

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

ISSN 2311-1410

Сибирский лесной журнал

Номер 1
Январь–Февраль 2023



ФГБУ «Сибирское отделение
Российской академии наук»
Новосибирск

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

SIBERIAN JOURNAL OF FOREST SCIENCE

Number 1 January–February 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. Chimitdorziev (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. Usoltscev (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

№ 1 2023 Январь – Февраль

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. Шлоттгауэр (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: sibirskiiylesnoyjournal.pf, sibjforsci.com

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

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



Основная тематика журнала:

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

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

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

«Сибирский лесной журнал» включен в российскую систему научного цитирования eLibrary.ru (РИНЦ), международные реферативные базы данных: Ulrichsweb: Global Serials Directory, Directory of Open Access Journals (DOAJ), AGRIS, CABI Forest Science Database, Перечень периодических научных изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ (категория K1), готовится к включению в международные реферативные базы данных научной периодики и цитирования: Springer, Scopus, Web of Science. Полнотекстовые статьи размещаются на сайте журнала в сети: sibirskijlesnojzurnal.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 20.01.2023. Выход в свет 28.02.2023. Бумага типографская. Формат 60 × 84 1/8

Усл. печ. л. 14.9. Уч.-изд. л. 15.5. Тираж 100 экз. Заказ № 29. 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>

УДК 595.7+630.4

ПРЕДИСЛОВИЕ НАУЧНОГО РЕДАКТОРА ТЕМАТИЧЕСКОГО НОМЕРА «СИБИРСКОГО ЛЕСНОГО ЖУРНАЛА»

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 21.11.2022 г.

Представлен краткий обзор содержания статей первого тематического номера «Сибирского лесного журнала» 2023 г., посвященного современным проблемам защиты леса.

Ключевые слова: *Сибирский лесной журнал, 2023, № 1, защита лес, насекомые-вредители, патогены древесных растений, краткий редакторский обзор содержания тематического номера.*

DOI: 10.15372/SJFS20230101

В основу настоящего выпуска журнала положены статьи по докладам, представленным на Третьей Всероссийской конференции «Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике» (11–15 апреля 2022 г., Москва). Их объединяет лесозащитная тематика – важное направление науки о лесе.

«В будущее мы входим, оглядываясь на прошлое», – писал французский поэт и философ Поль Валери. Славному прошлому – самому началу становления лесной энтомологии и фитопатологии в России – посвящен обзор С. Э. Некляева и В. А. Липаткина. Он начат с книги Ф. Фокеля, вышедшей в 1752 г., предисловие к которой приписывают М. В. Ломоносову. Это единственный из рассмотренных в обзоре трудов, который был переиздан в XX в. (Фокель, 1996). Для знакомства с большинством остальных источников авторы связались с ведущими зарубежными и отечественными книгохранилищами, получили и изучили фотокопии трудов основоположников российской защиты древесных растений 1700–1800-х годов: В. С. Семенова (1809–1872), А. Ф. Рудзкого (1838–1901), Н. С. Шафранова (1844–1903), В. Т. Собичевского (1838–1913), П. В. Баранецкого и Ю. Т. Х. Ратцебурга (1801–1871). Обзор жизненного пути и

научно-организационного вклада в развитие лесоведения и лесоводства большинства основоположников науки о российском лесе можно найти в ряде книг (Выдающиеся деятели..., 1950; Редько Г. И., Редько Н. Г., 2003; и др.). Анализ основных трудов по защите леса представлен в данной публикации.

Две последующие статьи возвращают читателей к современности. Они посвящены законодательным и организационным проблемам мониторинга популяций стволовых вредителей и защите таежных лесов от их нападения.

В статье А. В. Селиховкина на примере ельников Ленинградской области показана неэффективность действующих нормативных актов по обеспечению санитарной безопасности в лесах. Это касается как шкалы категорий состояния хвойных деревьев, так и правил лесопатологического обследования и назначения санитарно-оздоровительных мероприятий. Высказаны предложения по изменению шкалы категорий состояния; рекомендовано не проводить санитарных рубок в небольших лесопатологических выделах внутри лесного массива в сырых типах леса, а также вывести из нормативно-правовой базы лесозащиты методы контроля распространения и размножения вредителей и патогенов, не связанные с вырубкой деревьев, и

предложить ответственным лесопользователям применять эти мероприятия на основе взаимодействия с уполномоченным органом субъекта Российской Федерации.

Сходные проблемы связаны с мониторингом и контролем популяций короедов-инвайдеров в Сибири. В статье С. А. Кривец с соавторами показаны объективные причины неэффективности современной защиты лесов от нового пришельца – союзного короеда: отсутствие информационного и научно-методического ее обеспечения с учетом особенностей биологии и экологии нового вредителя; отсутствие разработанной технологии практического применения защитных мероприятий в условиях специфического ведения хозяйства в кедровых лесах; законодательные коллизии. Авторы (в который раз!) подчеркивают недалекость чиновников Рослесхоза, игнорирующих научно-технический потенциал лесных научных учреждений РАН и Министерства науки и высшего образования РФ. Так, лишь наивной некомпетентностью можно объяснить дорогостоящую попытку борьбы в 2021 г. с союзным короедом с помощью феромона другого вида – короеда-типографа. Феромоны насекомых видоспецифичны по определению, а работа по идентификации агрегационного феромона короеда-инвайдера обычно занимает не один сезон. В случае, например, с уссурийским полиграфом результат был достигнут лишь на 4-й год исследований (Viklund et al., 2022). Детально проанализировав различные лесозащитные мероприятия и оценив их потенциал в предупреждении распространения союзного короеда, авторы констатируют, что единственным эффективным средством даже не остановить (что нереально), а хотя бы замедлить дальнейшее расселение вредителя и усыхание кедровых лесов, в настоящее время являются вовремя и качественно проведенные санитарные рубки в очагах размножения.

Некоторый оптимизм в возможности корректировки лесозащитного законодательства все же внушает изложенная Ю. И. Гниненко с соавторами история принятия Министерством природных ресурсов и экологии РФ (Минприроды) «Разъяснения о возможности использования энтомофагов для борьбы с инвазивными организмами в ООПТ». Громкий скандал с уничтожением в черноморских заповедниках самшита колхидского западным пришельцем – самшитовой огневкой (Musolin et al., 2022) угрожал повториться с насаждениями каштана, атако-

ванными каштановой орехотворкой. Оказалось, что Минприроды имеет право толковать и разъяснять формулировки федеральных законов, и эти толкования становятся основой для правоприменительной практики. В результате проблема была решена: в черноморские ООПТ был из Италии интродуцирован торимус – эффективный паразитоид орехотворки. В статье описаны методики содержания торимуса в лаборатории и предварительные результаты его выпуска в местообитаниях целевого вида вредителя.

В работе Н. И. Кириченко и соавторов дан обзор видов семейства молей-пестрянок – до недавнего времени малоизученных микрожуковкрылых, личинки которых обитают в минах листьев древесных растений Сибири. Из них в 2006–2018 гг. заметные повреждения древесным растениям причиняли 13, т. е. около шестой части от всего числа видов молей-пестрянок, известных в этой части России. Подъемы численности с сильной (50–75 % листьев с повреждениями) и сплошной (> 75 %) степенью повреждения листьев растений задокументированы для 9 видов молей-пестрянок, среди которых 5 видов – местные вредители тополей. Три вида молей-пестрянок чужеродны для Сибири. Все виды этого насекомого в основном вредят растениям в искусственных экосистемах Сибири – в городских насаждениях, парках, дендрариях, ботанических садах, лесопитомниках. Чужеродные виды пестрянок проникают в Сибирь с запада России как в результате прямых заносов, так и путем ступенчатых инвазий.

Лесному вредителю либо патогену совершенно не обязательно быть чужеродным, чтобы его биология долгое время оставалась загадкой для исследователей. Убедительным примером является системный сосудисто-паренхиматозный бактериоз – водянка хвойных, поразивший в последнее десятилетие огромные территории горных кедровых лесов от Бурятии до Хакасии (Воронин и др., 2013). Об исключительной актуальности этой проблемы написали в опубликованном в данном выпуске письме в редакцию сотрудники филиала Российского центра защиты леса – Центра защиты леса Красноярского края Е. А. Шилкина и В. В. Солдатов. В статье И. Д. Гродницкой с соавторами впервые сделана попытка с помощью молекулярно-генетических методов выявить основных представителей эндوفитного микробиома «мокрой древесины» сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), пораженной бактериальной водянкой. Среди

выделенных и идентифицированных штаммов не обнаружено бактерий рода *Erwinia*, зато найденные *Rouxiella chamberiensis* Le Flèche-Matéos et al. и *Ewingella americana* Grimont et al., *Stenotrophomonas rhizophila* Wolf et al. и *Bacillus pumilis* Meyer and Gottheil проявляли выраженные вирулентные свойства по отношению к индикаторным растениям и влияли на рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной.

Поиск методик оценки фитотоксичности патогена – важное направление лесной микробиологии и патологии. Особенно важны в этом отношении исследования инвазионных видов. Один из них – гриб *Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al., вызывающий халаровый некроз ветвей ясеня, или ash dieback по-английски. Это заболевание ясеня (в основном, ясеня европейского) уже почти 30 лет бушует в большинстве стран Европы (Dieback..., 2017). Н. В. Пашенова с соавторами показали перспективность изучения фитотоксичности упомянутого гриба в лабораторных условиях на высечках листьев 2 видов ясеня: *Fraxinus mandshurica* Rupr. и *F. pennsylvanica* Marsh. Интересно, что этот метод оказался пригоден лишь для оценки факторов патогенности гриба, действующих при заселении листьев ясеней, но не их стволов либо ветвей.

История дефолиаций лиственницы сибирским шелкопрядом в предгорьях Кузнецкого Алатау в период с 1740 г. восстановлена Д. А. Демидко и соавторами с помощью дендрохронологических методов. Радиальный прирост на шести пробных площадях сравнительно небольшого (15 на 15 км) региона показал 31 период дефолиации почти за три столетия. При этом интервал между дефолиациями постепенно снижался с 10–11 лет до конца XIX в. до 7 и 4–6 лет в 1930-х и с 1940-х годов соответственно. В статье обсуждаются вероятные причины подмеченных изменений.

Заканчивается выпуск хроникальным отчетом о Третьей Всероссийской конференции «Мониторинг и биологические методы контро-

ля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике», прошедшей в Москве 11–15 апреля 2022 г., как и ранее, на базе Главного ботанического сада РАН.

В сетевом издании выпуска традиционно помещен раздел «Памяти ученого». В этот раз он посвящен американскому лесному энтомологу Уильяму (Биллу) Воллнеру (1936–2020), исследователю азиатской расы непарного шелкопряда. Билл в 1990-х годах плотно работал с сибирскими и дальневосточными лесными энтомологами по вопросам распространения и экологии лесных насекомых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воронин В. И., Морозова Т. И., Ставников Д. Ю., Нечесов И. А., Осолков В. А., Буянтуев В. А., Михайлов Ю. З., Говорин Я. В. Бактериальное повреждение кедровых лесов Прибайкалья // Лесн. хоз-во. 2013. № 3. С. 39–41.
- Выдающиеся деятели отечественного лесоводства: сб. ст. / В. Г. Нестеров, ред. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1950. 172 с.
- Редько Г. И., Редько Н. Г. Лесное хозяйство России в жизнеописании его выдающихся деятелей: Биографический справочник. М.: МГУЛ, 2003. 392 с.
- Фокель Ф. Г. Собрание лесной науки. Ч. 1. Описание естественного состояния растущих в северных российских странах лесов с различными применениями и наставлениями, как оныя разводить. СПб.; Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1996. 207 с.
- Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.). Consequences and guidelines for sustainable management / R. Vasaitis, R. Enderle (Eds.). Uppsala: Swed. Univ. Agr. Sci.: SLU Service/Repro, 2017. 299 p.
- Musolin D. L., Kirichenko N. I., Karpun N. N., Aksenenko E. V., Golub V. B., Kerchev I. A., Mandelshtam M. Y., Vasaitis R., Volkovitch 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. Article number: 521. 60 p.
- Viklund L., Baranchikov Y., Schroeder M., Efremenko A., Demidko D., Hedenström E. Identification of sex-specific compounds in the invasive four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* // Chemoecology. 2022. V. 32. Iss. 4–5. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00049-022-00377-5>

FOREWORD FROM THE SCIENTIFIC EDITOR FOR THEMATIC ISSUE OF THE «SIBERIAN JOURNAL OF FOREST SCIENCE»

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, is presented, dedicated to forest protection problems in Russia.

Keywords: *Siberian Journal of Forest Science, 2023, N. 1, forest protection, insect pests, woody plant pathogens, brief editorial review of the thematic issue contents.*

How to cite: *Baranchikov Y. N. Foreword from the scientific editor for thematic issue of the Siberian Journal of Forest Science // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 3–6 (in Russian with English abstract and references).*

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 632.3.01/08

БАКТЕРИАЛЬНАЯ ВОДЯНКА ХВОЙНЫХ: РУБИТЬ НЕЛЬЗЯ СОХРАНИТЬ?

Е. А. Шилкина, В. В. Солдатов

Филиал Российского центра защиты леса – Центр защиты леса Красноярского края
660036, Красноярск, Академгородок, 50а/2

E-mail: shilkinaea@rcfh.ru, soldatovvv@rcfh.ru

Поступила в редакцию 16.12.2022 г.

Обсуждается проблема заражения и гибели ценных кедровых и пихтовых насаждений Байкальской особо охраняемой природной территории в результате распространения бактериальной водянки хвойных на тысячах гектаров. Заболевание обнаружено в Жигаловском, Качугском, Нижнеудинском, Слюдянском, Усть-Удинском и Шелеховском лесничествах Иркутской области, а также в Гусиноозерском, Бабушкинском, Улан-Удэнском и Прибайкальском лесничествах Республики Бурятия. Ослабленные бактериальной водянкой деревья кедра и пихты повреждаются вторичными стволовыми вредителями – короедом шестизубчатым, стенографом (*Ips sexdentatus* Boern.), древесинником хвойным полосатым (*Trypodendron lineatum* Oliv.), черным пихтовым усачом (*Monochamus urusovi* Fischer), которые ослабляют поврежденные насаждения, приводя их к гибели, создавая миграционные очаги, и являются переносчиками болезни. Для проведения необходимых санитарно-оздоровительных лесозащитных мероприятий, устранения и недопущения распространения инфекции, рассматривается вопрос о возможности применения выборочных санитарных рубок сухостойных и зараженных бактериальной водянкой насаждений в прибайкальской территории.

Ключевые слова: массовое усыхание хвойных лесов, проблемы защиты леса от бактериальных заболеваний, экономический и экологический ущерб, Байкальская особо охраняемая природная территория.

DOI: 10.15372/SJFS20230102

Набирающее силу массовое усыхание хвойных лесов прибайкальской и ряда других территорий, вызванное бактериальной водянкой, уже не раз отмечалось службой лесозащиты при обсуждении актуальных лесопатологических проблем. Упомянутое заболевание известно многим поколениям лесопатологов как некогда досаждавшее главным образом березнякам и незначительно – хвойным породам. Если ранее водянка не приводила к заметным экономическим и экологическим последствиям, то сегодня мы наблюдаем, как повреждаются и гибнут ценные кедровые и пихтовые насаждения на тысячах гектаров.

Согласно данным Центра защиты леса Иркутской области, общая площадь выявленных повреждений от бактериальной водянки на период 2022 г. составляет 67 тыс. га, из них усохло 5.7 тыс. га кедровых лесов (Прогноз..., 2021).

Очаги бактериальных заболеваний в насаждениях данного региона отмечены на площади более 3.7 тыс. га (Реестр..., 2022). По результатам наземных и дистанционных наблюдений заболевание обнаружено на территории семи лесничеств – Жигаловском, Качугском, Нижнеудинском, Слюдянском, Усть-Удинском, Шелеховском, Усольском (Воронин и др., 2013; Морозова, Сурдина, 2013; Черпаков, 2019).

Похожее происходит и в Бурятии. Площадь действующих очагов бактериальных заболеваний на территории республики составила в 2022 г. более 15 тыс. га (Реестр..., 2022). На данный момент заболевание зарегистрировано Центром защиты леса Республики Бурятия и другими исследователями в Гусиноозерском, Бабушкинском, Улан-Удэнском, Кабанском и Прибайкальском лесничествах, а также в Бай-

кальском заповеднике (Воронин и др., 2013; Черпаков, 2019).

Диагностические признаки и последствия поражения водянкой выявлены у кедра и пихты всех возрастов: наблюдается куртинное ослабление и усыхание деревьев, повреждение или отмирание коры отдельными участками, хвоя с поврежденных ветвей осыпается, наблюдается смолотечение, на поперечных срезах модельных деревьев имеются мокрые патологические ядра округлой, лопастной или звездчатой формы в стволе, присутствует специфический запах (Рыбалко, Гукасян, 1986; Воронин и др., 2013; Гродницкая и др., 2018).

Пораженные бактериальной водянкой деревья повреждаются вторичными стволовыми вредителями, которые, в свою очередь, ослабляют поврежденные насаждения, приводя их к гибели, создавая миграционные очаги, и являются переносчиками болезни (Рыбалко, Гукасян, 1986; Черпаков, 2014).

Генетическими анализами кернов и спилов древесины пораженных деревьев при поиске возбудителей заболевания в разное время занимались специалисты Института леса НАН Беларуси, Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН, Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, а также Бурятского и Красноярского центров защиты леса. В результате консолидированное мнение исследователей сводится к тому, что заболевание бактериальной водянкой – комплексное, в патологический процесс могут быть вовлечены разнообразные, в том числе непатогенные микроорганизмы, возможно неодинаковые для разных лесных пород (Якоцук, 2016; Гродницкая и др., 2018).

Также нельзя не учитывать тот факт, что у многих древесных растений влажная древесина является нормальным состоянием сердцевины. Она может образовываться в условиях, исключающих рост бактерий. Другими словами, не всегда бактерии служат причиной возникновения мокрой древесины. Факт присутствия бактериальной микрофлоры в дереве с влажной древесиной также не свидетельствует о наличии патологии. Более того, в литературе имеются сведения, что бактерии способствуют предотвращению проникновения грибов, вызывающих гнили: будучи заселенной облигатными и факультативными анаэробными бактериями, древесина практически лишена доступного кислорода, что делает ее слабо пригодной для развития грибов (Worrall, Parmeter, 1982a, b; Field guide..., 2010).

Повышенную влажность древесины пихты белой (white fir), согласно исследованиям J. J. Worrall и J. R. Parmeter (1982a, b), могут вызывать механические повреждения ствола, гибель паренхимы в результате заражения деструктивными грибами (*Heterobasidion annosum*), инфекция фитопатогенными и сопутствующими бактериями, поэтому четкое разделение понятий мокрой древесины для нормального и патологического состояний деревьев, а также изучение патогенеза собственно заболевания бактериальной водянкой являются актуальными вопросами для современной лесной фитопатологии.

