии приблизительно с середины мая по конец июня, покиданию листовых убежищ перед окукливанием) в двух сибирских дендрариях на кленах предположительно вредит *Y. chazariella*.

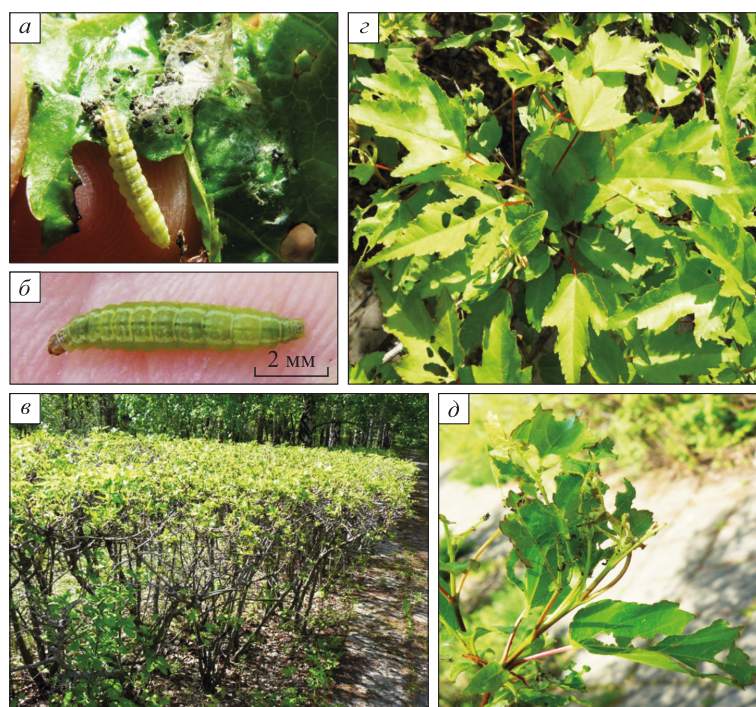


Рис. 3. Повреждения живой изгороди, сформированной из клена приречного в дендрарии ИЛ 2–4 июня (а, б), 30 июня (в–д) 2009 г. а – поврежденное дерево и отдельная ветвь; б, в – поврежденные развернувшиеся листья; г – раскрывшийся сверток из листьев; д – вскрытый сверток с гусеницей нитями паутины и экскрементами.

Полученные данные позволяют говорить об узкой монофагии насекомого, повреждавшего в двух сибирских дендрариях исключительно к. татарский и его подвид к. приречный. В Екатеринбурге ипсолофа также заметно объедает листья к. татарского и к. приречного, тогда как на широко распространенном североамериканском к. ясенелистом повреждения отсутствуют (Богачева, Замшина, 2017). В Центральной Европе ипсолофа также известна как узкий монофаг на клене татарском (Ellis, 2023; LAJI.FI..., 2023). Есть сведения о встречаемости повреждений беспозвоночными-филлофагами на листьях широко распространенного североамериканского к. ясенелистного в Миассе (Челябинская область), которая доходила до 37 % (Веселкин и др., 2019; Veselkin et al., 2019). Однако авторы не приводят конкретных характеристик погрызов и не дают сведений об их ассоциации с ипсолофой.

Биология вредителя в Красноярске и Новосибирске, тип повреждения и сроки развития схожи с таковыми в природном ареале вида – в Европе (LAJI.FI..., 2023). Ключ для определения вида по морфологии гусеницы – стадии, на которой вредитель выявлен в массе в Красноярске и Новосибирске – нам не известен. По гусеницам определение вида возможно только с примене-

нием метода ДНК-баркодинга, учитывая, что по данному виду в генетической базе BOLD (2023) в открытом доступе имеется пять ДНК-баркодов (фрагментов митохондриального гена первой субъединицы цитохромоксидазы, COI), в частности из Беларуси и Финляндии. В настоящее время нами ведется работа по секвенированию образцов вида из Сибири.

Внешний вид бабочки ипсолофа и характеристики генитального аппарата самцов, по которым возможно идентифицировать вид, приведены на странице лепифорума (LAJI.FI..., 2023).

Распространение. *Y. chazariella* встречается в Албании, Боснии и Герцеговине, Болгарии, Венгрии, Чехии, Словакии, Латвии, Литве, Румынии, Финляндии, Франции (Agassiz, 2023; LAJI.FI..., 2023), Украине (Baraniak et al., 2014). С 1996 г. зарегистрирована в Финляндии (LAJI.FI..., 2023), с 2014 г. – в Германии (Meu, 2014). В Европейской части России известна по находкам из Крыма, Европейского Северо-Запада, Центрально-Черноземного, Средневолжского, Волго-Донского (Пономаренко, Синев, 2019), Среднеуральского и Южно-Уральского регионов (Богачева, Замшина, 2017; Пономаренко, Синев, 2019). До наших исследований для Сибири вид не был указан (Пономаренко, Синев, 2019).

В Финляндии и Германии появление вредителя связывают с интродукцией в северных регионах Европы к. татарского, который имеет естественное распространение в Юго-Восточной Европе и широко используется в искусственных насаждениях в населенных пунктах европейских стран как декоративное растение (Mey, 2014; LAJI.FI..., 2023). Во Франции к. татарский также является неместным растением, в связи с чем появление здесь ипсолофы, по всей видимости, связано с интродукцией к. татарского (LAJI.FI..., 2023). Если подтвердится видовая принадлежность вида из Сибири по генетическим маркерам, это будет первая находка *Y. chazariella* восточнее Урала.