В законодательном поле также имеются препоны для борьбы с заболеванием. С целью недопущения распространения болезни от больных растений на здоровые, источники заражения следует устранять, т. е. вырубать. И если с рубкой полностью погибших, сухостойных кедров проблем возникать не должно, то что делать с ослабленными болезнью, но еще живыми кедровыми, рубить которые запрещено, тем более в особо охраняемой прибайкальской зоне? Как соблюсти закон и устранить источник инфекции для близлежащих лесных массивов? Помогут ли решить проблему выборочные санитарные рубки?

Пока у лесозащиты вопросов больше, чем научно обоснованных ответов. А ценные кедровые, пихтовые леса продолжают гибнуть. Виноваты ли в происходящем изменение климата и гидрологического режима, бесконтрольная добыча ореха с использованием околота кедровых деревьев либо мы имеем дело с новым агрессивным возбудителем болезни или целыми микробными комплексами? Возможно, срочно требуется изменение лесного законодательства в вопросе проведения санитарно-оздоровительных мероприятий в особо защитных участках леса, очевидно одно – проблеме бактериальной водянки необходимо уделить особое, пристальное внимание.

Обозначенный вопрос планируется к обсуждению весной 2023 г. в рамках одного из круглых столов Координационного совета Межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение». Заинтересованные стороны могли бы принять активное участие в работе данного мероприятия и обозначить свое мотивированное мнение по любым аспектам, касающимся изучения бактериальной водянки, предотвращению ее распространения и снижения приносимого экономического и экологического ущерба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воронин В. И., Морозова Т. И., Ставников Д. Ю., Нечесов И. А., Осолков В. А., Буянтуев В. А., Михайлов Ю. З., Говорин Я. В. Бактериальное повреждение кедровых лесов Прибайкалья // Лесн. хоз-во. 2013. № 3. С. 39–41.
- Гродницкая И. Д., Трусова М. Ю., Сенашова В. А., Кондакова О. Э., Шкода В. Н., Баранчиков Ю. Н. Предварительные данные о составе эндофитной микрофлоры, ассоциированной с бактериальной водянкой хвойных в Прибайкалье // X чтения памяти О. А. Катаева «Дендробионтные беспозвоночные животные, грибы и их роль в лесных экосистемах»: Материалы междунар. конф. Т. 2: Фитопатогенные грибы, вопросы патологии и защиты леса, Санкт-Петербург, 22–25 октября 2018 г. СПб.: СПбГЛТУ, 2018. С. 15–16.
- Морозова Т. И., Сурдина В. Г. Бактериальная водянка хвойных в Байкальской Сибири // Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке: Материалы междунар. науч. конф. СПб.: Копи-Р Групп, 2013. 400 с.
- Прогноз состояния насаждений Иркутской области, 2021. <https://irkutsk.rcfh.ru/presscenter/novosti/prognost-sostoyaniya-nasazhdeniy-irkutskoy-oblasti/>
- Реестр лесных участков, занятых поврежденными и погибшими лесными насаждениями, в разрезе субъектов Российской Федерации на 01 декабря 2022 г. https://rosleshoz.gov.ru/activity/forest_security_and_protection/stat
- Рыбалко Т. М., Гукасян А. Б. Бактериозы хвойных Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 84 с.
- Черпаков В. В. Насекомые-ксилофаги – переносчики и симбионты патогенной микрофлоры древесных пород // Изв. СПб гос. лесотех. акад. 2014. Вып. 207. С. 71–83.
- Черпаков В. В. Бактериальная водянка в темнохвойных лесах Хамар-Дабана (Южное Прибайкалье) // Актуал. пробл. лесн. комплекса. 2019. № 55. С. 110–116.
- Якоуц И. А. Выявление возбудителей «бактериальной водянки» у сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) в Тункинском национальном парке: магист. дис.: 06.04.01. Красноярск: СФУ, 2016. 150 с.
- Field guide to diseases & insects of the Rocky Mountain Region [WWW Document] // Rocky Mountain Region, Forest Health Protection. 2010. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-241 Fort Collins, CO: USDA, For. Serv., Rocky Mountain Res. St. 336 p. https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5262952.pdf
- Worrall J. J., Parmeter J. R. Formation and properties of wetwood in white fir // Phytopathology. 1982a. V. 72. N. 9. P. 1209–1212.
- Worrall J. J., Parmeter J. R. Wetwood formation as a host response in white fir // Eur. J. For. Path. 1982b. V. 12. N. 6. P. 432–441.

BACTERIAL WETWOOD IN CONIFERS: TO CUT OR PRESERVE?

E. A. Shilkina, V. V. Soldatov

Center of Forest Protection of Krasnoyarsk Krai, Branch of the Russian Center of Forest Protection
Akademgorodok, 50a/2, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

E-mail: shilkinaea@rcfh.ru, soldatovvv@rcfh.ru

The problem of infection and death of valuable Siberian stone pine and fir stands of the Baikal specially protected natural territory as a result of the spread of bacterial dropsy of conifers over thousands of hectares is discussed. The disease was found in Zhigalovskiy, Kachugskiy, Nizhneudinskiy, Slyudyanskiy, Ust-Udinskiy and Shelekhovskiy forestry districts of Irkutsk Oblast, as well as in Gusinoozerskiy, Babushkinskiy, Ulan-Udinskiy and Pribaikal'skiy forestry districts of the Republic of Buryatia. Siberian stone pine and fir trees weakened by bacterial dropsy are damaged by secondary stem pests, such as the six-toothed bark beetle (stenographer) *Ips sexdentatus* Boern., the striped coniferous lumberjack *Trypodendron lineatum* Oliv., the black fir barbel *Monochamus urussovi* Fischer, which in turn weaken the damaged stands, leading them to death, creating migratory foci, and are carriers of the disease. In order to carry out the necessary health-improving forest protection measures, eliminate and prevent the spread of infection, the question is raised about the possibility of using selective forest health felling of dry stands and stands infected with bacterial dropsy in the Baikal specially protected natural territory.

Keywords: mass drying of coniferous forests, problems of forest protection from bacterial diseases, economic and environmental damage, Baikal specially protected natural territory.

How to cite: Shilkina E. A., Soldatov V. V. Bacterial wetwood in conifers: to cut or preserve? // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 7–9 (in Russian with English abstract and references).

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

УДК: 632.911+632.915

Светлой памяти
доктора сельскохозяйственных наук
В. Я. Курамина
посвящается

НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП СТАНОВЛЕНИЯ НАУКИ О ЗАЩИТЕ ЛЕСА В РОССИИ

С. Э. Некляев¹, В. А. Липаткин²

¹ ГКУ МО «Мособллес»

143082, Московская обл., Одинцовский р-н, с/п Барвихинское, д. Раздоры,
1-й км Рублево-Успенского шоссе, д. 1, корп. А

² Мытищинский филиал Московского государственного технического университета
имени Н. Э. Баумана 141005, Московская обл., Мытищи, ул. 1-я Институтская, 1

E-mail: svyatoslav.neklyayev@mosoblles.com, lipatkin@mgul.ac.ru

Поступила в редакцию 23.06.2022 г.

Как и большинство практически ориентированных специализаций лесного дела, отечественная защита леса прошла большой исторический путь становления. Первые попытки описания вредителей леса и мер борьбы с ними можно увидеть в вышедшей в 1752 г. книге Ф. Г. Фокеля «Собрание лесной науки». Одной из отправных точек лесозащиты можно считать опубликованное в 1843 г. «Руководство для офицеров Корпуса лесничих «Лесоохранение», составленное В. С. Семеновым. Десятая глава работы по сути стала первой в России инструкцией по выявлению вредных организмов. В 1843–1845 гг. Департамент корабельных лесов выпустил «Лесной словарь», подготовленный под руководством В. Е. Врангеля. В нем было описано 76 видов вредителей и более 20 видов энтомофагов, а также впервые указаны причины болезней. В 1869 г. вышла «Справочная книга для лесничих. Ч. 1» А. Ф. Рудзкого, включающая значительный раздел по защите леса от вредителей. В 1872 г. Н. С. Шафранов опубликовал первое специализированное пособие под названием «Лесоохранение». В книге подробно рассматривались причины массового размножения насекомых-вредителей, а также технологии по снижению их численности. Впервые уделялось внимание снижению товарной ценности древесины, вопросам ее последующей реализации, а также процессу ослабления и гибели дерева. В 1875 г. вышла в свет вторая редакция «Лесоохранения», в котором отдельная часть посвящалась грибам, вызывающим болезни и гнили деревьев. В ней Н. С. Шафранов воспользовался результатами исследований Г. А. де-Бари, Г. М. Вилькомма, Р. Гартига. В 1880 г. для лесовладельцев, лесничих и слушателей лесных курсов П. В. Баранецкий опубликовал книгу «Лесоохранение», которая стала прообразом современной системы патологии леса.

Ключевые слова: лесная энтомология, корпус лесничих, лесная фитопатология, история защиты леса, история лесного хозяйства.

DOI: 10.15372/SJFS20230103

ВВЕДЕНИЕ

При постоянном совершенствовании академических курсов по лесной энтомологии, лесной фитопатологии и лесозащите зачастую из поля зрения выпадают персоналии, совер-

шившие первые шаги в этих науках. При этом подходы, методы и основы знаний о биологии вредных организмов, собранные первопроходцами, быстро превращаются в данность, в своеобразную аксиому. Незнание исторического опыта лесозащиты приводит к «изобретению ко-

леса», ощущению «первооткрывателей» у многих молодых специалистов. Мы полагаем, что существует острая необходимость в изучении и анализе «скрытых вихрем эпох и идеологий» страниц развития лесозащиты, методик, подходов и объектов исследований.

К сожалению, большинство печатных работ отечественных и зарубежных исследователей XVIII–XIX вв. сохранились в единичных экземплярах, доступ широкого круга специалистов к ним затруднен. В процессе работы над обзором авторы обратились за помощью к коллегам из Российского музея леса, Национальной электронной библиотеки России, Баварской государственной библиотеки (Bayerische Staatsbibliothek, Германия), Мюнхенского центра цифровизации – Цифровой библиотеки (Münchener Digitalisierungs Zentrum Digitale Bibliothek, Германия), Библиотеки наследия биоразнообразия (The Biodiversity Heritage Library, Великобритания). Благодаря их содействию были найдены и изучены многие уникальные работы XVIII и XIX вв.

РАЗВИТИЕ ИДЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЛЕСОЗАЩИТЫ

Ранние примеры описания вредителей леса в России. В самом начале развития лесного дела в России была отмечена важность своевременного выявления повреждений леса насекомыми-фитофагами как одного из наиболее разрушительных негативных воздействий на лес. В начале XVIII в. Фердинанд Габриель Фокель – «искусный форстмейстер», как его охарактеризовала Санкт-Петербургская Академия наук, провел в Ензелинской провинции Лифляндии первые обследования зараженных насекомыми лесов на о. Обро (современное название – о. Абрука, в XIX в. – Эзельский уезд Лифляндской губернии, в настоящее время – уезд Сааремаа, Эстония). Свои наблюдения и практические опыты он изложил в 1752 г. в труде «Собрание лесной науки» (Фокель, 1996), где описал с иллюстрациями 15 древесных и 11 кустарниковых пород, привел результаты наблюдений по плодоношению, сбору, переработке и хранению семян, срокам посева, выращиванию посадочного материала, отметил лекарственные свойства некоторых деревьев и кустарников, представил сведения о пороках древесины, гнилях и вредителях, при этом автор ссылаясь на немецкие и шведские источники по лесоводству, на произ-

ведения средневековых и современных ему писателей (Фокель, 1996).

Наиболее подробно Ф. Г. Фокель описал выявленные повреждения у дуба и лиственницы, коротко каснулся ели, осины, вяза и черемухи. Подробно разбирая биологию дуба, он глубоко погрузился в поиск причин гнилей: «Я долго и прилежно помышлял о сем деле, но напоследок чрез разные опыты узнал, что та хворость в дубе от стужи и теплоты происходит; ибо когда заболонь морозом хватит, и от того ядро созреть не может, то либо бело останется, или в красную гниль обратится. Зяблыя выпуклыя и ветренныя расседины от того происходят, когда сочные здоровые дубовые деревья от стужи лопаются и в росте помалу истаевают, так что напоследок от того у онаго дерева делается выпуклость подобна брюху. Из оных дубов некоторые иногда здоровые части в себе имеют, а особливо, когда еще в силе лет своих стоят, и расседины внутри еще не вовсе почернели, называются ветреничные, брюшистые и черномохнатые дубы, кои под старость обыкновенно в земляную гнилость и пустоту обращаются» (Фокель, 1996, с. 83). При этом при выявлении гнилей он рекомендовал пользоваться буровом: «Ядро облупистаго дуба с наружи познать неможно, чего ради должно изведывать буровом. Оные дубы суть такового качества, что хотя здоровы и деревом тверды, однако потом, как срубленные в доски распиливать, щелятся и раскалываются; и так сия хворость есть причиною, что они напоследок в земляную гнилость и пустоту превращаются» (Фокель, 1996, с. 84).

Достаточно подробно были описаны два вида гнили: красная и белая. В качестве борьбы с ними он рекомендовал вырубку: «Все вышеупомянутые повредившиеся дубы надлежит, как скоро такие вредности усмотрены будут, вырубить, чтоб от тех другие не заражались, но имели бы пространство, и на их места лучшие вырасти могли. Чрез сие подается такому месту вольный воздух ко отвращению помянутых повреждений. Самое лучшее средство в том состоит, чтоб в такие места скотину пускать, дабы воздух по временам прохватывал оные деревья до кореня, и от всякой излишней сырости очищать мог» (Фокель, 1996, с. 84).

Особенно стоит отметить наблюдения за «червями»: процессы повреждения дуба и лиственницы вредителями сопровождались опытами и попытками найти способы уничтожения стволовых вредителей. Фокель проверил теории как древних авторов, так и современников: «Он

же Флорин и другие славные писатели, как-то Витрувий и Плиний пишут, что дерево около корня снизу в круг глубоко обрубать так должно, чтоб только устоять до тех пор могло, пока мокрота из него вытечет. Другие же и такого мнения были, чтоб сверх того и ветви обрубать; а дабы такое дерево не столь большие ветреные расщелины получить могло, то те подрубленные места глиною замазывать: токмо я, сомневаясь о том, думаю, что-то было только одно мнение славных древних людей, без действительных опытов; ибо по опытам узнали бы они, что такие деревья, до того, как высохнут, червями источены бывают». «Хотя я сему двоекратно начинал делать опыты... мною усмотрено, что деревья скоро по снятии коры почернели; а как обмохнатели, то в тех местах, где воздух сильно прохватить не мог, нашлись малые черви, и чрез увеличительное стекло можно было видеть подделанные ими в мохнатости малые дорожки» — продолжает автор (Фокель, 1996, с. 86–87).

Проводя опыты на лиственнице, Ф. Г. Фокелю даже удалось вывести жуков из «червей»: «Для исследования сего, срубив я зимою одно лиственничное здоровое дерево, взял от онога отрубков с корою, в последующее лето, когда хотел я оное осмотреть, тогда явились под корою толстые длинные черви, от коих потом родились жуки, которые лыко и заболонь до самого ядра проточили. А понеже она часть была здорового дерева, и при срубке никакого повреждения в ней было невидно, то из того явствует, что лыко, как есть жирная под корою часть, по срубке повредилась; того ради надлежит, как скоро леса на потребу срубятся, кору снимать, дабы мягкая лыковатая часть, которая при вешней и летней теплоте и сырости под корою мякнет и густеет до снятия коры, под которою черви зарождаются, не пришла в повреждение. Впрочем, дерево, с которого кора снята, скоро сохнет, и питание оным червям пресечением сока отъемлет» (Фокель, 1996, с. 164).

Для последующего развития идей о защите леса от вредителей ценны его наблюдения о регулярности и причинах массовой гибели еловых лесов от стволовых вредителей: «Впрочем, что до состояния долговременности еловых деревьев касается, то оная такой же, или еще и большей, нежели сосна гнилости и хворости подвержены; ибо довольно известно, что такие леса целыми местами засыхают, ветер их вышатывает и черви точат. Но от чего такая вредность в них происходит, и какие в рассуждении того были различные мнения, о том пространнее будет упомянуто

во второй части о содержании лесов; ибо я подлинно в здешней северной стороне в великих нерегулярных лесах более знания о том получил, нежели в регулярных, где уже за многим лета до сего учреждения сделаны, как предупреждать помянутым вредности, которых прямой причины многим и видеть не случилось» (Фокель, 1996, с. 182).

Необходимо признать, что Фокель заложил основы наблюдения за здоровьем леса. По мнению некоторых исследователей, анонимным автором предисловия к печатному изданию был М. В. Ломоносов, который отмечал: «Книга сия, столько нужного и полезного в себе заключает, что всякого домостроителя и любопытного человека к себе привлечь, и к точнейшему исследованию лесного в России искусства побудить может, тем больше, что о свойстве и разведении растущих у нас лесов никто еще ничего не писал...» (Фокель, 1996, с. 61–62).

Защита лесов от вредителей как одна из задач Корпуса лесничих. Точкой отсчета системного подхода к определению вредителей леса и борьбы с ними необходимо считать «Руководство для офицеров Корпуса лесничих «Лесоохранение», составленное подполковником Корпуса лесничих Василием Семеновичем Семеновым, опубликованное в 1843 г. по поручению Министерства государственных имуществ. Руководство содержит разъяснения о характере вредности различных негативных факторов, а также рекомендации по выявлению повреждений и снижению ущерба от них. Семь из 10 глав фактически касаются лесозащитного дела, такие как: «О вреде мороза и засухи», «О вреде от снега, инея и ожеледи», «О вреде от ветра», «О вредном влиянии и истреблении сорных растений», «Об отвращении вреда от некоторых зверей и птиц», «Об отвращении вреда домашней скотины», «Об истреблении вредных насекомых» (Семенов, 1843) (рис. 1).

Руководство приводит первую лесохозяйственную классификацию вредителей, разделяя их на «умершвляющие и повреждающие большие деревья» и «умершвляющие и повреждающие молодые деревья». В первую группу входят: короед-типограф, или восьмизубчатый еловый короед, шестизубчатый короед, фиолетовый лубоед, большой сосновый лубоед, сосновый шелкопряд, шелкопряд-монашенка, сосновая совка, обыкновенный сосновый пилильщик. К группе повреждающей молодые деревья, отнесены майский жук, черный корнежил, точечная смолевка

— 47 —

ГЛАВА X.

ОБЪ ИСТРЕБЛЕНИИ ВРЕДНЫХЪ ДЛЯ ЛѢСА
НАСѢКОМЫХЪ.

§ 60. Насѣкомыя причиняютъ значитель-
нѣйшія опустошенія въ еловыхъ и сосновыхъ
лѣсахъ. Опаснѣйшія для лѣсовъ насѣкомыя суть:

А) Умертвляющія и повреждающія большія
деревья:

1) Восми-зубчатый еловый короѣдь (*Bost-
strychus typographus* Linn.) (*)

2) Шести-зубчатый еловый короѣдь (*Bost.
chalcographus* Linn.) (*)

3) Еловый лубоедь (*Hylcrinus palliatus*
Gm.) (*)

4) Сосновый лубоедь (*Hyl. piniperda* Linn.) (*)

5) Сосновый шелкопрядь (*Palaena Bombyx
pini* Linn.) (*)

6) Сосенная монашка (*Ph. bom. monacha*)

7) Совиноголовка (*Ph. noctua piniperda*) (*)

8) Сосенный полильщикъ (*Tenthredo pini*) (*)

(*) Описание сего насекомого смот. Лес. Жур. 1837 г., часть
IV стр. 3.

(*) Тамъ же.

(*) Смот. Лес. Журнал, 1839, часть II, кн. 1, стр. 92.

(*) Смот. Лес. Журн. 1835 г., часть I кн. 3 стр. 402.

(*) Смот. Лес. Журн. 1841, часть I кн. 3 стр. 267 и Ж.
Мин. Гос. Имуд. 1848 № 1, стр. 50.

(*) Описание осы и представляющей бабочки смот. въ сочин. *Die
Forst-Insekten*, von J. J. Ratzeburg. II Teil, Die Falter. 1840
и того же сочин. *Die Waldverderber*.

(*) Описание сего насекомого смотр. въ сочиненіи: *Forst-Insek-
ten und Forst-polizei-Gesetz*, von Dr. B. Pfeil 1831, стр. 150.

Рис. 1. Страница из книги В. С. Семенова «Лесоохранение. Руководство для офицеров Корпуса лесничих», 1843 г.

или малый сосновый долгоносик, сосновая смолевка (Семенов, 1843, с. 47–48).

Составляя Руководство, В. С. Семенов активно использовал работы профессора Лесной академии в Neustadt-Eberswalde (Германия) Ю. Т. Х. Ратцебурга «*Die Forst-Insekten*» («Лесные насекомые») и «*Waldverderber und ihre Feinde*» («Лесные вредители и их враги») (Ratzeburg, 1839, 1842), а также результаты собственных полевых исследований. Также при составлении Руководства им использованы статьи из «Лесного журнала» за 1837–1843 гг. (рис. 2).

Базируясь на отечественном и иностранном опыте, Руководство предписывает использовать следующий порядок действий в отношении вредных насекомых: «[для] отвращения опустошений ... должно следить за размножением оных, особенно после сухого и жаркого лета и после каждого ветровала, случившегося в лесу»

(Семенов, 1843, с. 48). Фактически именно этот текст и стал первой в России инструкцией по выявлению вредных организмов. В Руководстве даются наставления, по каким признакам проводить выявление: когда в лесах появилось много дятлов, поползней, пищух и других насекомых-птиц; если на опушках ельников желтеет и опадает хвоя, отпадает кора, на коре выступают капли смолы, кора похожа на прострелянную мелкой дробью, а также когда в тихие и теплые вечера под деревьями летает много бабочек, с деревьев сыпется помет гусениц и вершины не имеют достаточной густоты. Несмотря на некоторую наивность указанных рекомендаций, они представляют достаточно большой набор признаков, по которым и сейчас проводится выявление действующих очагов опаснейших насекомых-вредителей. Впервые на русском языке публикуется календарь биологии и лесозащитных мероприятий по корою-типографу, большому сосновому лубоеду, шелкопряду-монашенке, сосновой совке и вредителям молодых деревьев.

Изучение фенологической таблицы, приведенной в конце Руководства, дает основание заключить, что автор был знаком с работами Ю. Т. Х. Ратцебурга. Фенологическая таблица является сокращенным переводом таковой из «*Waldverderber und ihre Feinde*», издания 1842 г. (Семенов, 1843; Ratzeburg, 1842, 1856, 1860, 1876). Учитывая задачу, которую ставил перед собой В. С. Семенов, и его роль в Русском энтомологическом обществе (в 1865–1866 гг. он был президентом РЭО), необходимо признать, что такая вставка была лучшим решением по передаче самых передовых знаний в практическую работу лесничих. Позже эта работа найдет свое продолжение в двухтомном сочинении «О вредных насекомых», изданном Ученым Комитетом Министерства государственных имуществ в 1845–1851 гг. Она охватит уже и сельское хозяйство, а материалы по лесному хозяйству будут включать как самостоятельные наблюдения, так и в большей части описания лесных насекомых, изложенные в публикациях Ратцебурга и снабженные превосходными иллюстрациями (рис. 3).

На пороге к комплексному подходу в защите лесов. В 1843 г. Департамент корабельных лесов выпустил в свет первую часть «Лесного словаря» под руководством барона Василия Егоровича Врангеля, который активно трудился над ним с 1836 по 1841 г., где именно ему принадлежат статьи по лесному законодательству и лесоуправлению. В редакционную группу

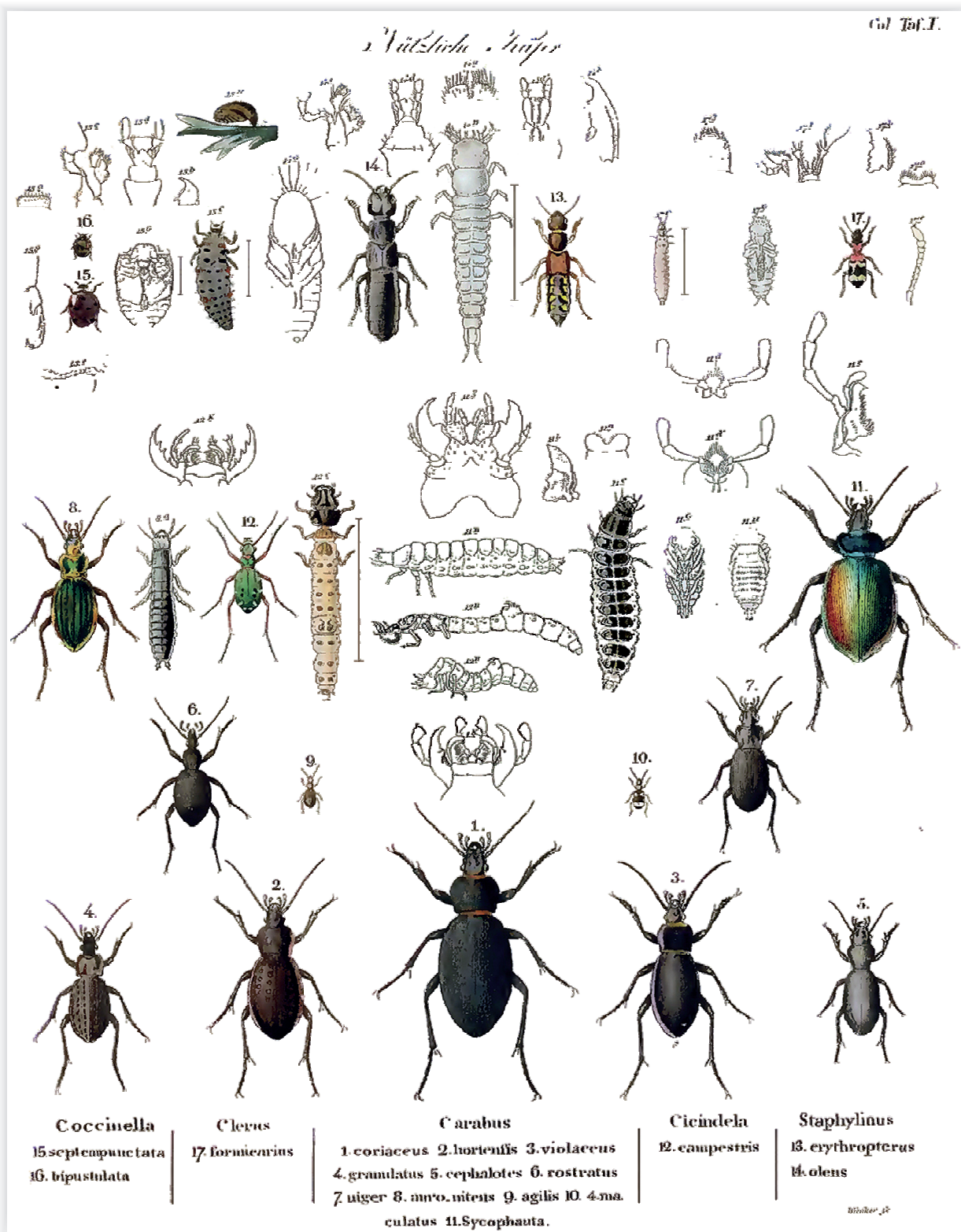


Рис. 2. Иллюстрации полезных насекомых из книги J. T. C. Ratzeburg «Die Forst-Insecten» («Лесные насекомые»), 1839 г.

Насекомые-хищники: 1 – *Carabus coriaceus*, 2 – *Carabus hortensis*, 3 – *Carabus violaceus*, 4 – *Carabus granulatus*, 5 – *Carabus cephalotes*, 6 – *Carabus rostratus*, 7 – *Carabus niger*, 8 – *Carabus auronitens*, 9 – *Carabus agilis*, 10 – *Carabus cancellatus*, 11 – *Calosoma sycophanta*, 12 – *Cicindela campestris*, 13 – *Staphylinus erythropterus*, 14 – *Staphylinus olens*, 15 – *Coccinella septempunctata*, 16 – *Coccinella bipustulata*, 17 – *Clerus formicarius*. – Прим. автора.



Рис. 3. Иллюстрация из книги J. T. C. Ratzeburg «Waldverderber und ihre Feinde» («Лесные вредители и их враги»), 1842 г.

Сосновый шелкопряд (*Bombyx Pini* (K.)). – Прим. автора.

входили служащие Департамента корабельных лесов А. Никольский, барон В. Е. Врангель, а также ученые-лесничие Е. Нольде и А. Кленке (Никольский и др., 1843–1845). В 1844 и 1845 гг. публикуются еще две части, а также отдельная книга с наглядными иллюстрациями (рис. 4).

Материалы по насекомым-вредителям были сведены в обширную статью «Насекомые», которая представляла собой реферат работы Ратцебурга «Лесные вредители и их враги» (Ratzeburg, 1842) с использованием классификации вредителей на четыре «отделения»: «1-е вредные хвойным культурам; 2-е вредные взрослым хвойным лесам; 3-е вредные лиственным культурам и 4-е вредные взрослым лиственным лесам» (Никольский и др., 1843–1845. Ч. 2, с. 615).

Всего словарь содержал описание 76 видов вредителей и более 20 видов энтомофагов. Ин-

формация из основной статьи «Насекомые», также дублировалась в статьях, посвященных каждой древесной породе. При этом был сделан акцент на наиболее опасных вредителях и мерах борьбы с ними на каждой конкретной породе.

На фоне изложения материала по насекомым-вредителям более скромно был представлен материал о болезнях растений, при этом ряд заболеваний выделен в отдельные статьи, в частности «Губка», «Дупло», «Медовая роса», «Мучнистая роса», «Наросты на дереве», «Лишайи» и др.

Основные представления о болезнях и гнилях изложены в словаре в трех статьях: «Физиология», 8-е отделение «О болезнях и смерти растений», а также «Фаут». Если статья «Физиология» излагается на основе работ Гартига, то статья «Фаут» является оригинальным сочинением авторов.

При описании причин появления болезней, авторы много места уделяли анализу почвенных условий, влажности и температурному режиму леса. Для классификации болезней приводилась следующая градация: А) болезни системы питания; Б) болезни системы дыхания; В) болезни системы размножения. В отдельные группы выводились растения-паразиты, внешние причины, повреждение насекомыми-галлообразователями и минерами, а также болезни неизвестного происхождения, к ним, в частности, отнесены «медовая болезнь» и «паршивость» (Никольский и др., 1843–1845).

В статье «Фаут» особенный интерес представляли подпункты, излагающие характеристики «сердцевинной гнили», «ситовины» и «серянки», в которых впервые для лесной науки излагались различные виды и формы разложения древесины под действием болезней и климатических факторов, способствующих ускорению процесса (Никольский и др., 1843–1845).

В декабре 1864 г. Юлиус Теодор Христиан Ратцебург был избран член-корреспондентом Российской академии наук в Санкт-Петербурге за особый вклад в развитие прикладной лесной энтомологии. Этот факт во многом объясняет популярность его работ не только в Германии, но и в России.

Защита лесов от вредителей – одна из обязанностей лесничих. Следующим значимым шагом в развитии как теоретических, так и практических представлений о защите леса стала публикация в 1869 г. работы Александра Фелициановича Рудзкого «Справочная книга для лесничих. Ч. 1». Это первая работа по ле-

ГЛАВА V.

Календарь насекомых, наиболее вредных еловым лесам.

НАЗВАНИЕ НАСЕКОМЫХ.	СЪ НОЯБРЯ ПО МАРТЪ.	АПРѢЛЬ.	М А Й.	ИЮНЬ.	ИЮЛЬ.	АВГУСТЪ.	СЕНТЯБРЬ.	ОКТАБРЬ.
Майский жук. <i>Melolontha vulgaris.</i>	Въ первые три года Л., въ четвертомъ К., или С. въ землѣ. Въ мартѣ выпашиваніе и выпускъ свиней.	Въ четвертомъ году С., въ первые три Л., въ землѣ. Стряхиваніе съ деревь С. и выпашиваніе Л.	Въ первомъ году Л. въ землѣ или же еще С., въ слѣдующіе Л.	Большую часть какъ въ Л. въ посѣдающіе Собираніе 3—4 лѣтнихъ Л. подлѣхвыми растеніями.	Въ первомъ году маленькія, въ посѣдающіе большія (въ $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, и $\frac{3}{4}$ полного роста) Л. Собираніе 3—4 лѣтнихъ Л. подлѣхвыми растеніями.	Въ первомъ году маленькія, въ посѣдающіе большія Л., рѣдко К. Собираніе 3—4 лѣтнихъ Л. подлѣхвыми растеніями.	Въ первые три года Л. еще бѣтъ, а въ четвертомъ глубоко въ землѣ. Рѣдко уже К. или С.	Л. различной величины углубляются въ землю. Въ четвертомъ году часто К. или С. въ землѣ.
Большой сосновый долгоносикъ. <i>Curculio Pini.</i>	Л., рѣдко К., въ пняхъ. Старое С. зимуетъ подлѣхвыми мхомъ. Корчеваніе пней и корней.	Л., часто уже К., въ пняхъ С. подлѣхвыми или уже летаетъ. Корчеваніе пней и корней. Ловчія канавы, отрубки и связки коры.	Л., К., а часто уже и С. въ пняхъ, С. бѣгаетъ или летаетъ. Ловчія канавы, отрубки и связки коры.	Часто еще К. въ пняхъ. Старые жуки еще бѣгаютъ. Ловчія канавы, отрубки и связки коры.	Старые С. пропадають. Молодые С. въ множествѣ Л. или уже Л. въ пняхъ.	Молодые Л. въ пняхъ. Молодые С. бродятъ или летаютъ. Корчеваніе; осмотръ ловчихъ погнѣй.	Средняго роста Л. въ пняхъ. Молодые С. бродятъ. Корчеваніе; осмотръ ловчихъ погнѣй.	Средняго роста Л. въ пняхъ, молодые С. бродятъ. Корчеваніе; осмотръ ловчихъ погнѣй.
Медведка. <i>Gryllus gryllotalpa.</i>	Л. зимуетъ въ землѣ.	Л. выходитъ и начинаетъ бѣтъ.	Л. выходитъ и начинаетъ бѣтъ. Подлѣхвыми К.	Шумъ въ землѣ С. откладывають Л. Истребленіе гнѣзда яицъ.	Еще Л. или молодые Л. въ гнѣздахъ. Истребленіе гнѣзда.	Л. бѣгаютъ, С. уже рѣдко.	Л. начинаютъ погнѣй корни.	Л. въ $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ полного роста идутъ на зимовку въ землю.
Коробѣдъ подлѣхлыми лѣса. <i>Bostrychus li-neatus.</i>	С. или еще Л. въ древеснѣ. Вырубка подлѣхлыми лѣса въ февралѣ и мартѣ и совершенное снятіе коры въ сочное время.	С. еще въ древеснѣ или уже летаетъ. Ловчія деревья.	С. летаетъ и бѣгается въ деревѣ. Ловчія деревья.	Новое поколѣніе выводится въ древеснѣ.	Новое поколѣніе выводится въ древеснѣ. Удаленіе ловчихъ деревьевъ.	Новое поколѣніе выводится въ древеснѣ. Удаленіе ловчихъ деревьевъ.	С. еще въ деревѣ или уже летаетъ.	С. еще въ деревѣ или уже летаетъ.

Рис. 5. Календарь насекомых, наиболее вредных еловым лесам из книги А. Ф. Рудзкого «Справочная книга по лесоводству. Ч. 1», 1869 г.

соводству, в которую включен значительный раздел по защите леса от вредителей (Рудзкий, 1869) (рис. 5).

«Для определения насекомых существуют превосходнейшие руководства и таблицы, но употребление их затруднительно для практика, которому необходимы пособия, приспособленные к его специальной цели, определению лишь небольшого количества насекомых. Если при этом принять в соображение, что для отыскания насекомых по общим таблицам необходимы иногда сведения в энтомологии, превышающие круг познания многих лесных хозяев, то окажется, что необходимо для последних составить специальные таблицы, в которых главную поддержку служили бы признаки, доступные для людей, мало знакомых с энтомологией. Таким признаком служит по преимуществу внешний вид таких повреждений, причиняемых насекомыми, и действительно этот вид так различен у различных насекомых, что по нему с точностью

могут быть определены многие виды и роды вредных насекомых. Если же кроме повреждения принять и вид насекомого хотя бы в той стадии, в которой он причиняет повреждение, то явится возможность определить виды всех насекомых, существенно вредящим лесам» (Рудзкий, 1869, с. 138). При таком подходе А. Ф. Рудзкий предлагает для лиственных пород рассматривать только наиболее вредных насекомых, выдвигая положение, что «лиственные деревья, вследствие физиологических причин, в настоящее время достаточно объясненных, переносят повреждения насекомыми гораздо легче, и даже в редких случаях совершенного повреждения легко возобновляются отпрысками, которые не дают хвойные породы» (Рудзкий, 1869, с. 139).