Дендрарии и ботанические сады в выявлении чужеродных видов. Наши исследования еще раз указывают на неоспоримую и многогранную научную ценность коллекций растений в ботанических садах и дендрариях, а также на важность сохранения и преумножения живых коллекций растений в таких рукотворных дендрологических плантациях. Действительно, коллекции древесных растений в дендрариях и ботанических садах – важнейшие научные объекты не только для решения ботанических, экологических и природоохранных задач. В последние годы различными исследователями подчеркивается их растущая значимость в выявлении чужеродных насекомых, а также местных видов насекомых, со временем переключаящихся на растения-интродуценты с причинением им значимого вреда (Kenis et al., 2007; Fagan et al., 2008; Britton et al., 2010; Roques et al., 2015; Epanchin-Niell, 2017; Mansfield et al., 2019; De Groot et al., 2020; Migliorini et al., 2023).

В Европейской части России на примере коллекции древесных растений Главного ботанического сада РАН (Москва) была показана перспективность использования дендрологических коллекций для анализа заселённости местных и интродуцированных видов древесных растений чужеродными вредителями на примере ясеней и пихт (Баранчиков и др., 2014; Серая и др., 2014; Мухина и др., 2015). В Азиатской части России такими площадками неоднократно выступали ЦСБС (Новосибирск) и дендрарий ИЛ (Красноярск) (Kirichenko et al., 2013; Kirichenko, Kenis, 2016). Здесь в коллекциях интродуцированных древесных растений (европейских, североамериканских, восточноазиатских) был обнаружен как спектр местных видов фитопатогенов – возбудителей заболевания листьев (в ряде случаев, заметно вредящим растениям), переселившихся

на такие растения за время существования ботанического сада (Tomoshevich et al., 2013), так и чужеродных видов насекомых, вселившихся в насаждения с растениями-интродуцентами (Кириченко, 2013; Kirichenko, 2014; Kirichenko et al., 2016).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наблюдения, проведенные в дендрарии ИЛ (Красноярск) и ЦСБС (Новосибирск), сигнализируют о вероятном появлении в Сибири нового вредителя кленов, происходящего из Европы, – *Y. chazariella*. Проводимые нами в текущий момент времени молекулярно-генетические исследования позволят уточнить видовую принадлежность насекомого, а в перспективе, при анализе филогеографии вида, выявить источник, откуда пошло распространение вредителя в Сибирь. Необходим дальнейший мониторинг посадок кленов в сибирских городах для выявления трофического потенциала данного представителя семейства серпокрылых молей (Ypsolophidae), понимания возможностей расширения трофической базы этого чужеродного вида и его дальнейшего продвижения на восток, где произрастают различные восточноазиатские виды кленов – важнейшие объекты озеленения и ландшафтного дизайна. Кроме этого, наши результаты подчеркивают значимость дендрологических коллекций сибирских дендрариев и ботанических садов для реализации исследований, направленных на сохранение биобезопасности регионов страны.

Данная статья посвящена памяти Реджи-нальда Ивановича Лоскутова, кандидата сельскохозяйственных наук, основателя дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (Красноярск), чьи консультации были важным вкладом в исследование энтомокомплекса дендрария.

Авторы признательны доктору биологических наук Марии Анатольевне Томосевич (Новосибирск) за содействие в проведении исследований на базе коллекции древесных растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН «Коллекция живых растений в открытом и закрытом грунте» USU_440534.