Для практического применения А. Ф. Рудзкий предлагает за основу взять определительные таблицы австрийского профессора Г. Х. Геншеля из его работы «Leitfaden zur Bestimmung der schädlichen Forst- und Obstbaum-Insekten

nebst Angabe der Lebensweise, Vorbauung und Vertilgung: für Forstleute, Ökonomen, Gärtner» («Руководство по определению вредных лесных и плодовых насекомых, а также указание образа жизни, выращивания и истребления: для лесников, экономистов, садоводов») (Henschel, 1861) и фенологические календари из третьей редакции работы Ратцебурга «Лесные вредители и их враги» (Ratzeburg, 1860) с описанием насекомых и наносимых ими повреждений.

Раздел, посвященный вредным насекомым, занимает одну треть книги. А. Ф. Рудзкий заложил подходы к изучению фитофагов, которые будут доминировать в России до XX в. Самым подробным образом в его труде рассмотрены вредители ели и сосны.

Приведен определитель, который включает в себя 40 видов вредителей ели и 48 видов вредителей сосны. Рассмотрены виды, вредящие всем частям деревьев, а также и в разном возрасте – от лесных культур до перестойного леса. При этом для лиственных лесов приведено только краткое описание 12 видов филлофагов. А. Ф. Рудзкий включил также определительные таблицы австрийского профессора Г. Х. Геншеля, адаптируя их к русским лесам и искусно соединяя с фенологическими календарями насекомых.

Значение работ Н. С. Шафранова в становлении лесозащиты как самостоятельного раздела знаний о лесном хозяйстве. Через 3 года идеи В. С. Семенова и А. Ф. Рудского нашли свое продолжение в первом специализированном пособии «Лесоохранение» Н. С. Шафранова (1872). В 60-е годы в Германии началось активное формирование теоретических основ охраны лесов как обособленного раздела лесного дела, посвященного охране леса от различных негативных факторов: от человека и выпаса скота до лесных насекомых и физических явлений природы. На тот момент издание «Лесоохранение» стало важным практическим подспорьем для активно развивающейся отрасли лесного хозяйства.

Н. С. Шафранов впервые выделил шесть «групп лесных наук»: государственное лесное хозяйство, лесоохранение, лесовозращение, лесопотребление, или лесная технология, лесная таксация, лесное законодательство. Лесоохранение он определил как «...закрывающее в себе учение о правильном хозяйственном уходе за лесом и отклонения от лесов вредных для их целости влияний разного рода». К ним относятся лесные пожары, пастьба скота, сбор лесной подстилки, вред, причиняемый млекопитающими

и птицами, вредные лесные насекомые, сорные лесные растения, физические явления природы и осушение болот (Шафранов, 1872).

Отличительный момент данной работы – подробное рассмотрение причин массового размножения насекомых-вредителей, вопрос необходимости сохранения и использования насекомых-энтомофагов (жужелиц, наездников-ихневмонид, тахин, муравьежуков), а также технологий по снижению их численности. Подробно разъясняются такие понятия, как удаление коры с последующим сжиганием при рубке, ловчие деревья, ловчие канавы, ручной сбор насекомых, клеевые кольца, использование насекомоядных птиц, муравьев, земноводных и пресмыкающихся.

Исследователь разделил вредителей на пять групп по наносимым повреждениям: вредители корней, луба, древесных листьев, древесных почек и цветков, а также повреждающие саму древесину дерева (Шафранов, 1872).

Н. С. Шафранов впервые описывает причины вспышек массового размножения, развенчивая миф о том, что вредные насекомые распространяются с поветрием или наводимой порчей лесов. «Вредные лесу насекомые никогда не исчезают из лесов, но вред их обнаруживается лишь в незаметной степени, пока они существуют в лесах в небольшом количестве и пока их вред лишь обнаруживается на единичных деревьях, сухоподстойных и болезненных. Вред от них становится чувствительным для лесного хозяйства лишь в таком случае, когда они размножатся и когда они грозят истреблением целой совокупности лесных деревьев, целым лесным участкам. Размножение их до такого, безусловно, вредного для лесного хозяйства количества происходит периодически, от времени до времени, и находится в тесной связи с различными условиями, благоприятствующими их размножению. К числу этих условий принадлежит погода, степень обилия пищи в лесу для насекомых, плодovitость насекомых и отсутствие или незначительное количество естественных врагов насекомых. Все эти четыре условия существенно влияют на количество появляющихся в лесу вредных лесных насекомых, но не все они находятся в распоряжении лесного хозяина: он не может влиять на состояние погоды или на находящуюся в связи с погодой плодovitость насекомых, но он косвенно может стремиться к уменьшению числа насекомых, наносящих вред его хозяйству, заботясь об устранении пищи для насекомых и оберегая полезных ему животных,

питающихся насекомыми в различных видах превращения последних» (Шафранов, 1872, с. 75).

В части влияния погоды на вредных насекомых интересны следующие наблюдения: «Теплая и сухая погода вообще благоприятствует размножению насекомых; холодная и сырая, морозы и проливные дожди часто заставляют исчезнуть из лесов массы вредных лесных насекомых» (Шафранов, 1872, с. 75).

При этом он уделяет внимание выявлению признаков приближающейся вспышки и определяет их так: «Мы уменьшим риск, если будем своевременно и с периодическими повторениями производить в наших лесах проходные рубки, выбирая угнетенные экземпляры древесных, засыхающие на корне и вследствие болезненного своего состояния привлекающие к себе вредных лесных насекомых. Мы в значительной степени отвратим от лесов своих возможность непомерного размножения насекомых, если удалим из лесу валежный материал и своевременно будем очищать места наших рубок от остающегося после эксплуатации лесного хлама, который вместе с валежным лесом служит приманкой и колыбелью для огромного отряда короедов напр., если почему-нибудь нельзя удалить валежник из лесу и в нем начинают появляться короеды, то следует, по крайней мере, немедленно, не теряя времени, содрать с валежника кору и сжечь ее, обнажив голую древесину: вместе с корою мы уничтожим и приют для короедов!» (Шафранов, 1872, с. 152).

Н. С. Шафранов пишет и о признаках формирования очагов: «Признаками появления в лесах большого количества вредных лесных насекомых служат: 1) заметное размножение в лесах животных, истребляющих насекомых; 2) когда в лесу на деревьях хвойных желтеет и начинает опадать хвоя, когда на деревьях выступают капли смолы, а кора является как бы простреленною мелкою дробью, когда под деревьями находят помет личинок или гусениц; когда на лиственных деревьях замечается, что на известных деревьях мякоть листвы поддается и остается лишь нерватурный остов листвы и т. д. и 3) наконец, когда замечается в лесах необычное количество вредных лесных насекомых в различных формах превращения их, т. е. когда находятся в лесу яички, личинки и гусеницы, коконы и насекомые в совершенном их развитии» (Шафранов, 1872, с. 157).

Несмотря на все предложенные способы подавления численности и прогнозирования вре-

мени начала вспышек, Н. С. Шафранов перед рассмотрением «собственно вредных насекомых» резюмирует: «...пока лесное хозяйство в стране, вообще взятое, не поднимется на более высокую степень интенсивности, и пока оно, следовательно, не будет более доходным, а вместе с тем, и более способным производить лесоохранительные затраты. При теперешних же лесоохранительных средствах возможно только одно: внимательно наблюдать за лесом, чтоб по возможности ограничить площадь повреждения, захватив размножение насекомых в самом начале, пока еще разные, находящиеся в распоряжении меры истребления их могут принести пользу и предотвратить больший вред, и чтоб на поврежденной раз площади тотчас приступалось к эксплуатации поврежденного лесного материала, во избежание непроизводительной потери его для хозяйства» (Шафранов, 1872, с. 164).

Специальную часть главы о вредных насекомых Н. С. Шафранов полностью основывает на работах Ю. Т. Х. Ратцебурга: «...мы, придерживаясь Ю. Т. Х. Ратцебурга, различаем вредных лесных насекомых по виду их вреда и по возрасту древесных пород, хвойных и лиственных, на которые они нападают. Ю. Т. Х. Ратцебург, профессор Нейштадт-Эберсвальдской Прусской лесной академии, один из известнейших энтомологов нашего времени, издавший в свет три замечательные сочинения по лесной энтомологии: «Die Waldverderber und ihre Feinde», «Die Forst-Insecten» и «Die Waldverderbniss» («Вред лесам»), различает вредных лесных насекомых по наносимому ими вреду» (Шафранов, 1872, с. 164) (рис. 6).

О первых двух работах мы подробно говорили ранее, а на третьей книге необходимо будет остановиться подробнее после рассмотрения предложенных Н. С. Шафрановым технологий выявления усыхания дерева.

В первую очередь Н. С. Шафранов предлагает рекомендации для наиболее значимой породы – сосны: «Чтобы удалить из лесу возможность большего размножения насекомых и предотвратить увеличение вреда, следует вырубать и вывозить из лесу деревья, поврежденные насекомыми смертельно. Для определения того, повреждено ли дерево в лесу смертельно или нет, существует достаточное число точных признаков. На смерть дерева указывает появление в древесине жуков-усачей (*Cerambycini*) и лесного садовника – *Hylurgus (Hylesinus) piniperda* (современное название *Tomicus piniperda*), который часто является в древесине, пораженной смер-

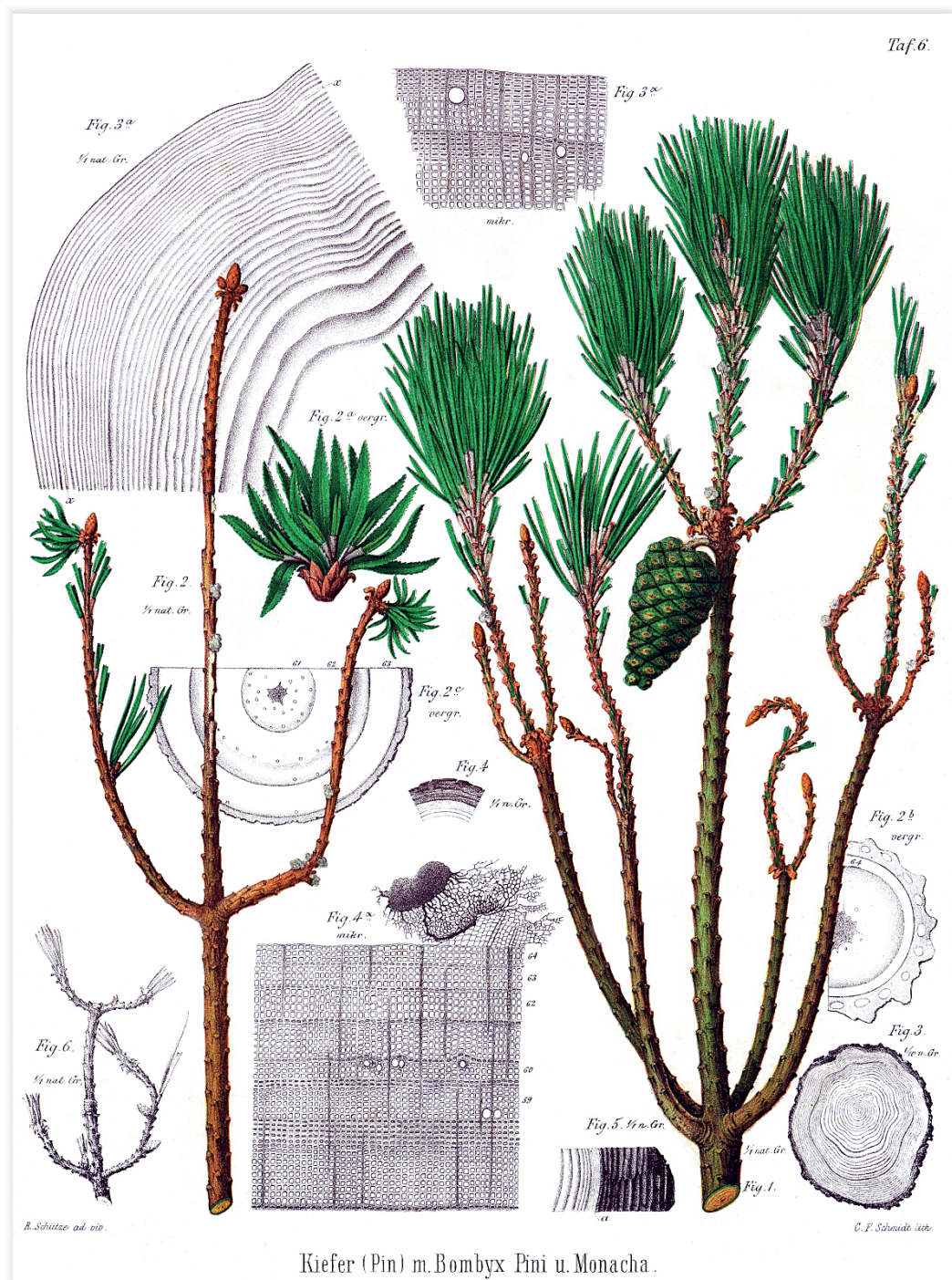


Рис. 6. Иллюстрация повреждений из книги J. T. C. Ratzeburg «Die Waldverderbnis oder dauernder Schade» (Лесная порча или длительный вред), 1866–1868 гг.

Повреждение сосны гусеницами соснового шелкопряда (*Bombyx Pini*) и шелкопрядом-монашенкой (*Monacha*). – Прим. автора.

тельно различного рода гусеницами» (Шафранов, 1872, с. 200).

«Вообще вершина дерева и ее наружный вид является весьма характеристичным признаком при определении того, поправится ли дерево после повреждения насекомыми, переживет ли оно его или нет», – продолжает Шафранов –

«Точно также важно и определение того, объедены ли гусеницами иглы до самого основания последних или же на ветвях оставлены гусеницами огрызки игол... Кора служит также одним из верных признаков здоровья дерева: после смертельного повреждения короедами, она теряет свой цвет, становится грязновато-серой,

как бы облитой кипятком; а после смертельного повреждения дерева гусеницами, она шелушится и крошится, не отдираясь полосами. Дерево умирает, начиная с вершины: оно засыхает сперва, и затем обмирание идет вниз по стволу. В его смерти нет уже никакого сомнения, если кроме признаков на коре отмерли 2, 3 младших побега на боковых ветвях вершины; вершинные же побеги, особенно в том возрасте дерева, пока еще не успела округлиться вершина, отмирает иногда и более чем на три годовых побега, без того, чтобы это влекло непременно за собою смерть дерева. Хотя бы дерево и отмирало, но корни продолжают свою деятельность: они проводят в древесный ствол соки. Древесный организм, лишенный листьев или хвои, не в состоянии перерабатывать воспринимаемое количество соков и они, не будучи потребляемы, накапливаются в древесине и преимущественно в заболони. Если по такому отмирающему дереву сделать удар топора, содравши с дерева кору, то накопленный сок брызжет струей из-под надреза коры. Лишь только в соке начнется брожение, нечего и думать о спасении дерева: его загнивание обнаруживается появлением на древесине темных пятен, синеватых или черноватых: они указывают на начавшееся уже гниение камбия, предсказывают неминуемую смерть дерева, и оно должно быть непременно срублено без промедления, чтобы сохранить еще его техническую годность. Поврежденная насекомыми древесина, по мере порчи своей, теряет прочность и теплопроизводительную свою добротность» (Шафранов, 1872, с. 201). Несмотря на относительно наивную догадку автора о брожении соков, механизм ослабления и гибели дерева описан очень точно и позволяет определить конкретную стадию гниения.

Впервые в отечественной лесной литературе Н. С. Шафранов уделил внимание снижению товарной ценности древесины и вопросу ее последующей реализации: «Если нет опасности переполнить рынки лесным материалом, тогда конечно следует сразу вырубить все поврежденные насекомыми деревья и сбыть их: но если предвидится, что сбываемый материал переполнит рынки и может, вследствие того что предложение превзойдет спрос, повести к понижению рыночных цен на лесной материал, или если для одновременной его разработки не хватает в данной местности свободных рабочих рук, в таком случае разработку и сбыт поврежденного насекомыми леса следует распределять года на два, но никак не более как на три года, иначе древесина потеряет всякую техническую годность

как строевой и поделочный материал и сильно понизится в своей технической ценности как дровяной лес» (Шафранов, 1872, с. 203).

Работы Ю. Т. Х. Ратцебурга и становление лесозащиты. В своей работе Н. С. Шафранов снова обращается к книге J. T. C. Ratzeburg «Die Waldverderbnis oder dauernder Schade» (Лесная порча или длительный вред) (1866–1868), которая стала важной вехой в развитии не только российской, но общемировой истории защиты леса. Впервые была сделана попытка создать определитель повреждений деревьев лесных пород насекомыми, результатом которых может быть как ухудшение товарной ценности древесины из-за искривления или ветвления ствола, так и усыхание дерева. При этом высказано первое робкое предположение, что инфекция заносится в растение через повреждения насекомых.

Данная работа закладывает основы патологии леса и строится на объяснении причин повреждения деревьев через особенности анатомии и физиологии древесных растений. В частности, рассматриваются фауны и последствия зарастания повреждений стволов насекомыми и иными причинами. Ратцебург рассматривает повреждения сосны обыкновенной, ели европейской, сосны итальянской, лиственницы, дуба черешчатого, бука европейского, граба обыкновенного, ольхи черной, ясеня обыкновенного, клена остролистного, липы европейской, лещины обыкновенной, а также различных видов вязов, тополей и ив, приводя соответствующие иллюстрации (Ratzeburg, 1866–1868).

К сожалению, Ю. Т. Х. Ратцебург делает неверные выводы о вредности микоризных клубней и появлении «ведьминых метел» в результате укусов насекомых. Однако это не умаляет значение работы, так как микология к этому моменту уже сделала свои первые шаги и располагала достаточным материалом исследований. При этом на основе микроскопии древесины Ю. Т. Х. Ратцебург рассмотрел физиологию развития раковых опухолей и структуры клеток древесины при различных видах рака. Работа богато проиллюстрирована, что позволяло читателю глубже познакомиться с вопросом. Автор очень подробно описал механизм ступенчатого рака как на хвойных, так и на лиственных породах.