Исследования выполнены при частичной поддержке базового проекта Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (№ FWES-2021-0011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баранчиков Ю. Н., Серая Л. Г., Гринаш М. Н. Все виды европейских ясеней неустойчивы к узкотелой златке *Agilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera, Buprestidae) – дальневосточному инвадиду // Сиб. лесн. журн. 2014. № 6. С. 80–85.
- Богачева И. А., Замшина Г. А. Комплекс насекомых-филлофагов на лиственных деревьях и кустарниках Екатеринбург // Фауна Урала и Сибири. 2017. № 1. С. 33–52.
- Веселкин Д. В., Куянцева Н. Б., Чащина О. Е., Мумбер А. Г., Замшина Г. А., Молчанова Д. А. Поврежденность филлофагами листьев инвазивного *Acer negundo* и аборигенных *Betula pendula* и *Salix caprea* // Экология. 2019. № 6. С. 403–409.
- Древесные растения для озеленения Новосибирска / В. Т. Бакулин, Е. В. Банаев, Т. Н. Встовская, Т. И. Киселева, И. Ю. Коропачинский, Н. П. Лаптева, Р. И. Лоскутов, Е. Н. Лях, О. Н. Потемкин, Л. Н. Чиндяева. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2008. 304 с.
- Кириченко Н. И. Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* в Западной Сибири: некоторые экологические характеристики популяции недавнего инвайдера // Сиб. экол. журн. 2013. Т. 20. № 6. С. 813–822.
- Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Древесные растения Азиатской России. 2-е изд. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2012. 707 с.
- Лоскутов Р. И. Интродукция декоративных древесных растений в южной части Средней Сибири. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1991. 190 с.
- Мухина Л. Н., Серая Л. Г., Каптанова О. А. Мониторинг энтомо-фитопатологического состояния древесных растений Главного ботанического сада РАН // Лесохоз. информ. 2015. № 2. С. 57–63.
- Пономаренко М. Г., Синев С. Ю. Ypsolophidae // Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. 2-е изд. / ред. С. Ю. Синёв. СПб.: Зоол. ин-т РАН, 2019. С. 49–50.
- Серая Л. Г., Пашенова Н. В., Мухина Л. Н., Дымович А. В., Александрова М. С., Баранчиков Ю. Н. Повреждаемость видов рода *Abies* Mill. в коллекции Главного ботанического сада РАН уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus* Bland. и его грибными ассоциантами // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участ., посв. 70-летию созд. Ин-та леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, 16–19 сент. 2014 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 652–655.
- Agassiz D. *Ypsolopha chazariella* (Mann, 1866) // Fauna Europaea. 2023. http://www.faunaeur.org/full_results.php?id=434162
- Baraniak E., Walczak U., Gaedike R. The Plutellidae to Ypsolophidae in the Lepidoptera collection of Senckenberg Deutsches Entomologisches Institut. Contribution to the knowledge of Yponomeutoidea. X (Lepidoptera: Yponomeutoidea) // SHILAP Revista de lepidopterología. 2014. V. 42. Iss. 165. P. 83–90.
- Black R., Bartlett D. Biosecurity frameworks for cross-border movement of invasive alien species // Environ. Sci. & Policy. 2020. V. 105. P. 113–119.
- BOLD. *Ypsolopha chazariella*, 2023. https://boldsystems.org/index.php/Taxbrowser_Taxonpa_ge?searchMenu=taxonomy&query=Ypsolopha+chazariella&taxon=Ypsolopha+chazariella
- Bonnamour A., Blake R. E., Liebhold A. M., Nahrung H., Roques A., Turner R., Yamanaka T., Bertelsmeier C. Historical plant introductions predict current insect invasions // PNAS. 2023. V. 120. Iss. 24. Article e2221826120.
- Bradshaw C. J., Leroy B., Bellard C., Roiz D., Albert C., Fournier A., Barbet-Massin M., Salles J.-M., Simard F., Courchamp F. Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects // Nature Comm. 2016. V. 7. N. 12986. P. 1–8.
- Britton K. O., White P., Kramer F., Hudler G. A new approach to stopping the spread of invasive insects and pathogens: early detection and rapid response via a global network of sentinel plantings // New Zeal. J. For. 2010. V. 40. P. 109–114.
- De Groot M., O'Hanlon R., Bullas-Appleton E., Csóka G., Csiszár Á., Faccoli M., Gervasini E., Kirichenko N., Korda M., Marinšek A., Robinson N., Shuttleworth C., Sweeney J., Tricarico E., Verbrugge L., Williams D., Zidar S., Kus Veenvliet J. Challenges and solutions in early detection, rapid response and communication about potential invasive alien species in forests // Manag. Biol. Invas. 2020. V. 11. Iss. 4. P. 637–660.
- Ellis W. Leafminers and plant galls of Europe, 2023. <http://bladmineerders.nl/>
- Elton C. S. The ecology of invasions by animals and plants. 2nd ed. Switzerland: Springer, 2020. 181 p.
- Epanchin-Niell R. S. Economics of invasive species policy and management // Biol. Invas. 2017. V. 19. N. 4. P. 3333–3354.
- Eschen R., O'Hanlon R., Santini A., Vannini A., Roques A., Kirichenko N., Kenis M. Safeguarding global plant health: the rise of sentinels // J. Pest Sci. 2019. V. 62. N. 1. P. 29–36.
- Fagan L., Bithell S., Dick M. Systems for identifying invasive threats to New Zealand flora by using overseas plantings of New Zealand plants // Surveillance for biosecurity: pre-border to pest management. Proc. Symp. 11 Aug., 2008 Paia, New Zealand. The New Zeal. Plant Protect. Soc., Hastings, New Zealand, 2008. P. 51–62.
- Glossary of the main technical terms used in the handbook. Chapter 14 / P. Pyšek, P. E. Hulme, W. Nentwig; P. R. Hulme, D. B. Roy, N. Cunha, T.-B. Larsson (Eds.). DAISIE: Handbook of alien species in Europe. Dordrecht: Springer, 2009. P. 375–379.
- Kenis M., Li H., Fan J.-T., Courtial B., Auger-Rozenberg M.-A., Yart A., Eschen R., Roques A. Sentinel nurseries to assess the phytosanitary risks from insect pests on importations of live plants // Sci. Rep. 2018. V. 8. N. 11217. P. 1–8.
- Kenis M., Rabitsch W., Auger-Rozenberg M.-A., Roques A. How can alien species inventories and interception data help us prevent insect invasions? // Bull. Entomol. Res. 2007. V. 97. N. 5. P. 489–502.
- Kirichenko N. I. The lime leafminer *Phyllonorycter issikii* in Western Siberia: Some ecological characteristics of the population of the recent invader // Contemp. Probl. Ecol. 2014. V. 7. Iss. 1. P. 114–121 (Original Rus. text © N. I. Kirichenko, 2013, publ. in Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal. 2013. V. 20. N. 6. P. 813–822).

- Kirichenko N., Haubrock P. J., Cuthbert R. N., Akulov E., Karimova E., Shneyder Y., Liu C., Angulo E., Diagne C., Courchamp F. Economic costs of biological invasions in terrestrial ecosystems in Russia // *NeoBiota*. 2021. V. 67. P. 103–130.
- Kirichenko N., Kenis M. Using a botanical garden to assess factors influencing the colonization of exotic woody plants by phyllophagous insects // *Oecologia*. 2016. V. 182. N. 1. P. 243–252.
- Kirichenko N., Péré C., Baranchikov Yu., Schaffner U., Kenis M. Do alien plants escape from natural enemies of congeneric residents? Yes but not from all // *Biol. Invas.* 2013. V. 15. N. 9. P. 2105–2113.
- LAI.FI *Ypsolopha chazariella* in Finland, 2023. <https://laji.fi/en/taxon/MX.59089/occurrence>
- Liebholt A. M., Brockerhoff E. G., Garrett L. J., Parke J. L., Britton K. O. Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US // *Front. in Ecol. & Environ.* 2012. V. 10. N. 3. P. 135–143.
- Mansfield S., McNeill M. R., Aalders L. T., Bell N. L., Kean J. M., Barratt B. I., Boyd-Wilson K., Teulon D. A. The value of sentinel plants for risk assessment and surveillance to support biosecurity // *NeoBiota*. 2019. V. 48. P. 1–24.
- Mey W. *Ypsolopha chazariella* (Mann, 1866) in Potsdam – ein Erstnachweis für Deutschland. (Lepidoptera, Ypsolophidae) // *Märkische Entomol. Nachrichten*. 2014. V. 16. N. 2. P. 253–255.
- Migliorini D., Auger-Rozenberg M.-A., Battisti A., Brockerhoff E., Eschen R., Fan J.-T., Jactel H., Orazio C., Paap T., Prospero S., Ren L., Kenis M., Roques A., Santini A. Towards a global sentinel plants research strategy to prevent new introductions of non-native pests and pathogens in forests. The experience of HOMED // *Res. Ideas & Outcomes*. 2023. V. 9. Article e96744. P. 1–14.
- Musolin D. L., Kirichenko N. I., Karpun N. N., Akseenko E. V., Golub V. B., Kerchev I. A., Mandelshtam M. Y., Vasaitis R., Volkovitsh M. G., Zhuravleva E. N., Selikhovkin A. V. Invasive insect pests of forests and urban trees in Russia: origin, pathways, damage, and management // *Forests*. 2022. V. 13. N. 4. P. 1–60.
- Roques A., Fan J. T., Courtial B., Zhang Y.-Z., Yart A., Auger-Rozenberg M.-A., Denux O., Kenis M., Baker R., Sun J.-H. Planting sentinel European trees in eastern Asia as a novel method to identify potential insect pest invaders // *PLOS ONE*. 2015. V. 10. N. 5. Article e0120864. P. 1–19.
- Seebens H., Blackburn T. M., Dyer E. E., Genovesi P., Hulme P., Jeschke J. M., Pagad S., Pyšek P., Kleunen van M., Winter M., Ansong M., Arianoutsou M., Bacher S., Blasius B., Brockerhoff E. G., Brundu G., Capinha C., Causton C. E., Celesti-Grapow L., Dawson W., Dullinger S., Economo E. P., Fuentes N., Guénard B., Jäger H., Kartesz J., Kenis M., Kühn I., Lenzner B., Liebhold A. M., Moseña A., Moser D., Nentwig W., Nishino M., Pearman D. A., Pergl J., Rabitsch W., Rojas-Sandoval J., Roques A., Rorke S., Rossinelli S., Roy H. E., Scalera R., Schindler S., Štajerová K., Tokarska-Guzik B., Walker K. J., Ward D., Yamanaka T., Essl F. The global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools // *PNAS*. 2018. V. 115. N. 10. P. 1–10.
- Tomoshevich M., Kirichenko N., Holmes K., Kenis M. Foliar fungal pathogens of European woody plants in Siberia: an early warning of potential threats? // *For. Pathol.* 2013. V. 43. N. 5. P. 345–359.
- Valéry L., Fritz H., Lefeuvre J.-C., Simberloff D. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself // *Biol. Invas.* 2008. V. 10. P. 1345–1351.
- Veselkin D. V., Kuyantseva N. B., Chashchina O. E., Mumber A. G., Zamshina G. A., Molchanova D. A. Levels of leaf damage by phyllophages in invasive *Acer negundo* and native *Betula pendula* and *Salix caprea* // *Rus. J. Ecol.* 2019. V. 50. N. 6. P. 511–516 (Original Rus. text © D. V. Veselkin, N. B. Kuyantseva, O. E. Chashchina, A. G. Mumber, G. A. Zamshina, D. A. Molchanova, 2019, publ. in *Ekologiya*. 2019. N. 6. P. 403–409).
- World Flora Online. 2023. <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000515184>

THE DETECTION OF AN ALIEN LEPIDOPTERAN SPECIES ON MAPLES IN TWO SIBERIAN ARBORETA

N. I. Kirichenko^{1,2}, Yu. N. Baranchikov²

¹ 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

² Siberian Federal University
Prospekt Svobodny, 79, Krasnoyarsk, 660041 Russian Federation

E-mails: nkirichenko@yahoo.com, baranchikov_yuri@yahoo.com

Here we report about notable damage on the leaves of Tatar maple (*Acer tataricum* L.) in the arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (IF SB RAS) in the city of Krasnoyarsk and the Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (CSBG SB RAS) in the city of Novosibirsk. In 2008–2009 and 2023, on average up to 70 % of the apical leaves of Tatar maple were gnawed. At the same time, the damage caused to Amur maple (*A. tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm.), which grew next to Tatar maple in both arboreta, did not exceed 35 %. Insignificant characteristic damage (no more than 5 % of leaves in the lower part of the tree crown) was documented on the European maple (*A. platanoides* L.) in the IF SB RAS arboretum. There were no signs of damage on the European field maple (*A. campestre* L.) and the North American maple (*A. negundo* L.) in the IF SB RAS arboretum and CSBG SB RAS. According to characteristic features, in particular, tight trophic association with Tatar maple (main host), damage type (spinning leaves in early summer and noticeable nibbles on leaves by mid-summer), life cycle (larval development from about the mid May to the end of June, leaving leaf shelters before pupation), the presence of an alien species *Ypsolopha chazariella* (Mann, 1866) (Ypsolophidae, Lepidoptera) is suspected in two Siberian arboreta. The paper discusses the prospects of using arboreta and botanical gardens for the timely detection of alien insect pests.

Keywords: *Aser* spp., arboreta, introduced plants, *Ypsolopha chazariella*, notable damage, Siberia.

How to cite: Kirichenko N. I., Baranchikov Yu. N. The detection of an alien lepidopteran species on maples in two Siberian arboreta // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 100–108 (in Russian with English abstract and references).