Влияние работ Р. Гартига и Э. Халлера на подходы к формированию лесной фитопатологии. Прежде чем перейти к следующей работе по лесоохранению, необходимо сделать отступление к еще одной работе немецкого ав-

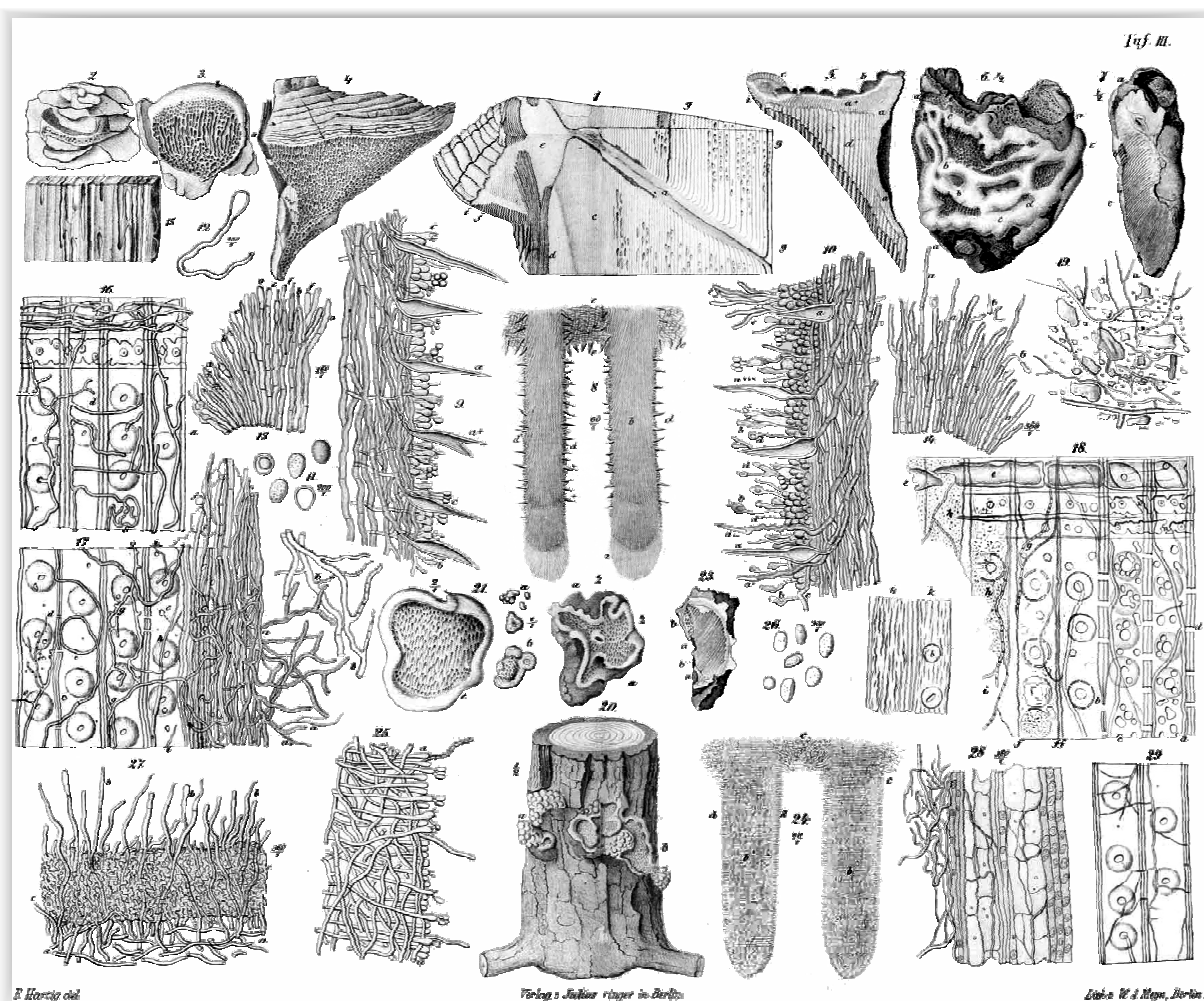


Рис. 7. Иллюстрации по грибам-ксилотрофам из книги R. Hartig «Wichtige Krankheiten Waldbäume» (Важные болезни лесных деревьев), 1874 г.

Одно из первых изображений строения базидиом ксилотрофных грибов, а также процесс проникновения и развития мицелия в клетках древесины. – Прим. автора.

тора Роберта Гартига «Wichtige Krankheiten Waldbäume» (Важные болезни лесных деревьев) (Hartig, 1874). Она открывает первую страницу в области лесной фитопатологии, знакомя лесоводов с ролью древоразрушающих грибов, объединив как собственные исследования Гартига, так и выдержки из французских и немецких публикаций. Так как середина XIX в. ознаменована бурным развитием исследований в области микологии и фитопатологии, большое влияние на эту работу оказал фундаментальный труд профессора Йенского университета Эрнста Халлера «Phytopathologie. Die Krankheiten Der Culturgewächse «Für Land- Und Forstwirthe, Gärtner Und Botaniker» (Фитопатология. Болезни культурных растений), в современной транскрипции «Phytopathologie. Die Krankheiten der Culturgewächse» (Hallier, 1868). Он первым обратил внимание на постоянное присутствие

определенных паразитических грибов и бактерий при различных патологических процессах в организмах животных и растений. В своей работе Гартиг описал особенности развития мицелия и формирования плодовых тел грибов и подробно разобрал вред, причиняемый опенком, сосновой губкой, корневой губкой, пузырчатой ржавчиной хвойных, смоляным раком, сосновым вертуном, ржавчиной лиственницы, осины и березы, ступенчатым раком лиственницы (возбудитель *Lachnellula willkommii* (R. Hartig.) Dennis. syn. *Peziza willkommii* Hrtg.), обыкновенным шютте ели, шютте пихты, ржавчиной листьев ивы (Hartig, 1874) (рис. 7).

Данные работы стали важной вехой в развитии лесной фитопатологии, определив направление ее развития на многие годы вперед.

Популярность работы Н. С. Шафранова обусловило появление ее новой, второй редак-

ции. Она объединила в себе как практический опыт лесоводов, которые активно присылали автору свои замечания и дополнения, так и адаптированные к российским реалиям достижения немецкой лесной школы.

Исправленное и дополненное «Лесоохранение» Н. С. Шафранова вышло в 1876 г. Он дополняет не только главу «Вредные лесные насекомые и меры к ограждению лесов от вреда, сопряженного с размножением вредных насекомых», но и вводит новую главу «Сорные лесные растения – важнейшие болезни главных древесных пород, причиняемые растительными паразитами и меры к их предупреждению», посвященную «грибкам». Шафранов основывает ее на исследованиях Г. А. де-Бари, Г. М. Вилькомма, Р. Гартига. Если о работах Роберта Гартига мы говорили подробно выше, то прежде чем приступить к анализу самой главы, необходимо дать краткую характеристику работам двух других авторов – Генриха Морица Вилькомма и Генриха Антона де Бари. Имя Г. М. Вилькомма неразрывно связано с деятельностью Р. Гартига, они вместе активно работали над развитием лесной фитопатологии, но при этом Г. М. Вилькомм исследовал биологию грибов, повреждающих деревья, с позиции академической ботаники. Результаты его труда отобразились в ботанических атласах, в том числе и по низшим растениям, так как грибы на тот момент еще не выделили в самостоятельное царство. Г. А. де-Бари с 1867 г. проводил многочисленные исследования морфологии грибов, классифицируя их по последовательности развития. Также он отделил *Mycetozoa* от низших животных *Mycetozoa*. Положения его работ впоследствии лягут в основу протоплазменной теории жизни. В 1861 г. де-Бари первым открыл механизм размножения грибов на основе исследования рода *Peronospora* sp. Он высказался о необходимости изучения всего жизненного цикла грибов-патогенов растений. Его заслуженно считают основателем общей фитопатологии. За вклад в науку и влияние его работ на сельское и лесное хозяйство Российской империи 3 октября 1880 г. он получил статус член-корреспондента Российской академии наук.

Помимо работ Г. А. де-Бари, Г. М. Вилькомма и Р. Гартига, Н. С. Шафранов в «Лесоохранении» использовал статью В. Т. Собичевского в «Лесном журнале» «Современное состояние растительной патологии лесных деревьев и значение растительных паразитов – грибков при возвращении леса» (Собичевский, 1875).

Главу «Сорные лесные растения. Важнейшие болезни главных древесных пород, причиняемые растительными паразитами и меры к их предупреждению» он разделил на описание болезней и гнилей. Описание болезней в основном основано на систематике Гартига. В частности, он представил и вкратце перевел некоторые рекомендации по борьбе с такими болезнями, как ржавчинные грибы сосны, пихты, ели, лиственницы, осины, тополя и ивы, сосновая пузырчатая ржавчина, смоляной рак-серянка, сосновый вертун и его стадия на осине, обыкновенное шютте, повреждение насаждений опенком, описаны рак дуба и «рак коры у лиственницы» (Шафранов, 1876).

Вслед за первоисточниками автор допустил те же неточности. Так, под названием сосновая пузырчатая ржавчина описываются сразу два разных патогена: пузырчатая ржавчина хвойных и смоляной рак-серянка. Опенка автор представил как два самостоятельных вида: отдельно ризоморфы и отдельно собственно плодовые тела. Вместе с этим, используя работу В. Т. Собичевского, Шафранов показал значимость повреждения сосновых насаждений раком-серянкой: «Проф. Собичевский встречал эту болезнь не только в подмосковных лесах, но также и в губерниях Рязанской, Тамбовской и Пензенской» (Шафранов, 1876).

Описывая красную гниль на сосне и ели, белую и зеленую гнили, Н. С. Шафранов попытался объяснить читателю причины их возникновения и характер заболевания: «Начало гнили у старых, засыхающих деревьев представляет собою постоянное и, по мнению некоторых ученых, может быть даже нормальное явление, на заражение молодых следует рассматривать как весьма опасную болезнь, которая обнаруживается у стволов большинства деревьев и кустарников... Больные деревья умирают при этом не вдруг; у них разрушается древесина только старых годовичных слоев, кора же и камбий остаются без изменений; от того они продолжают расти, не обнаруживая внешних признаков начавшегося внутри разложения» (Шафранов, 1876, с. 253–254). Как видно из цитаты, автор активно использует и работы Г. М. Вилькомма, в частности, описывая сосновую губку и настоящий трутовик. Причинами развития гнилей, по мнению автора, следующего за немецкими пособиями, являются характер почвы, механические повреждения древесины, морозобоины, индивидуальные особенности древесины. Зеленая гниль, выделяемая в самостоятельный вид, опи-

сывается так: «Впрочем, у березы слои молодой древесины принимают иногда, при разложении, темно-зеленый цвет, откуда и название – зеленая гниль» (Шафранов, 1876, с. 252).

Рассматривая красную гниль, Н. С. Шафранов приводит важное в последующем наблюдение: «Заболонь больных деревьев, даже таких, у которых красная гниль достигла внутри ствола полного своего развития, остается большей частью на несколько сантиметров толщиной, совершенно здоровою и болезнь распространяется не от корней, как это бывает у ели, а с верхних частей ствола – вершины дерева, ограничиваясь иногда даже одною какою-нибудь ветвью. Отсюда следует заключить, что только толстые, т.е. содержащие в себе матерную древесину, ветви служат естественным проводником грибка через заболонь во внутрь ствола» (Шафранов, 1876, с. 256). Поэтому меры предотвращения развития гнилей сводятся к уменьшению повреждения ветвей при хозяйствовании и удалению старых деревьев с гнилями и плодовыми телами.

Резюмируя изложенное в главе, автор пишет: «Из приведенного нами краткого обзора важнейших болезней лесных деревьев, причиняемых последним растительными паразитами, читатель легко может убедиться, какое широкое поле для исследований лежит еще перед естествоиспытателем и лесным хозяином, прежде чем в распространение практики поступят удобные и действенные меры для предот-

вращения вреда лесу от растительных паразитов, – притом меры, научно обоснованные!» (Шафранов, 1876, с. 262).

Несмотря на все недочеты и наивность изложения этого раздела, Н. С. Шафранов закладывает практические основы лесозащиты как самостоятельного раздела лесного дела.

Роль «Лесоохранения» П. В. Баранецкого в обобщении опыта начального периода формирования лесозащиты. В продолжение работы Н. С. Шафранова в 1880 г. вышла книга для лесовладельцев, лесничих и слушателей лесных курсов – «Лесоохранение» Петра Васильевича Баранецкого, фактически заложившая современную систему патологии леса, разделяя вредные для леса влияния на климатические и почвенные, вредные влияния человека, вред от животных и вред от сорных растений и растительных паразитов (Баранецкий, 1880). Раздел «Насекомые» в ней – самый обширный. Для классификации повреждений использованы пищевые предпочтения вредителей: повреждающие корни, повреждающие древесину, повреждающие луб, повреждающие почки и побеги и «пожирающие древесную листву» (Баранецкий, 1880) (рис. 8).

При рассмотрении повреждений леса насекомыми основной акцент делается на «вреднейших насекомых», таких как медведка, майский жук, большой сосновый долгоносик, точечная смолевка, короед-типограф, большой сосновый

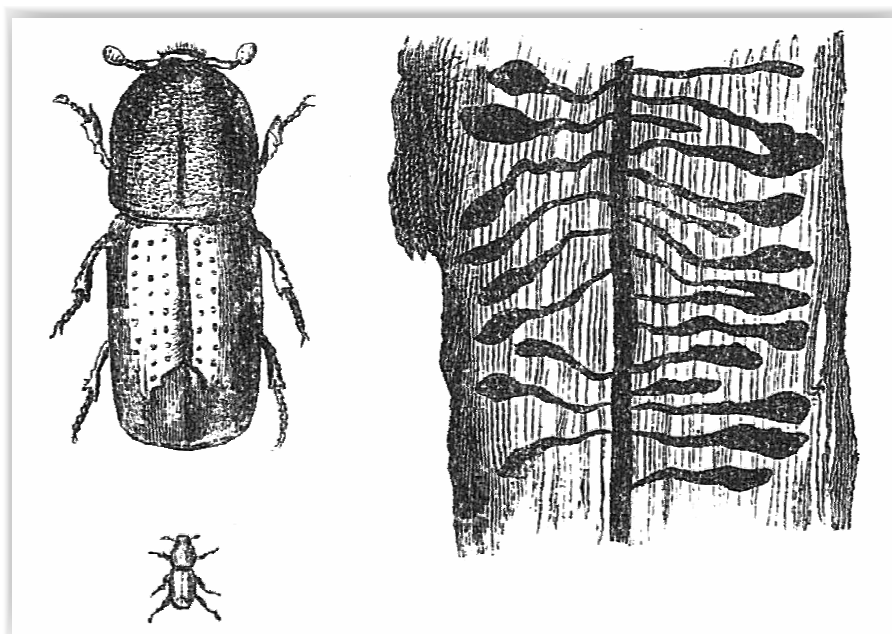


Рис. 8. Рисунок из книги П. В. Баранецкого «Лесоохранение», 1880 г.
Еловый короед (*Bostrychus typographus* L.). – Прим. автора.

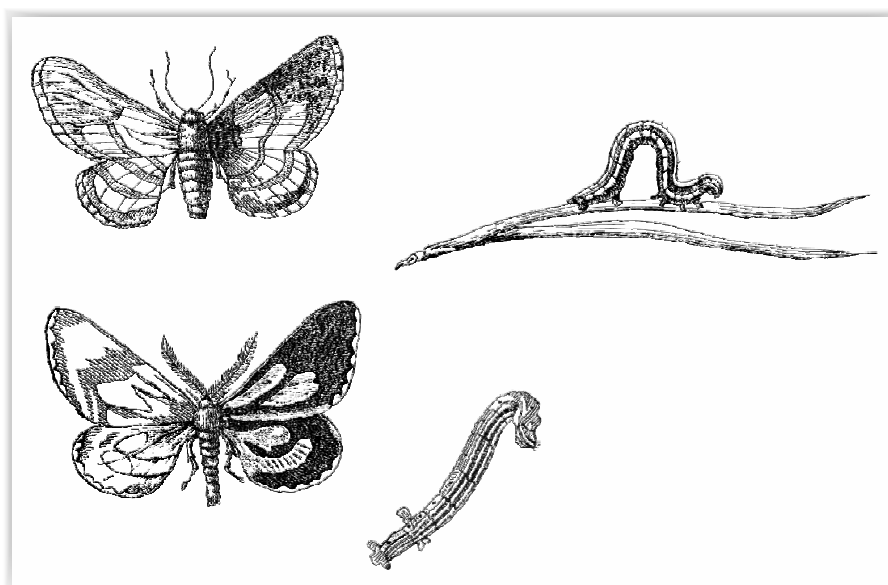


Рис. 9. Рисунок из книги П. В. Баранецкого «Лесоохранение», 1880 г.
Сосновая пяденица (*Geometra piniaria* L.). – Прим. автора.

лубоед, сосновый побеговьюн, сосновый шелкопряд, шелкопряд-монашенка, сосновая совка, сосновая пяденица, обыкновенный сосновый пилильщик («сосновая оса»), непарный шелкопряд и златогузка – «золотистый шелкопряд». Также дается краткое описание 50 «менее вредных насекомых».

Частично повторяя рекомендации «Руководства для офицеров Корпуса лесничих», он приводит общую схему обнаружения очагов вредителей: «Лесной хозяин, особенно в сухие годы и в опасных местах, должен постоянно следить за вредными насекомыми, чтобы в случае усилившегося их размножения принять своевременные меры к устранению зла; только захвативши вред в начале, можно простыми и недорогими средствами предотвратить его дальнейшее распространение. Признаками появления в лесу большого количества вредных насекомых служат: пожелтение или механическое повреждение листвы, выступление из стволов смоляных капель, помертвление коры и появление в ней маленьких отверстий, как бы от мелкой дробы; далее, когда под деревьями находится помет личинок или гусениц в виде зеленых или буроватых цилиндрических, иногда конической формы крупинок, что всего лучше наблюдать на лесных дорогах, тропинках и вообще обнаженных от травы местах; когда на деревьях замечаются яички, гусеницы или личинки, коконы и развившиеся насекомые, причем, как выше сказано, прежде всего, нужно осматривать перестойные или поврежденные и вообще плохого роста насаждения, которые слу-

жат главным приютом для насекомых. Чтобы судить о количестве находящихся в лесу вредных ночных бабочек, можно ночью, в тихую погоду, разводить в разных участках небольшие костры; тогда насекомые, привлекаемые светом, слетаются к ним, и по размерам лета можно судить о количестве появившегося врага» (Баранецкий, 1880, с. 193–194).

Автор приводит рисунки некоторых наиболее часто встречающихся вредных лесных насекомых (рис. 9).