РЕЦЕНЗИЯ

УДК 595.7 (075.8)

СОВРЕМЕННОЕ ПОСОБИЕ ПО НАСЕКОМЫМ-ВРЕДИТЕЛЯМ ЛЕСА

Ю. Н. Баранчиков

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

E-mail: baranchikov_yuri@yahoo.com

Поступила в редакцию 10.08.2023 г.

Представлен обзор содержания книги Allison J. D., Paine T. D., Slippers B., Wingfield M. J. (Eds.). *Forest entomology and pathology*. Vol. I. Entomology. Springer Nature: Cham, Switzerland, 2023. 810 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-11553-0>.

Ключевые слова: *Allison J. D., Paine T. D., Slippers B., Wingfield M. J., лесная энтомология, коллективная монография, рецензия.*

DOI: 10.15372/SJFS20230514

Лесные экосистемы не только покрывают треть поверхности земного шара, но и служат источником многочисленных древесных и недревесных продуктов, влияющих на нашу повседневную жизнь, средой обитания для различных сообществ животных, защитой водоразделов, играют решающую роль в круговороте воды, предотвращают эрозию почвы, смягчают эффекты глобального изменения климата. Помимо того, что насекомые являются богатейшей по видовому разнообразию и численности группой многоклеточных организмов в лесных экосистемах, они выполняют различные функции, многие из которых имеют решающее значение для здоровья лесов. И наоборот, некоторые виды насекомых повреждают деревья и снижают способность лесов обеспечивать желаемые экосистемные услуги.

Расширяющему свой профессиональный кругозор западному специалисту по защите леса грех жаловаться на дефицит книг-сводок как по отдельным группам лесных насекомых: короедам (Scolytinae Latreille) (Vega, Hofstetter, 2014; Gandhi, Hofstetter, 2022), усачам (Cerambycidae) (Wang, 2017), пилильщикам-рогохвостам (Siricidae) (Wagner, Raffa,

1993; Slippers et al., 2011) и в целом ксилофагам (Lieutier et al., 2007), галлообразователям (Shorthouse, Rohfritsch, 1992; Raman et al., 2005), листогрызам (Marquis, Koptur, 2022) и прочим, так и по экологии фитотрофных насекомых в целом (Strong et al., 1984; Barbosa, Shultz, 1987; Price, 1997; Schowalter, 2000; Speight et al., 2008; Price et al., 2011; Barbosa et al., 2012). Интересны сводки по методикам мониторинга и учета насекомых в лесу (Fettig et al., 2001; Leather, 2005; Dellinger et al., 2010), факторам устойчивости древесных растений (Mattson et al., 1988; Fritz, Simms, 1992; и др.), лесным насекомым-инвайдерам (Paine 2006; Poland et al., 2022), роли насекомых в лесу (Dajoz, 1992). Многочисленны региональные сводки по лесным насекомым (Beeson, 1941; Schabel, 2006). Со временем многие из этих книг появляются в свободном доступе. Студенты и аспиранты соответствующей специальности черпают свои знания из относительно недавно изданных учебников по лесной энтомологии (Allen, 1984; Coulson, Witter, 1984; Barbosa, Wagner, 1989; и др.). Последний подобный учебник издан в 2011 г. (Ciesla, 2011). Тем актуальней появление первого тома «Энтомология» двухтомника «Лесная энтомология и пато-

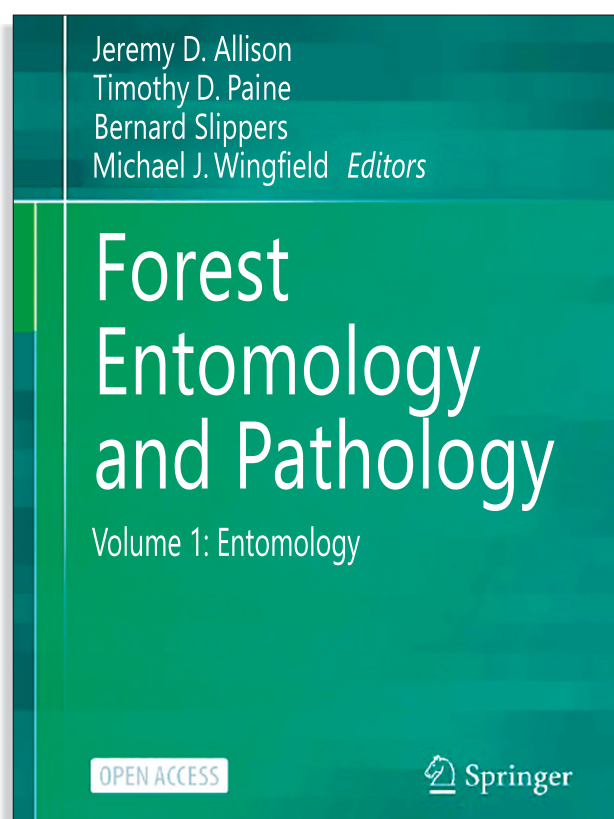


Рис. 1. Обложка первого тома *Forest Entomology and Pathology*, Springer, 2023.

логия», изданный Springer Nature (Allison et al., 2023) и, что крайне важно, сразу же открытый для свободного доступа (рис. 1).

Целевая аудитория читателей этой книги – студенты старших курсов, аспиранты и профессионалы, ученые и практики, специализирующиеся в разных направлениях лесной энтомологии и здоровья леса. Редакторы тома, известные специалисты в области защиты леса от насекомых и патогенов, сформировали творческий коллектив из 51 автора, который постарался изложить множество новых технологий, расширяющих наше понимание важности воздействия насекомых на лесные экосистемы и факторов, влияющих на их распространение и численность. Книга позволяет ознакомиться с новейшими разработками и литературой по этим проблемам.

Том состоит из четырех разделов. Первый раздел представляет собой серию из восьми глав, знакомящих с дисциплиной лесная энтомология. Сначала речь идет о насекомых в целом и об их важной роли в функционировании экосистем (глава 1), после чего следует общее обсуждение прямой связи между морфологией насекомых и особенностями их функционирования

(глава 2), и разнообразием членистоногих (с акцентом на насекомых) в лесных экосистемах (глава 3). Затем читатель знакомится с особенностями экологии насекомых (глава 4), их популяционной динамикой (глава 5), взаимодействием насекомых и их естественных врагов (глава 6) и взаимодействием насекомых и их кормовых растений (глава 7). Первый раздел завершается обсуждением роли насекомых в сукцессионных процессах лесных экосистем (глава 8).

В следующем разделе читатель знакомится с основными экологическими группами насекомых: листо- и хвоегрызущие (глава 9), короеды (глава 10), амброзialesные короеды (глава 11), другие ксилофаги (глава 12), сосущие (глава 13), галлообразователи (глава 14), вредители подраста, корней и ветвей (глава 15) и насекомые-обитатели репродуктивных органов деревьев (глава 16).

Третий раздел состоит из четырех глав, которые посвящены управлению популяциями лесных насекомых. Рассматриваемые темы включают в себя применение интегрированной защиты леса от вредителей (глава 17), пространственную динамику популяций лесных насекомых (глава 18), мониторинг и надзор за лесными насекомыми (глава 19), роль лесохозяйственных мероприятий в контроле численности вредителей (глава 20).

В последнем (четвертом) разделе основное внимание уделяется важным вопросам и концепциям, находящимся на острие современной лесной энтомологии. Конкретные темы, рассматриваемые в этом разделе, включают перспективы состояния и функционирования лесов в антропоцене (глава 21), влияние изменения климата на лесных насекомых и их воздействие на леса (глава 22), процессы инвазий дендрофильных насекомых и их контроль (глава 23).

Помещенная в свободном доступе книга вне сомнений послужит крайне полезным современным пособием не только для начинающих, но и для маститых специалистов по защите леса.

Тут необходимо отметить кардинальное отличие отечественных учебных пособий на сходную тему от рецензируемой книги и всех перечисленных выше иностранных изданий. Российские авторы пособий используют, так сказать, «авторитарный» метод изложения материала, особенно в его экспериментально-теоретической части. В их изложении получается, что в науке и практике защиты леса нет нерешенных вопросов, авторы выступают как

оракулы, излагающие раз и навсегда сформулированные кем-то истины. Именно «кем-то», так как ссылки на литературные источники обычно в этих пособиях сведены практически к нулю: в основном нашем современном учебнике по лесной энтомологии (Мозолевская и др., 2010) объемом в 415 страниц список литературы состоит из... 45 наименований, а в сопутствующем ему «Практикуме по лесной энтомологии» (Мозолевская и др., 2004) объемом в 269 страниц список еще более краткий – всего 16 наименований (!). С годами ситуация не меняется: в 177-страничном учебнике 2023 г. (Митюшев, 2023) список литературы также содержит лишь 47 публикаций. Сравните это с почти 3 тыс. источников у Р. W. Price и соавт. (2011), с 1 тыс. у Р. Barbosa и М. R. Wagner (1989) и у Т. D. Schowalter (2000) или хотя бы с 800 источниками у D. R. Strong и соавт. (1984). Не является исключением и рецензируемый том. Хотя книга в конце и не несет единого списка цитированной литературы, всего авторы 23 разделов использовали (и сослались в конце глав) на почти 4 тыс. статей и книг! Такой метод изложения распахивает перед любопытствующими читателями широкие двери в область их профессиональных интересов. Увы, в наших учебниках такая «дверь» вообще не предусмотрена.

К огромному сожалению, среди процитированных в книге 4 тыс. источников работы российских авторов представлены единично. Упомянуто чуть более 20 работ с участием Ю. Н. Баранчикова, Е. М. Данцига, Ю. И. Гниенко, А. С. Исаева, М. Г. Волковича, И. А. Керчева, Н. И. Кириченко, С. А. Кривец, О. А. Кулинича, А. В. Ковалева, В. С. Малютиной, М. Ю. Мандельштама, В. Г. Суховольского, О. В. Тарасовой, И. А. Уткиной, М. Я. Орловой-Беньковской, Е. Н. Пальниковой, Н. В. Пашеновой, В. М. Петько и В. И. Харука. Все эти труды были опубликованы на английском языке. Забавным исключением служит ссылка на русскоязычную статью Н. В. Пашеновой с соавт. из журнала «Защита и карантин растений» (Пашенова и др., 2011).

Появление еще более интересного т. 2 «Патология» (редакторы В. Slippers, M. Wingfield, T. Paine и J. Allison) ожидается также в текущем году.