Отдельного внимания заслуживает часть «Б. Лесные паразиты» главы «Вред от сорных растений и растительных паразитов». Как и Н. С. Шафранов, Б. В. Баранецкий активно использовал работы де-Бари, Вилькомма, Гартига. При этом глава дополнена исследованиями М. С. Воронина, Р. Л. Тюляна, Розе, Рееса (Баранецкий, 1880, с. 292). Автор открывает раздел определением: «Чужеядными или паразитными организмами называют такие организмы, которые развиваются в животных или растениях, питаются их соками, причем причиняют им различные повреждения и болезни» (Баранецкий, 1880, с. 290). Вместе с тем он указывал, что «...мы пока не знаем еще никаких радикальных мер для устранения вреда, наносимого лесу паразитными грибами; мы не знаем ни условий, благоприятствующих развитию этих организмов, ни средств уничтожения их спор, а иногда даже нам неизвестны условия заражения и те пути, которыми паразит попадает в древесные ткани» (Баранецкий, 1880, с. 292). При этом он

приводит ряд рекомендаций по выявлению распространения грибов в лесу: «Вред от паразитных грибов замечается обыкновенно периодически, в неопределенных промежутках времени, и обуславливается, главным образом, состоянием погоды: развитию и прорастанию их спор чрезвычайно способствует теплая, сырая, пасмурная погода. Тогда как сухие и жаркие лета не благоприятствуют вообще размножению чужеродных организмов; впрочем, их споры, образовавшись однажды, остаются совершенно нечувствительными к морозам и засухам, чрезвычайно долго сохраняют свою жизнедеятельность и прорастают при наступлении благоприятных условий; а такая живучесть зародышей еще более увеличивает стойкость и злобредность этих организмов. Нет, по-видимому, сомнения, что лес, благодаря тенистости и большой влажности воздуха, представляет особенно удобную среду для развития паразитов, преимущественно же чистые насаждения, где деревья одной породы тесно скучиваются на больших пространствах, и зараза, возникнув на отдельных стволах, удобно передается соседним деревьям; там каждая спора паразита находит подходящую почву для своего развития, не пропадает, так сказать, даром, причем повреждение быстро распространяется и повально охватывает обширные участки леса» (Баранецкий, 1880, с. 292–293).

П. В. Баранецкий достаточно кратко описал развитие стволовой гнили, смоляного рака сосны, соснового вертуна, ржавчины листьев и хвои, корневых гнилей. Но описано только 12 паразитов, что явно меньше того объема, с которым должен был быть знаком автор, с учетом объемов исследований, на которые он опирается в работе.

Работы Н. С. Шафранова и П. В. Баранецкого появились на общем подъеме «лесоохранения» в Европе. Наибольший вклад в его развитие на мировой арене внес Рихард Александр Гесс, профессор лесной политики, лесной технологии, лесоохранения и лесовозрастания Гисенского университета Германии. Его основной труд «Der Forstschutz» («Лесоохранение»), изданный в 1876 г. в Лейпциге, стал единым системным изложением подхода к ведению защиты леса от биологических и абиотических неблагоприятных воздействий (Hess, 1876). Данная работа была переиздана в 1878 г., а в 1887–1890 гг. она была расширена, и уже это издание было еще дополнено в 1898–1900 гг. до трех томов. Этот труд лег в основу лесоводственной науки Британской империи, и, позднее, Канады, Индии,

Австралии и частично США. Прямых указаний на знакомство с работами Р. А. Гесса нет ни у Н. С. Шафранова, ни у П. В. Баранецкого, однако исключать возможность знакомства с ней не стоит. В частности, в их работах используются сходные иллюстрации насекомых-вредителей и болезней.

«Der Forstschutz» («Лесоохранение») построена на основе причиняемого вреда лесам от различных агентов, в частности при непосредственном пользовании древесной и недревесной продукции леса, осуществлении сельскохозяйственной деятельности, охоты, рыболовства, повреждения леса млекопитающими, птицами, насекомыми, грибами, гнилями, атмосферными явлениями, гидротехническими работами, движением песков. Работа имеет очень строгую структуру, последовательно излагаются, как и каким образом агент вредит лесу, особенности процесса повреждения для животных, растений, грибов, способов определения и мерами по предотвращению. Важно, что уже к 1876 г. «Лесоохранение» Р. А. Гесса представляет достаточно подробно материал по болезням, гнилям и грибам, их вызывающих. Р. А. Гесс в подготовке этих разделов опирается на работы Р. Гартига и Г. М. Вилькомма, в разделе, посвященном насекомым-вредителям, используются материалы Ю. Т. Х. Ратцебурга и Г. Х. Геншеля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К 1880 г. лесное хозяйство России обладало серьезными и современными на тот момент знаниями в области лесной энтомологии и лесной фитопатологии. Большое влияние на российскую школу лесозащиты оказывала прусская лесная школа, что на тот момент имело важное значение. Вместе с тем в России началось накопление результатов собственных исследований, которые актуализировали немецкие подходы.

Знакомство с начальными этапами становления науки о защите леса в нашей стране показало, что уже в начале – середине XIX в. пришло не только осознание важности организации планомерной работы по защите лесов от вредных организмов, но и успешно решались крайне сложные задачи по предотвращению и локализации очагов вредителей и патогенов при ограниченности методов и средств борьбы. Интегрируя и адаптируя передовой опыт немецкой школы, российские специалисты закладывали основы научного подхода к организации лесозащитной работы в лесничествах.

Авторы выражают искреннюю благодарность Российскому музею леса и лично В. Я. Курамышину, М. А. Михайлову, Национальной электронной библиотеке (rusneb.ru, Российская Федерация), Баварской государственной библиотеке (*Bayerische Staatsbibliothek*, Германия), Мюнхенскому центру цифровизации – Цифровой библиотеке (*Münchener Digitalisierungs Zentrum Digitale Bibliothek*, Германия), порталу Internet Archive (archive.org, США), Библиотеке наследия биоразнообразия (*The Biodiversity Heritage Library*, Великобритания).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баранецкий П. В. Лесоохранение: Кн. для лесовладельцев, лесничих и слушателей учебных лесных заведений. СПб.: Типогр. А. С. Суворина, 1880. 310 с.
- Никольский А., Врангель В. Е., Нольде Е., Кленке А. Лесной словарь. Ч. 1–4. СПб.: Привилегированная типогр. Фишера, 1843–1845. 1843. Ч. 1. 646 с.; 1844. Ч. 2. 731 с.; 1845. Ч. 3. 777 с.; 1845; Ч. 4. 97 с.
- Рудзкий А. Ф. Справочная книга по лесоводству. Ч. 1. СПб.: Типогр. Якова Трея, 1869. 195 с.
- Семенов В. С. Лесоохранение. Руководство для офицеров Корпуса лесничих. СПб.: Типогр. Мин-ва гос. имуществ, 1843. 51 с.
- Собичевский В. Т. Современное состояние растительной патологии лесных деревьев и значение растительных паразитов-грибков при возвращении леса // Лесн. журн. 1875. Вып. 4–6.
- Фокель Ф. Г. Собрание лесной науки. Ч. 1. Описание естественного состояния растущих в северных российских странах лесов с различными применениями и наставлениями как оныя разводить. СПб.; Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1996. 207 с.
- Шафранов Н. С. Лесоохранение. СПб.: Типогр. Майкова, 1872. 225 с.
- Шафранов Н. С. Лесоохранение. СПб.: Изд. А. Ф. Девриена, 1876. 280 с.
- Hallier E. Phytopathologie. Die Krankheiten Der Culturgewächse Fur Land- Und Forstwirthe, Gartner Und Botaniker (Diseases Of Cultivated Plants). Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann, 1868. 373 p. (in German).
- Hartig R. Wichtige Krankheiten Waldbäume (Diseases of forest trees). Berlin: Verlag von Julius Springer, 1874. 127 p. (in German).
- Henschel G. H. Leitfaden zur Bestimmung der schädlichen Forst- und Obstbaum-Insekten nebst Angabe der Lebensweise, Vorbauung und Vertilgung: für Forstleute, Ökonomen, Gärtner (A guide to the determination of harmful forest and fruit tree insects, along with an indication of the way of life, predation and extermination: for foresters, economists, gardeners). Wien: Wilhelm Braumüller, 1861. 70 p. (in German).
- Hess R. A. Der Forstschutz (Forest protection). Leipzig: B. G. Teubner, 1876. 608 p. (in German).
- Ratzeburg J. T. C. Die Forst-Insecten (The forest insects). Berlin: Nicolaeshe Buchhandlung, 1839. 249 p. (in German).
- Ratzeburg J. T. C. Die Waldverderbnis oder dauernder Schade welcher durch Insektenfrass, Schälen, Schlagen und Verbeissen an lebenden Waldbäumen entsteht» (Forest spoilage or permanent damage by insects, peeling, bumps and bites of living forest trees). B. 1, 2. Berlin: Nicolaeshe Verlags Buchhandlung, 1866–1868. Bd 1. 298 p.; Bd 2. 464 p. (in German).
- Ratzeburg J. T. C. Waldverderber und ihre Feinde (Forest pest and their enemies). Berlin: Nicolaeshe Buchhandlung, 1842. 136 p. (in German).
- Ratzeburg J. T. C. Waldverderber und ihre Feinde (Forest pest and their enemies). Berlin: Nicolaeshe Buchhandlung, 1856. 120 p. (in German).
- Ratzeburg J. T. C. Waldverderber und ihre Feinde (Forest pest and their enemies). Berlin: Nicolaeshe Buchhandlung, 1860. 345 p. (in German).
- Ratzeburg J. T. C. Waldverderber und ihre Feinde (Forest pest and their enemies). Berlin: Nicolaeshe Verlags-Buchhandlung, 1876. 524 p. (in German).

THE INITIAL STAGE OF FORMATION OF THE FOREST PROTECTION SCIENCE IN RUSSIA

S. E. Neklyayev¹, V. A. Lipatkin²

¹ State Government Institution of Moscow Oblast «Mosoblles»
1st km of Rublevo-Uspenskoe Highway, Village of Razdory, Rural Settlement of Barvikhinskoe,
Odintsovo District, Moscow Oblast, 143082 Russian Federation

² Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University
1st Institutskaya Str., 1, Mytishchi, Moscow Oblast, 141005 Russian Federation

E-mail: svyatoslav.neklyayev@mosoblles.com, lipatkin@mgul.ac.ru

Forest protection, being a practically oriented discipline of forestry, has a rich and interesting history. The first attempts to describe forest pests and measures to control them were made in the work of F. G. Fokel «Collection of Forest Science», published in 1752. «Manual for Officers of the Corps of Foresters «Forest protection»» published in 1843 by V. S. Semenov can be considered the starting point of forest protection. The tenth chapter of the work became the first instruction in Russia on the identification of harmful organisms. In 1843–1845, the Department of Ship Forests issued a «Forest Dictionary» prepared under the guidance of V. E. Wrangel. The dictionary contains a description of 76 pest species and more than 20 species of entomophages, and also describes the causes of diseases for the first time. In 1869, the «Reference book on foresters. Part 1» by A. F. Rudzkiy was published, it includes a significant section on forest protection from pests. The first specialized manual was published in 1872 – «Forest Protection» by N. S. Shafranov. This book discussed in details the causes of the insect pests outbreaks, as well as technologies to reduce their impact. Also, for the first time, attention was paid to reducing the marketable value of wood, issues of its subsequent sale, as well as the mechanisms of trees weakening and dieback. In 1875, the second edition of «Forest Protection» was published, in which a separate part was devoted to fungi that cause diseases and rot of trees. The book of N. S. Shafranov was based on the studies of G. A. de Bari, G. M. Wilkomma, and R. Hartig. In 1880 P. V. Baranetskiy published a handbook for forest owners, foresters and students of the forest protection courses. This book has set a bases for contemporary system of forest pathology.

Keywords: *forest entomology, corps of foresters, forest phytopathology, history of forest protection, history of forestry.*

How to cite: Neklyayev S. E., Lipatkin V. A. The initial stage of formation of the forest protection science in Russia // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 10–28 (in Russian with English abstract and references).

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ЛЕСА

УДК: 630*3/6

НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА ЛЕСОЗАЩИТЫ И ЕЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ В РЕГУЛЯЦИИ ПЛОТНОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ВРЕДИТЕЛЕЙ В ТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ

А. В. Селиховкин

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
194021, Санкт-Петербург, Институтский переулок, 5*

E-mail: a.selikhovkin@mail.ru

Поступила в редакцию 24.06.2022 г.

Проведен анализ действующей редакции документов, обеспечивающих получение информации о динамике плотности популяций вредителей и определяющих назначение и проведение санитарно-оздоровительных мероприятий в лесах Российской Федерации, включая порядок осуществления государственного лесопатологического мониторинга, правила санитарной безопасности в лесах, порядок проведения лесопатологических обследований, правила осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов, правила ликвидации очагов вредных организмов. Установлено, что в зоне таежных лесов нормативно-правовая база лесозащиты не обеспечивает получение репрезентативной информации о состоянии популяций вредителей, санитарно-оздоровительные мероприятия не снижают численность вредителей, а в некоторых случаях способствуют их размножению. Внесено предложение по изменению шкалы категорий состояния, в особенности категорий 4 – усыхающие, 5(а) – свежий сухостой и 5(г) – старый сухостой. Как основную характеристику состояния деревьев наряду с оценкой состояния кроны предложено использовать заселенность стволовыми вредителями. При расположении лесопатологического выдела небольшой площади внутри лесного массива в сырых типах леса рекомендовано не проводить санитарные рубки, за исключением случаев появления опасных видов патогенов. Предложено вывести из нормативно-правовой базы лесозащиты профилактические мероприятия и иные методы контроля распространения и размножения вредителей и патогенов, не связанные с вырубкой деревьев, а ответственным лесопользователям применять эти мероприятия на основе взаимодействия с уполномоченным органом субъекта Российской Федерации. Необходимо исключить из нормативной документации возможность сжигания порубочных остатков, за исключением случаев развития специфических заболеваний, при которых даже транспортировка порубочных остатков представляет потенциальную опасность для окружающих насаждений.

Ключевые слова: *стволовые вредители, лесопатологическое обследование, санитарные мероприятия.*

DOI: 10.15372/SJFS20230104

ВВЕДЕНИЕ

Вспышки массового размножения вредителей – один из важнейших факторов ослабления и гибели древостоев в Российской Федерации. По данным Федеральной статистики, ежегодная суммарная площадь очагов вредителей в период с 1977 по 1994 г. составляла 700 тыс. га, но варьировала в весьма широких пределах, превышая в отдельные годы 1.5 млн га (Данные...,

2022). Однако в существующей в Российской Федерации системе лесозащиты есть ряд противоречий (Гниненко, 2013, 2020; Баранчиков, 2020). Данные лесопатологического мониторинга не вполне отражают реальную ситуацию. Одна из причин – запаздывание информации. Например, вспышка массового размножения сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetverikov) 1993–1997 гг. не была зафиксирована в 1993–1994 гг., а в 1995 г. уже охватила

более 1 млн га. В Ленинградской области в 2021 г. отмечено снижение площади очагов стволовых вредителей (Данные..., 2022), тем не менее именно в этом году началась новая масштабная вспышка размножения короеда-типографа (*Ips typographus* Linnaeus) в разных частях региона (Селиховкин и др., 2022). Запаздывания сведений о формировании очага размножения и отнесения причин гибели древостоев к другой группе факторов особенно характерно для стволовых вредителей. Гибель древостоев в очагах стволовых вредителей нередко относится на счет воздействия климатических факторов, таких как засуха и изменение уровня грунтовых вод, низовые пожары, техногенное загрязнение и др., в то время как сформировавшийся в ослабленных древостоях очаг быстро распространяется на большой площади в здоровых древостоях. Например, масштабная вспышка короеда-типографа в Архангельской области в 2002–2005 гг., охватившая более 1 млн га, не нашла отражение в федеральной статистике (Состояние..., 2019; Данные..., 2022; Селиховкин и др., 2022).

Нередко в федеральной статистике площадь очага какого-либо вида вредителя не меняется в течение 2 лет и более. Например, площадь очагов соснового походного шелкопряда (*Thaumetopoea pinivora* (Treitschke) в Калининградской области с 1993 по 2002 г. составляла 6 га. Такую же площадь имел очаг обыкновенного елового пилильщика (*Nematus abietinus* Christ) с 1995 по 1998 г. Площадь очагов стволовых вредителей в Ленинградской области в 1993 и 1994 гг. достигала 2182 га. Если для почвенных вредителей или для вредителей лесных культур появление очага с фиксированной площадью вполне возможно, то в отношении короедов или хвоелистогрызущих вредителей такое состояние очага невозможно или крайне маловероятно. Однако в целом для больших площадей данные лесопатологического мониторинга характеризуют общие тенденции динамики массовых размножений.

Следующая проблема связана с нормативно-правовой базой, регулирующей проведение лесопатологических обследований и санитарно-оздоровительных мероприятий. Фатальная бюрократизация в этой области привела к тому, что санитарные рубки стали весьма затратным мероприятием, которое к тому же зачастую еще более ослабляет древостой, способствующий сохранению критической численности вредителей в насаждении (Гниненко, 2013; Селиховкин, 2022).

Цель данной работы – провести анализ сложившейся ситуации для таежных лесов Европейской части России и предложить подходы к решению этой проблемы.

АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ ДОКУМЕНТОВ

Нормативные документы в аспекте их эффективности в отношении вредителей. Любые действия в области защиты леса, начиная с лесопатологического мониторинга и заканчивая проведением мероприятий по контролю распространения и размножения патогенов и вредителей, регулируются следующими документами:

– «Порядок осуществления государственного лесопатологического мониторинга (ГЛПМ)» (2017);

– «Правила санитарной безопасности в лесах» (2020в);

– «Порядок проведения лесопатологических обследований (ЛПО) и формы актов лесопатологического обследования» (2020);

– «Правила осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов» (2020б);

– «Правила ликвидации очагов вредных организмов» (2020а).

К документам, регулирующим систему защиты леса в целом, можно отнести статьи 19, 50.7, 60.1–60.11 Лесного кодекса РФ (2006), а также Положение об осуществлении контроля за достоверностью сведений о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов и обоснованностью мероприятий, предусмотренных актами лесопатологических обследований, утвержденными уполномоченными органами государственной власти субъектов РФ, осуществляющими переданные им полномочия РФ в области лесных отношений, утвержденное Постановлением Правительства РФ от 12.11.2016 № 1158 (2016).

Согласно «Порядку осуществления государственного лесопатологического мониторинга (ГЛПМ)» (2017), основным источником информации фактически служат «в) сведения органов государственной власти субъектов Российской Федерации, уполномоченных в области лесных отношений, в том числе данные, полученные в результате лесопатологических обследований», которые проводятся более или менее систематически. Эти сведения могут дополняться другими источниками, а именно: а) данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ);

б) сведениями федеральных органов исполнительной власти; г) данными государственного лесного реестра; д) сообщениями граждан, юридических лиц и средств массовой информации; е) иными источниками информации о состоянии лесов и их количественных и качественных характеристиках (Порядок ГЛПМ, 2017, раздел I). Эти данные носят локальный характер и могут сильно запаздывать (например, ДЗЗ и данные госреестра в отношении вредителей), но при проведении инвентаризации очагов вредных организмов (Порядок ГЛПМ, 2017, раздел V) могут дать важную информацию. В итоге основным инструментом ГЛПМ остаются регулярные наземные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов и оценка санитарного и лесопатологического состояния лесов, в том числе по актам лесопатологических обследований (Порядок ГЛПМ, 2017, пункт 7, раздел I). Эти акты, в свою очередь, становятся единственным инструментом, обосновывающим проведение санитарно-оздоровительных мероприятий. Исключение составляет ситуация, когда в результате ЛПО устанавливается наличие очага вредных организмов. Она будет рассмотрена ниже.