Автор признателен Н. И. Кириченко и Д. Л. Мусолину за полезные замечания по начальному варианту статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Митюшев И. М. Лесная энтомология: учеб. пособ. для вузов. М.: Юрайт, 2023. 177 с.
- Мозолевская Е. Г., Белова Н. К., Лебедева Г. С., Шапана Т. В. Практикум по лесной энтомологии. М.: Академия, 2004. 269 с.
- Мозолевская Е. Г., Селиховкин А. В., Ижевский С. С., Захаров А. А., Голосова М. А., Никитский Н. Б. Лесная энтомология. М.: Академия, 2010. 415 с.
- Пашенова Н. В., Баранчиков Ю. Н., Петько В. М. Агрессивные офиостомовые грибы из ходов полиграфа уссурийского // Защита и карантин раст. 2011. Вып. 6. С. 31–32.
- Allen D. C. Principles of forest entomology: laboratory manual. Syracuse: Syracuse Univ. Press, 1984. 216 p.
- Allison J. D., Paine T. D., Slippers B., Wingfield M. J. (Eds.). Forest entomology and pathology. Vol. I. Entomology. Springer Nature: Cham, Switzerland, 2023. 810 p.
- Barbosa P., Letourneau D. K., Agrawal A. A. (Eds.). Insect outbreaks revisited. New York: John Wiley & Sons, 2012. 480 p.
- Barbosa P., Shultz J. C. (Eds.). Insect outbreaks. San Diego: Acad. Press, 1987. 592 p.
- Barbosa P., Wagner M. R. Introduction to forest and shade tree insects. San Diego: Acad. Press, 1989. 639 p.
- Beeson C. F. The ecology and control of the forest insects of India and the neighbouring countries. Aswant Singh, The Vasant Press, Dehra Dun., 1941. 1007 p.
- Ciesla W. M. Forest entomology: a global perspective. Chichester: John Wiley & Sons, 2011. 454 p.
- Coulson R. N., Witter J. A. Forest entomology: ecology and management. New York: John Wiley & Sons, 1984. 688 p.
- Dajoz R. Insects and forests. The role and diversity of insects in the forest environment. London, Paris, New York: Intercept Ltd., 1992. 668 p.
- Dellinger T. A., Fidgen J. G., Salom S. M. Sampling methods for forest and shade tree insects of North America. V. 2. USDA For. Serv. Morgantown, 2010. FHTET-2010-03. 347 p.
- Fettig C. J., Dellinger T. A., Fidgen J. G., Salom S. M. Sampling methods for forest and shade tree insects of North America. USDA For. Serv. Morgantown, 2001. V. 1. FHTET-2001-01. 273 p.
- Fritz R. S., Simms E. L. (Eds.). Plant resistance to herbivores and pathogens: ecology, evolution, and genetics. Chicago & London: Univ. Chicago Press, 1992. 590 p.
- Gandhi K. J., Hofstetter R. W. (Eds.). Bark beetle management, ecology and climate change. Amsterdam: Acad. Press; New York: Elsevier, 2022. 408 p.
- Leather S. R. (Ed.). Insect sampling in forest ecosystems. Oxford, UK: Blackwell Publ. Ltd, 2005. 316 p.
- Lieutier F., Day K. R., Battisti A., Gregoire J.-B., Evans H. F. (Eds.). Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis. Dordrecht: Springer. 2007. 569 p.
- Marquis R. J., Koptur S. (Eds.). Caterpillars in the middle. Trophic interactions in a changing world. Dordrecht: Springer, 2022. 642 p.
- Mattson W. J., Levieux J., Bernard-Dagan C. (Eds.). Mechanisms of woody plant defenses against insects. Search for pattern. N. Y.: Springer Verlag, 1988. 411 p.

- Paine T. D. (Ed.). Invasive forest insects, introduced forest trees, and altered ecosystems. Dordrecht: Springer, 2006. 196 p.
- Poland T. M., Patel-Weynand T., Finch D. M., Miniat C. F., Hayes D. C., Lopez V. M. (Eds.). Invasive species in forests and rangelands of the United States. A comprehensive science synthesis for the United States forest sector. Dordrecht: Springer, 2022. 455 p.
- Price P. W. Insect Ecology. New York: Wiley & Sons, 1997. 880 p.
- Price P. W., Denno R. F., Eubanks M. D., Finke D. L., Kaplan I. Insect ecology: behavior, populations and communities. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2011. 828 p.
- Raman A., Schaefer C. W., Withers T. M. (Eds.). Biology, ecology and evolution of gall-inducing arthropods. Enfield NH, USA: Sci. Publ., 2005. V. 1–2. 817 p.
- Schabel H. G. Forest entomology in East Africa. Forest insect of Tanzania. Dordrecht: Springer, 2006. 328 p.
- Schowalter T. D. Insect ecology: an ecosystem approach. San Diego: Acad. Press, 2000. 483 p.
- Shorthouse J. D., Rohfritsch O. Biology of insect-induced galls. Oxford, UK: Oxford Univ. Press, 1992. 285 p.
- Slippers B., de Groot P., Wingfield M. J. (Eds.). Sirex woodwasp and its fungal symbiont: research and management of a worldwide invasive pest. Dordrecht: Springer, 2011. 301 p.
- Speight M. R., Hunter M. H., Watt A. D. Ecology of insects. Concepts and applications. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2008. 641 p.
- Strong D. R., Lawton J. H., Southwood R. Insects on plants. Community patterns and mechanisms. Oxford, UK: Blackwell Sci. Publ., 1984. 313 p.
- Vega F. E., Hofstetter R. W. (Eds.). Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species. Acad. Press, 2014. 640 p.
- Wagner M., Raffa K. F. (Eds.). Sawfly life history. Adaptations to woody plants. San Diego, CA: Acad. Press, 1993. 581 p.
- Wang Q. (Ed.). Cerambycidae of the world. Biology and pest management. Boca Raton FL: CRC Press, 2017. 643 p.

MODERN TEXTBOOK ON FOREST INSECT PESTS

Yu. N. Baranchikov

*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: baranchikov_yuri@yahoo.com

The review of the book by Allison J. D., Paine T. D., Slippers B., Wingfield M. J. (Eds.). Forest entomology and pathology. Vol. I. Entomology. Springer Nature: Cham, Switzerland, 2023. 810 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-11553-0>

Keywords: Allison J. D., Paine T. D., Slippers B., Wingfield M. J., forest entomology, collective monograph, review.

How to cite: Baranchikov Yu. N. Modern textbook on forest insect pests // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 109–112 (in Russian with English abstract and references).

CONTENTS

<i>Yu. N. Baranchikov</i> Why Do We Need Arboretums?	3
LETTERS TO THE EDITORS	
<i>A. A. Ioffe</i> Arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences as an Element of Creating New Public Space in the city of Krasnoyarsk	7
<i>N. V. Pashenova, A. A. Pertsovaya, Yu. N. Baranchikov</i> The Problem of Induced Immunity in Conifers	10
SUMMARIZING ARTICLES	
<i>A. V. Pimenov, M. A. Kirienko, M. A. Plyashechnik, A. A. Aniskina, S. R. Loskutov</i> The Past and the Present of the Arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences	14
<i>Yu. I. Gninenko, N. V. Shiryayeva</i> Invaders and Specially Protected Natural Areas: Why is an Intruder Worse?	23
<i>T. S. Sedel'nikova, A. V. Pimenov, E. N. Muratova</i> Studies on Conifer Chromosomes Under Introduction in Botanical Gardens, Arboretums and Parks	32
EXPERIMENTAL ARTICLES	
<i>N. V. Astrakhantseva, L. G. Seraya, N. V. Pashenova, A. A. Kozhenkova, Yu. N. Baranchikov</i> Anatomical Features of the Bark as a Factor of Resistance of Fir Species to Population by the Four-Eyed Fir Bark Beetle	43
<i>N. N. Karpun, E. I. Shoshina, A. A. Plotnikov, S. G. Shevelev</i> Trophic Associations of Invasive Pests on the Basis of the Dendrological Collection of the "Yuzhnye Kul'tury" Dendropark	60
<i>A. S. Tret'yakova, E. V. Pis'markina, N. Yu. Grudanov, D. E. Zabuzhko</i> Composition and Invasion Activity of Woody Plants in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences	68
<i>I. A. Goncharova, M. A. Kirienko</i> The Structure of Living Ground Cover under the Various Tree Species Canopy in the Arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences	75
<i>M. I. Sedaeva</i> Introduction of Plants of the Genera Forsythia and Fraxinus in the Arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences	83
<i>Yu. V. Klad'ko, A. V. Ben'kova, L. N. Skripal'shchikova</i> Influence of Climatic Factors on Radial Growth of Scots Pine under the Conditions of Technogenic Pollution in the City of Krasnoyarsk	91
SHORT COMMUNICATION	
<i>N. I. Kirichenko, Yu. N. Baranchikov</i> The Detection of an Alien Lepidopteran Species on Maples in Two Siberian Arboreta	100
REVIEW	
<i>Yu. N. Baranchikov</i> Modern Textbook on Forest Insect Pests	109
* JUBILEE	
* A. V. Lebedev Valeriy Vasil'evich Kuzmichev (to 90 th Birthday)	
* IN MEMORIAM	
* Yu. N. Baranchikov Tamara Anatol'evna Vshivkova (1942–2022)	

* Article is published in online edition.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ю. Н. Баранчиков</i> Для чего нам дендрарии?	3
ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ	
<i>А. А. Иоффе</i> Дендрарий Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН как элемент создания нового общественного пространства города Красноярска	7
<i>Н. В. Пашенова, А. А. Перцовая, Ю. Н. Баранчиков</i> Проблема индуцированного иммунитета хвойных	10
ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ	
<i>А. В. Пименов, М. А. Кириенко, М. А. Пляшечник, А. А. Анискина, С. Р. Лоскутов</i> Прошлое и настоящее дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН	14
<i>Ю. И. Гниненко, Н. В. Ширяева</i> Инвайдеры и особо охраняемые природные территории: почему незваный гость хуже?	23
<i>Т. С. Седельникова, А. В. Пименов, Е. Н. Муратова</i> Исследование хромосом хвойных при интродукции в ботанических садах, дендрариях и парках	32
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ	
<i>Н. В. Астраханцева, Л. Г. Серая, Н. В. Пашенова, А. А. Коженкова, Ю. Н. Баранчиков</i> Анатомические особенности коры как фактор устойчивости видов пихт к заселению уссурийским полиграфом	43
<i>Н. Н. Карпун, Е. И. Шошина, А. А. Плотников, С. Г. Шевелев</i> Трофические связи инвазионных вредителей на базе коллекции дендропарка «Южные культуры»	60
<i>А. С. Третьякова, Е. В. Письмаркина, Н. Ю. Груданов, Д. Э. Забужко</i> Состав и инвазионная активность древесно-кустарниковых интродуцентов в Ботаническом саду УрО РАН	68
<i>И. А. Гончарова, М. А. Кириенко</i> Структура живого напочвенного покрова под пологом различных древесных видов в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН	75
<i>М. И. Седаева</i> Интродукция растений родов форзиция и ясень в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН	83
<i>Ю. В. Кладько, А. В. Бенькова, Л. Н. Скрипальщикова</i> Влияние климатических факторов на радиальный рост сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения г. Красноярска	91
КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ	
<i>Н. И. Кириченко, Ю. Н. Баранчиков</i> Обнаружение чужеродного вида молевидных чешуекрылых на кленах в сибирских арборетумах	100
РЕЦЕНЗИЯ	
<i>Ю. Н. Баранчиков</i> Современное пособие по насекомым-вредителям леса	109
* ЮБИЛЕЙ	
<i>* А. В. Лебедев</i> Валерий Васильевич Кузьмичев (к 90-летию со дня рождения)	
* ПАМЯТИ УЧЕНОЙ	
<i>* Ю. Н. Баранчиков</i> Тамара Анатольевна Вшивкова (1942–2022)	

* Статья публикуется в сетевом издании.