Особенности следующих четырех документов: «Правила санитарной безопасности в лесах» (2020в), «Порядок проведения лесопатологических обследований...» (2020), «Правила осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов» (2020б), «Правила ликвидации очагов вредных организмов» (2020а), в аспекте их неэффективности в отношении контроля популяций вредителей рассматривались мной в предыдущих публикациях. Дополнительные изменения произошли при ревизии перечисленных нормативных актов в процессе реформы законодательной деятельности в области контрольно-надзорного законодательства или «регуляторной гильотины» (Селиховкин, 2021, 2022).

Правила санитарной безопасности в лесах. Шкала категорий состояния деревьев имеет очень важное значение для всех последующих действий. В действующих «Правилах санитарной безопасности в лесах» (2020в), как и ранее, за основу принята шкала категорий, предложенная А. И. Воронцовым с соавт. (1991). В действующих санитарных правилах 5-я категория заменена на 5(а), а 6-я – на 5(г). В обоих случаях основной признак, по которому оценивается категория состояния – характеристики хвои и кроны. Однако в категориях 4 и 5 (Воронцов и

др., 1991) и 4 и 5(а) (Правила..., 2020в) указаны дополнительные признаки и, в частности, заселение стволовыми вредителями. При этом для категории 4 (усыхающие) эти характеристики определяют заселение как заселение текущего года, так как возможность появления вылетных (летных) отверстий не указана. В категориях 5 и 5(а) (сухостой текущего года, или свежий сухостой) к признакам заселения добавляется возможное наличие летных отверстий.

Хорошо известно, что наличие заселения короедов и усачей на стволе для хвойных деревьев таежной зоны – ключевой признак для отнесения деревьев к категории состояния «свежий сухостой» 5(а) (Тальман, Катаев, 1964; Мозолевская и др., 1984; Катаев, Поповичев, 2001). По выражению Г.В. Стадницкого, эти признаки характеризуют состояние дерева как «теплый труп». Если оценка состояния кроны используется как единственный основной признак в действующей шкале категорий состояния, то это принципиально исказит картину распространения стволовых вредителей. Деревья, заселенные в мае–июне короедами, могут сохранять зелёную или бледно-зеленую крону даже в августе (Тальман, Катаев, 1964; Мозолевская и др., 1984; Катаев, Поповичев, 2001; Маслов, 2010; Селиховкин и др., 2022) (рис. 1). Согласно действующим нормативно-правовым документам, в том случае, если лесопатолог отнесет заселенные в текущем году деревья с зеленой кроной к категории 5(а), то при проверке актов ЛПО уполномоченными органами методами ДЗЗ и даже наземными методами обследования, акты будут признаны несоответствующими действительности, что может послужить основанием к проведению следственных действий.

Свежий сухостой в соответствии с указанными признаками может быть отнесен и к другим категориям, в особенности к категории 4 (табл. 1). В начале заселения, в мае–июне, признаки заселения стволовыми вредителями нередко плохо заметны. Для их идентификации необходимо подойти непосредственно к стволу, однако сохраняющаяся зеленая крона не предполагает, что заселение началось.

В этом случае деревья категории 5(а) могут также оцениваться категориями 1–3, за исключением случаев, когда зафиксирован очаг массового размножения (см. ниже). С другой стороны, при обследовании хвойных насаждений в августе или за пределами вегетационного сезона (в чистых хвойных древостоях допускается обследование в любое время) к старому сухо-



Рис. 1. Деревья в очаге массового размножения короеда-типографа. Глебычевское участковое лесничество (Рощинское лесничество) Ленинградской области, 18.08.2021. Видны ели (*Picea* A. Dietr.) с облетевшей корой, но сохранившие зеленую крону.

стою (категории 6 и 5(г)) в соответствии с приведенными характеристиками может быть отнесен и свежий сухостой.

Следует отметить, что Е. Г. Мозолева с соавт. (1984) приведена классификация деревьев сухостоя разных лет давности, которая затем была повторена А. И. Воронцовым с соавт. (1991), несколько иначе характеризующая свежий сухостой и сухостой прошлых лет, в еще большей степени смешивая эти категории.

Впервые шкала категорий состояния предложена в первой половине XX в. А. В. Яценковским (1931), а затем дополнена П. Н. Тальманом

и О. А. Катаевым (1964). В ней наличие заселения стволовыми вредителями было основой характеристики категорий «свежий сухостой» и «старый сухостой». Этот подход подтвержден в последующих публикациях (Мозолева и др., 1984; Катаев, Поповичев, 2001). Наличие заселения стволовыми вредителями – принципиально важный для таежных лесов признак, так как однозначно характеризует свежий сухостой (сухостой текущего года) и старый. При этом на сухостое текущего года (свежий сухостой) летные отверстия могут появляться только в конце лета, но крона может оставаться зеленой. На сухостое

Таблица 1. Шкала категорий состояния хвойных деревьев

Категория состояния	Воронцов и др., 1991	Правила санитарной безопасности в лесах, 2020
1 – здоровые (без признаков ослабления)	Хвоя зеленая блестящая, крона густая, прирост текущего года нормальный для данной породы, возраста, условий местопроизрастания и сезона	Деревья нормального развития, крона густая, нормальной формы (для этой породы, возраста, условий местопроизрастания и сезонного периода), окраска и величина хвои (листвы) нормальные, прирост текущего года нормального размера, повреждения вредителями и поражение болезнями отсутствуют, без механических повреждений ствола, скелетных ветвей, ран и дупел
2 – ослабленные	Хвоя светлее обычного, крона слабоажурная, прирост уменьшен более чем наполовину по сравнению с нормальным. Возможны признаки местного повреждения ствола и корневых лап, ветвей	Деревья с начальными признаками ослабления, крона разреженная, хвоя светло-зеленая, прирост уменьшен, но не более чем наполовину, отдельные ветви засохли, в кроне менее 25 % сухих ветвей, возможны признаки местного повреждения ствола и корневых лап, ветвей, допустимо наличие механических повреждений и небольших дупел, не угрожающих их жизни
3 – сильно ослабленные	Хвоя светло-зеленая или сероватая матовая, крона ажурная, прирост уменьшен более чем наполовину по сравнению с нормальным. Возможны признаки повреждения ствола, корневых лап, ветвей, объедания хвои, выраженные сильнее, чем у предыдущей категории деревьев; попытки поселения или удавшееся местное поселение стволовых вредителей на стволе и ветвях	Деревья в активной стадии повреждения неблагоприятными факторами с явно выраженными признаками ухудшения состояния, крона ажурная, слабо развита, хвоя светло-зеленая, матовая, прирост слабый, менее половины обычного, наличие усыхающих или усохших ветвей, усыхание ветвей до 2/3 кроны, сухих ветвей от 25 до 50 %, плодовые тела трутовых грибов или характерные для них дупла, возможны значительные механические повреждения ствола, суховершинность, часто имеются признаки повреждения болезнями и вредителями ствола, корневых лап, ветвей, хвои, в том числе, попытки или местные поселения стволовых вредителей
4 – усыхающие	Хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая, крона заметно изрежена, прирост текущего года еще заметен или отсутствует. Признаки повреждения ствола и других частей дерева выражены сильнее, чем у предыдущей категории, возможны признаки заселения деревьев стволовыми вредителями (смоляные воронки, буровая мука, насекомые на коре, под корой и в древесине)	Деревья, поврежденные в сильной степени с максимальной вероятностью их усыхания в текущем вегетационном периоде, крона сильно ажурная, изреженная, хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая, прирост очень слабый или отсутствует, хвоя на побеге текущего года не развита, усыхание более 2/3 ветвей, сухих ветвей более 50 %, на стволе и ветвях выражены явные признаки заселения стволовыми вредителями (входные отверстия, насечки, смолоотечение, смоляные воронки, буровая мука и опилки, насекомые на коре, под корой и в древесине)
5 – сухостой текущего года (Воронцов и др., 1991) или 5(а) – свежий сухостой (Правила..., 2020в)	Хвоя серая, желтая или бурая, крона часто изрежена, мелкие веточки сохраняются, кора сохранена или осыпалась лишь частично. Признаки предыдущей категории; в конце сезона возможно наличие на части дерева вылетных отверстий насекомых	Деревья, полностью утратившие жизнеспособность, в том числе деревья, усохшие в течение текущего вегетационного периода, хвоя серая, желтая или красно-бурая, кора частично опала, на стволе, ветвях и корневых лапах часто признаки заселения стволовыми вредителями или их вылетные отверстия
6 – сухостой прошлых лет (старый) (Воронцов и др., 1991) или 5(г) – старый сухостой (Правила..., 2020б)	Хвоя осыпалась или сохранилась лишь частично, мелкие веточки, как правило, обломились, большая часть ветвей и кора осыпались	Деревья, полностью утратившие жизнеспособность, в том числе деревья, погибшие в предшествующие годы, живая хвоя (листва) отсутствует или сохранилась частично, мелкие веточки и часть ветвей опали, кора разрушена или осыпалась частично или полностью, на стволе и ветвях имеются вылетные отверстия насекомых, стволовые вредители вылетели, в стволе возможно наличие мицелия дереворазрушающих грибов, снаружи – плодовых тел трутовиков

Таблица 2. Категории состояния деревьев в очагах стволовых вредителей (Катаев, Поповичев, 2001).

Категория состояния	Причины ослабления		
	Засухи и корневые гнили	Огонь	Дефолиация
4 – усыхающие	С сильно ажурной кроной без прироста, усыхание до 2/3 ветвей, могут быть попытки поселения	Ожог кроны более 2/3, ствола – более 4 м, шейки корня – более 80 %	Потеря хвои более 2/3
5 – сухостой текущего года	С пожелтевшей или бурой хвоей или без неё. Иногда крона может быть даже зеленой. С поверхности ствола обнаруживаются входные отверстия короедов и высypающаяся «буровая мука», скапливающаяся у основания ствола. Под корой насекомые на разных фазах развития. В конце лета на коре могут быть летные отверстия. Иногда при нападении дятлов кора может отваливаться		
6а – сухостой прошлого года	Хвоя полностью опала, но сохранились все мелкие веточки. Короеды вылетели. Вылетели усачи с однолетней генерацией. Ещё нет летных отверстий большого черного усача и рогохвостов с 2-летней генерацией. Кора, как правило, еще не опала. Древесина не потемнела не растрескалась		
6б – старый сухостой	Без хвои. Кора и мелкие веточки частично или полностью опали. Все вредители вылетели. Древесина потемнела и растрескалась		

прошлого года могут быть летные отверстия усачей (например, *Tetropium* spp.), но отсутствуют летные отверстия видов с 2-летней генерацией (например, черных усачей *Monochamus* spp.). На более старом сухостое будут летные отверстия большинства стволовых вредителей, включая усачей и рогохвостов (Siricidae Billberg). На деревьях категории 4 (усыхающие), напротив, не должно быть поселений стволовых вредителей. Возможно наличие только попыток поселения (табл. 2).

Существуют некоторые исключения, например поселения рогохвостов по сухобочинам. Наличие таких локальных поселений не меняет картину в целом.

К признакам, характеризующим время гибели дерева, можно добавить хорошо заметные уходы усачей и златок (Buprestidae Leach) в древесину на зимовку, окукливание смолёвок (*Pissodes* Germar), наличие кукольных колыбелек рагиумов (*Rhagium* Fabricius) и т. д. Эти признаки требуют снятия коры и более детального знания видов и их биологии, что бесспорно усложнит работу лесопатолога. Предложенные П. Н. Тальманом и О. А. Катаевым (1964) и другими авторами характеристики делают необходимым только поверхностный осмотр стволов (Тальман, Катаев, 1964; Мозолевская и др., 1984; Катаев, Поповичев, 2001), но и это приведёт к некоторому затруднению процедуры ЛПО. Однако обязательное выявление наличия и характера заселения позволят чётко разграничить категории состояния хвойных для тяжёлых лесов и оценить реальную плотность популяций

стволовых вредителей в хвойных насаждениях. Тем не менее А. И. Воронцовым с соавт. (1991) почему-то такой подход был изменён. Заселение деревьев короедами стало дополнительной характеристикой для деревьев, относящейся, в том числе, и к четвертой категории состояния.

При современном подходе (Правила, 2020г) данные, характеризующие состояние популяций стволовых вредителей в древостое, будут запаздывать не менее чем на год, так как свежий сухостой, т. е. деревья, заселенные в текущем году, могут быть указаны как деревья практически любой категории, в том числе и 1–3. В итоге предлагаемая оценка состояния только по кронам деревьев и смешивание категорий состояния «усыхающие», «свежий сухостой» и «старый сухостой» по признакам заселенности приводят к потере целесообразности при применении действующей шкалы категорий для оценки сроков развития и плотности популяций стволовых вредителей. Оценка состояния деревьев, когда в качестве приоритетного признака указывается только состояние кроны, недопустима.

Лесопатологическое обследование и назначение санитарно-оздоровительных мероприятий. «Порядок проведения лесопатологических обследований и формы актов лесопатологического обследования» (2020) предусматривает длительную многоступенчатую процедуру проведения, проверки и согласования (Селиховкин, 2017, 2021). В результате реформы законодательной деятельности в области контрольно-надзорного законодательства («регуляторная гильотина») сроки рассмотрения

актов ЛПО и последующего назначения СОМ несколько сократились (Селиховкин, 2021). Тем не менее эта процедура остается чрезвычайно сложной и включает ряд шагов (Порядок..., 2020): пункт 3 – поступление информации о лесопатологической проблеме в уполномоченный орган; пункт 5 – проверка информации (7 дней); пункт 6 – отправка информации в учреждение, осуществляющее ГЛПМ (3 дня). После этого организуется проведение ЛПО. В случае конкурсного отбора участников эта процедура займет не менее 2 мес. Затем проводится визуальное ЛПО, а по его результатам – инструментальное. В обоих случаях оформляются акты ЛПО, представляющие собой весьма непростой документ, предусматривающий фотофиксацию с использованием геотегов. Через 13 дней (передача, проверка и размещение актов в ЛПО в интернете) можно приступать к проведению СОМ. В итоге даже при максимально быстром проведении всех мероприятий, проведение СОМ будет проходить за пределами вегетационного сезона, в течение которого проводилось ЛПО. Последствия понятны – наиболее опасные виды стволовых и хвоегрызущих вредителей успешно закончат развитие и уйдут на зимовку.

После проведения ЛПО «в акте лесопатологического обследования указываются выборка деревьев по категориям состояния (в процентах), полнота лесного насаждения после уборки деревьев, подлежащих рубке, назначения мероприятий, степень поражения лесного насаждения, причины повреждения и гибели лесных насаждений» (Порядок..., 2020), т. е. результаты ЛПО представляют собой основу для назначения санитарно-оздоровительных мероприятий, проведение которых регулируются «Правилами осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов» (2020б).

Что же именно является основой для назначения санитарно-оздоровительных мероприятий (СОМ), в число которых входят прежде всего сплошные и выборочные санитарные рубки?

При назначении сплошных и выборочных санитарных рубок в обязательном порядке отбираются деревья 5–6-й категорий состояния. Допускается назначение в сплошную и выборочную санитарную рубку деревьев хвойных пород 4-й категории состояния (Правила..., 2020б). Кроме того, в рубку могут быть отведены деревья, имеющие специфические повреждения или заболевания. Эти положения не вызывают возражений. Следует отметить только один

момент – категория 6 в «Правилах санитарной безопасности в лесах» (2020а) отсутствует, ее заменила категория 5(г), а в «Правилах осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов» (2020б) эта категория почему-то сохранилась.

Основная проблема назначения СОМ связана с критериями их назначения. В частности, «сплошная санитарная рубка проводится в лесных насаждениях, в которых после уборки деревьев, подлежащих рубке, полнота становится ниже предельных величин...» (п. 40, Правила..., 2020б). При этом ее предельная величина составляет 0.3 или 0.5 (в отдельных случаях – 0.6). Расчет изменения полноты ведется по запасу. Никаких критериев, связанных с размножением вредителей, распространением болезней, их популяционными характеристиками нет.

Следует отметить, что в ситуации, когда проведение СОМ по отношению к вылету вредителей запаздывает не менее чем на год, использовать критерии, связанные с их размножением, действительно не имеет смысла. Таким образом, в процессе проведения СОМ убирается старый сухостой, в большинстве случаев не несущий лесопатологической угрозы. Исключение могут составлять черные усахи, цикл развития которых в северных лесах составляет 2 или 3 года, и возбудители заболеваний – грибы, бактерии, вирусы, возможно нематоды.

Следующий и последний документ в системе лесозащиты – «Правила ликвидации очагов вредных организмов» (2020а). Наличие очагов и их характеристики (вид вредителя, тип болезни, площадь и другие параметры) могут быть зафиксированы в процессе проведения визуального ЛПО и иными способами, а затем отражены в системе ГЛПМ. Конечно, полученная информация будет принята во внимание, но только после обнаружения очага через год и более. Если очаг обнаружен, то вступает в действие упомянутый документ (Правила..., 2020а), в соответствии с которым проводится обследование очага, а затем – следующие действия: «а) проектирование, планирование и согласование мероприятий (на основе данных государственного лесопатологического мониторинга, полученных при инвентаризации очагов вредных организмов) и б) подтверждение численности вредных организмов», возможно «в) проведение подготовительных и организационных мероприятий; г) проведение мероприятий по уничтожению или подавлению численности вредных организмов в лесных насаждениях, заселенных вредными организмами».

ми». Учитывая, что эта процедура следует за результатами ЛПО, можно не сомневаться, что любые мероприятия по ликвидации очагов, за исключением распространения дендропатогенных организмов, не приведут к снижению численности вредителей. Кроме того, в некоторых случаях, например при применении пестицидов, за счет подавления активности паразитоидов и хищников и нарушения популяционной структуры вредителей, могут сложиться условия, благоприятные для размножения вредителей.

Среди мероприятий по ликвидации очагов предусмотрена и рубка насаждений (пп. 43–46); в частности, при заселении стволовыми вредителями могут вырубаться деревья категорий состояния 1–3 (п. 44). Формулировка этого пункта показывает, что заселенные короедами деревья с зеленой кроной могут и должны быть отнесены к здоровым или ослабленным деревьям в соответствии с действующими «Правилами санитарной безопасности» (2020б)! В случае, если очаг охватывает сотни гектаров, то даже при запаздывании проведения санитарных рубок часть стволовых вредителей удастся убрать из древостоя, в частности усачей, а если рубка проводится в мае–августе, то и короедов (во второй половине лета развивается второе и сестринские поколения). Однако появление очагов большой площади и последующее проведение мероприятий – это огромные финансовые потери, ухудшение состояния лесного фонда и негативные социальные последствия. Последнее весьма важно, так как население болезненно реагирует на массовую гибель лесов, особенно в тех районах, где они несут высокую рекреационную нагрузку. В том случае, если очаг будет зафиксирован на небольшой площади в несколько гектаров, то его ликвидация не даст эффекта из-за запаздывания информации.

Сохраняются требования «п. 56. Порубочные остатки после выборочных и сплошных санитарных рубок подлежат сжиганию, измельчению, обработке пестицидами или вывозу в места, предназначенные для переработки древесины» (Правила..., 2020б) и «п. 42. В очагах вредных организмов, повреждающих (поражающих) древесину, порубочные остатки подлежат обязательному сжиганию с соблюдением правил пожарной безопасности в лесах, утвержденных в установленном лесным законодательством порядке» (Правила, 2020б). Негативных последствий из-за создания пожарной опасности, уничтожения энтомофагов, повреждения лесной подстилки, уничтожения растений, не говоря

уже о выбросах CO₂, будет немало, а позитивные возможны только в редких случаях при наличии специфических инфекций.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Действующая нормативная база в области лесозащиты в таежных лесах приводит к искажению информации в системе ГЛПМ за счет неверного определения категорий состояния, фатального запаздывания сведений о состоянии древостоев в отношении вредителей, неверного подхода к назначению СОМ, основывающегося на оценке изменения полноты древостоя, а также отсутствия реальной оценки роли вредителей в древостое.

Эта проблема обсуждалась на примере Ленинградской области, в ельниках которой после вспышки массового размножения короеда-типографа и других видов стволовых вредителей в 2011–2015 гг. постоянно сохранялся значимый короедный запас (количество особей на гектар) (Селиховкин и др., 2016, 2017, 2018). В 2021 г. началась новая масштабная вспышка размножения короеда-типографа, основой для ее развития послужили небольшие локальные очаги, состоящие из 3–15 деревьев (Селиховкин и др., 2022) (рис. 2). Критическая численность короедного запаса для короеда-типографа составляет 90–110 тыс. особей/га (Маслов, 2010). На Карельском перешейке при успешном развитии с одной ели диаметром на высоте груди 30–35 см вылетает не менее 10–15 тыс. молодых жуков. Таким образом, всего 8–9 елей, заселенных этим вредителем, могут сформировать короедный запас, необходимый для успешного старта вспышки.

В Ленинградской области исходный короедный запас типографа в 2021 г. оценивался примерно в 187 тыс. особей/га (Селиховкин и др., 2022).

Короедный прирост составил 3 млн молодых особей/га. Эта огромная численность была достигнута за счет первого в истории наблюдений в этом регионе появления массового второго поколения короеда-типографа и развития двух полноценных сестринских поколений.

Следует отметить, что в Учебно-опытном лесничестве Ленинградской области (Лисинский лесхоз Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета), где в 2021 г. нами проводилось практически полное обследование взрослых еловых насаждений, короед-типограф обнаружен в незначительных количествах



Рис. 2. Типичные куртины елей, погибших в результате размножения короеда-типографа в Северо-Западном лесничестве (а, снимок 2016 г.) и Житковском участковом лесничестве (Рощинское лесничество) во время вспышки размножения стволовых вредителей в 2012–2014 гг. (б, снимок 2017 г.).

(Пуйто и др., 2021). На этой территории в силу ряда административно-правовых причин санитарные рубки и другие лесохозяйственные мероприятия не проводились начиная с 2011 г. и численность короеда-типографа не увеличилась.

Таким образом, накопленный короедный запас, сформировавшийся далеко не в последнюю очередь за счет санитарных рубок, привел к ожидаемому результату – возникновению вспышки массового размножения. Своевременная (т. е. до вылета молодого поколения) уборка небольших куртин елей, заселенных короедом-типографом, позволила бы решить проблему. Однако это невозможно сделать по изложенным выше причинам.

Еще одна возможность убрать заселенные деревья – выборочные санитарные рубки. Ранее, в предыдущей редакции Правил санитарной безопасности, указывалось, что площадь сплошной санитарной вырубki должна составлять не менее 0.1 га. В современной редакции отмечено, что может вырубаться лесопатологический

или лесотаксационный выдел без ограничения размера (Правила..., 2020б). Однако небольшие куртины заселенных елей занимают площадь 0.01–0.03 га (10–30 м²). Проведение сплошной рубки в таких лесопатологических выделах при условии согласования уполномоченным органом субъекта Федерации возможно в случаях, если лесопатологический выдел примыкает к дорогам или открытым участкам. При этом выборочные рубки в ельниках, относящихся к защитным лесам, запрещены (Правила..., 2020б).

При росте суммы эффективных температур, обеспечивающих все более успешное развитие короеда-типографа (Selikhovkin et al., 2021; Селиховкин и др., 2022), и отсутствии реальных возможностей для регуляции плотности популяции стволовых вредителей в условиях действующей нормативно-правовой базы лесозащиты вспышка массового размножения короеда-типографа и сопутствующих видов (короеда-гравера и жуков-усачей) может успешно развиваться. В дальнейшем, по мере формирования доступной

кормовой базы для короеда-типографа (спелые и перестойные ельники, ослабленные действием различных факторов), вспышки будут повторяться.

Пути решения проблемы. Изменение нормативной базы лесозащиты с целью повышения ее эффективности – сложная задача. Однако в любом случае необходимо ввести в шкалу категорий состояния признак заселенности вредителями как основной, четко разделив 4-ю, 5-ю и 6-ю категории состояния по этому признаку (табл. 2). Понятно, что при наличии зеленой кроны дерева, относящиеся к категории «свежий сухостой» или, лучше, «сучостой текущего года», далеко не во всех случаях будут обнаружены. Однако четкое распределение хвойных деревьев по категориям улучшит качество собираемой информации и даст более адекватное представление о состоянии популяций стволовых вредителей.

Существующие документы в первую очередь нацелены на возможность полного контроля всех лесозащитных мероприятий. Особенно показателен в этом плане документ, регулирующий проведение ЛПО, в котором пошагово регламентированы все действия (Порядок..., 2020). Если упростить процедуру отчетности и сократить сроки процедуры, станет возможной вырубка заселенных деревьев с зелеными кронами, но это приведет к резкому снижению контроля процедуры. Дистанционные методы в этом случае малоэффективны, наземный контроль результатов детального ЛПО из-за необходимости сокращения сроков также вряд ли удастся осуществить. Кроме того, вырубка таких деревьев приведет к крайне негативной реакции населения. Доверие к ответственным пользователям, вероятно, могло бы решить эту проблему, но создание такой социально-экономической среды в настоящее время вряд ли возможно. Если оставить процедуру ЛПО (за исключением шкалы категорий состояния) и СОМ в неизменном виде, то для таежных лесов целесообразно минимизировать объемы санитарных рубок. При соблюдении всех установленных нормативов выбирается исключительно старый сухостой. Эту древесину можно использовать очень ограничено, в основном в биоэнергетике, при этом затраты на проведение ЛПО и СОМ будут достаточно велики. Процедура становится весьма затратной. Вырубка старого сухостоя имеет существенное значение для снижения пожарной опасности, но в таежных лесах наличие старого сухостоя не отражается на увеличении чис-

ленности вредителей. Опасные виды заселяют только живые деревья или деревья с еще влажным лубом (ветровал, бурелом). При этом проведение сплошных санитарных рубок негативно скажется на состоянии лесных экосистем за счет повреждения и ослабления древостоя в стенах леса. Увеличение освещенности стволов также будет способствовать успешному развитию короедов. И напротив, небольшие участки погибшего леса площадью 1–2 га, расположенные внутри лесного массива, могут хорошо и быстро восстанавливаться. В частности, при проведении лесопатологического обследования в Житковском участковом лесничестве Рошинского лесничества в 2016–2017 гг. выявлено довольно много куртин или лесопатологических выделов площадью до 1–2 га, поврежденных стволовыми вредителями в 2012–2015 гг. Санитарные рубки в этом лесничестве почти не проводились и в местах гибели древостоев наблюдалось прекрасное возобновление хвойных. Новые очаги стволовых вредителей отсутствовали (рис. 3).

Учитывая все вышесказанное, во влажных типах леса в очагах размножения вредителей целесообразно минимизировать проведение санитарных рубок.

Одна из фактически неиспользуемых возможностей контроля численности вредителей и, в особенности в стволовых в хвойных древостоях, – проведение мероприятий, отнесенных к профилактическим. К ним относятся, в том числе, пункты 14.в) применение пестицидов и биологических средств защиты леса для предотвращения появления очагов вредных организмов и 18.б) охрана местообитаний, выпуск, расселение и интродукция насекомых-энтомофагов; г) использование феромонов (Правила..., 2020б). Однако эти мероприятия также должны проводиться на основании актов ЛПО, что резко снижает их возможную эффективность по причинам, которые обсуждались выше.

Хорошо известно, что стратегия контроля популяций стволовых вредителей предусматривает комбинацию разных методов, где санитарным рубкам отводится отнюдь не ведущая роль (Fettig, Hilszczański, 2015). Например, массовое использование феромонных ловушек дало очень неплохой эффект и позволило резко снизить численность короеда-типографа в Норвегии (Bakke, 1989) и Бельгии (Raty et al., 1995). Для того чтобы эти методы могли полноценно использоваться в таежных лесах России, неразрушающие методы контроля плотности популяций вредителей, т. е. феромонные ловушки, расселе-



Рис. 3. Возобновление ели в Житковском участковом лесничестве (Рощинское лесничество) после ветровала и размножения стволовых вредителей в 2012–2014 гг. (фото 2017 г.).

ние и интродукцию энтомофагов и иные биологические методы борьбы с вредителями, целесообразно исключить из структуры нормативных документов. Их применение должно находиться в зоне ответственности региональных структур и не регулироваться федеральным законодательством. Это даст потенциальную возможность эффективно использовать указанные методы, в том числе разнообразные антифиданты, ловчие деревья (метод, прекрасно себя зарекомендовавший уже в XIX в. и применявшийся до конца XX в.), а также разработать новые методы, позволяющие предотвращать развитие очага и санитарные рубки. В этом плане хороший пример предоставили органы управления город-

скими и пригородными насаждениями Санкт-Петербурга, которые смогли принять в 2021 г. оперативные меры по контролю распространения ясеновой изумрудной златки (Selikhovkin, Khodachek, 2021; Selikhovkin et al., 2021). Законодательные ограничения здесь минимальны и в некоторых случаях удаётся довольно удачно решить проблему распространения вредителей. Критерием для проведения подобных мероприятий должны быть популяционные характеристики вредителей. Например, для стволовых вредителей – короедный запас (число особей родительского поколения на гектар) и энергия размножения (отношения числа особей молодого поколения к родительскому).

ВЫВОДЫ

В результате проведенного анализа для повышения качества системы лесопатологического мониторинга и эффективности лесозащиты в таежных лесах предлагается сделать следующее:

1. Изменить шкалу категорий состояния следующим образом:

1.1. Учитывать наличие поселений стволовых вредителей на хвойных деревьях таежной зоны как обязательную и доминирующую характеристику, т. е. при наличии поселений стволовых вредителей характер поселений становится определяющим для отнесения хвойных древесных растений к той или иной категории.

1.2. Для категории состояния 4 (усыхающие) исключить возможность появления поселения стволовых вредителей. Для деревьев этой категории возможно только наличие попыток поселения стволовых вредителей.

1.3. При наличии поселений стволовых вредителей, не закончивших развитие в вегетационном сезоне текущего года, деревья характеризовать категорией состояния «сухостой текущего года», или «свежий сухостой» (первая формулировка предпочтительней). При этом в конце вегетационного сезона могут появиться летные отверстия короедов. В таежных лесах появление летных отверстий усачей для этой категории исключено.

1.4. В сухостое прошлого года отмечать наличие летных отверстий короедов, а начиная с середины июня – златок, усачей, смолевок и других стволовых вредителей.

2. При расположении лесопатологического выдела внутри лесного массива в сырых типах леса и его площади менее 1–2 га (требует уточнения для разных типов леса и географических условий) не проводить санитарные рубки, за исключением появления опасных видов патогенов.

3. Вывести из нормативно-правовой базы лесозащиты профилактические мероприятия и иные методы контроля распространения и размножения вредителей и патогенов, не связанные с вырубкой деревьев, и предложить ответственным лесопользователям применять эти мероприятия на основе взаимодействия с уполномоченным органом субъекта Российской Федерации.

4. Исключить из нормативной документации возможность сжигания порубочных остатков, кроме случаев развития специфических заболеваний, при которых даже транспортировка порубочных остатков представляет потенциальную опасность для окружающих насаждений.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 21-16-00065. <https://rscf.ru/project/21-16-00065/>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баранчиков Ю. Н. Инвазийные организмы в лесах России и межведомственные противоречия // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах (XI чтения памяти О. А. Катаева): Материалы Всерос. конф. с междунар. участ., Санкт-Петербург, 24–27 ноября 2020 г. СПб.: СПбГЛТУ, 2020. С. 72–73.
- Воронцов А. И., Мозолевская Е. Г., Соколова Э. С. Технологии защиты леса. М.: Экология, 1991. 304 с.
- Гниненко Ю. И. Современное состояние защиты леса – потребность в инновациях // Защита леса – инновации во имя развития. Бюл. Пост. Комиссии ВПРС МОББ по биол. защите леса. Вып. 9. Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. С. 33–36.
- Гниненко Ю. И. Очаги массового размножения вредных лесных насекомых // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах (XI чтения памяти О. А. Катаева): Материалы Всерос. конф. с междунар. участ., Санкт-Петербург, 24–27 ноября 2020 г. СПб.: СПбГЛТУ, 2020. С. 132–133.
- Данные Федерального агентства лесного хозяйства за 1977–2022. М.: Фед. агентство лесн. хоз-ва (Рослесхоз), 2022.
- Катаев О. А., Поповичев Б. Г. Лесопатологическое обследование для изучения стволовых насекомых в хвойных древостоях: учеб. пособие по выполнению курсовых, аттестац., диплом. работ и магистр. дис. по лесной энтомологии и защите леса. СПб.: СПбГЛТА, 2001. 72 с.
- Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 26.03.2022). М., 2006.
- Маслов А. Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. Пушкино: ВНИИЛМ, 2010. 138 с.
- Мозолевская Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.
- Порядок осуществления государственного лесопатологического мониторинга. Утв. Приказом Минприроды России от 05.04.2017 № 156. М.: Мин-во природ. рес. и экол. РФ, 2017.
- Порядок проведения лесопатологических обследований и формы актов лесопатологического обследования. Утв. Приказом Минприроды России от 09.11.2020 № 910. М.: Мин-во природ. рес. и экол. РФ, 2020.
- Постановление Правительства РФ от 12.11.2016 № 1158 «Об утверждении Положения об осуществлении контроля за достоверностью сведений о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов и обоснованностью мероприятий, предусмотренных актами лесопатологических обследований, утвержденных уполномоченными органами государственной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющими переданные им полномочия Российской Федерации в области лесных отношений». М.: Правительство РФ, 2016.

- Правила ликвидации очагов вредных организмов. Утв. Приказом Минприроды России от 09.11.2020 № 913. М.: Мин-во природ. рес. и экол. РФ, 2020а.
- Правила осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов. Утв. Приказом Минприроды России от 09.11.2020 № 912. М.: Мин-во природ. рес. и экол. РФ, 2020б.
- Правила санитарной безопасности в лесах. Утв. Постановл. Правительства РФ от 09.12.2020 № 2047. М.: Правительство РФ, 2020в.
- Пуйто А. А., Поповичев Б. Г., Селиховкин А. В. Состояние ельников и стволовые вредители Лисинской части учебно-опытного лесничества филиала ЛОГКУ «ЛЕНОБЛЛЕС» // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве: Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2021 г. СПб.: СИНЭЛ, 2021. С. 104–107.
- Селиховкин А. В. Эффективность санитарно-оздоровительных мероприятия в современных условиях на примере Ленинградской области // Изв. СПбЛТА. 2017. Вып. 221. С. 35–51.
- Селиховкин А. В. Регуляторная гильотина и эффективность лесозащиты // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы VI Всерос. науч.-тех. конф., Санкт-Петербург, 26–28 мая 2021 г. Т. 2. СПб.: СПбГУТУ. 2021. С. 152–155.
- Селиховкин А. В. Вспышкам массового размножения короедов в лесах России быть! // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: Материалы III Всерос. конф. с междунар. участ., Москва, 11–15 апреля 2022 г. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2022. С. 124–125.
- Селиховкин А. В., Ахматович Н. А., Варенцова Е. Ю., Поповичев Б. Г. Размножение короеда-типографа и других дендропатогенных организмов в лесах Карельского перешейка // Лесоведение. 2018. № 6. С. 426–433.
- Селиховкин А. В., Варенцова Е. Ю., Поповичев Б. Г. Сплошные санитарные рубки как метод контроля плотности популяций стволовых вредителей и распространения дендропатогенных организмов в современных условиях на примере Ленинградской области // Изв. СПбЛТА. 2017. Вып. 220. С. 186–199.
- Селиховкин А. В., Глебов Р. Н., Магдеев Н. Г., Ахматович Н. А., Поповичев Б. Г. Оценка роли насекомых и дендропатогенных организмов в усыхании древостоев Ленинградской области и Республики Татарстан // Лесоведение. 2016. № 2. С. 83–95.
- Селиховкин А. В., Мамаев Н. А., Мартирова М. Б., Меркурьев А. С., Поповичев Б. Г. Новая вспышка массового размножения короеда-типографа *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) в Ленинградской области и её особенности // Энтомол. обозрение. 2022. Т. 101. № 2. С. 239–251.
- Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области на 2018 г. Доклад / Ред. Э. В. Шашин. Архангельск: Мин-во природ. рес. и лесопром. компл. Арханг. обл., 2019. 454 с.
- Тальман П. Н., Катаев О. А. Методы лесозентомологических обследований: учеб. пособ. для студентов лесохоз. фак. Л.: Всесоюз. заоч. лесотех. ин-т, 1964. 120 с.
- Яценковский А. В. Главнейшие вредные насекомые в лесах СССР. 2-е изд., доп. и перераб. М.; Л.: Гос. изд-во с.-х. и колхоз.-кооп. лит-ры, 1931. 115 с.
- Bakke A. The recent *Ips typographus* outbreak in Norway: Experiences from a control program // Holarctic Ecol. 1989. V. 12. N. 4. P. 515–519.
- Fettig C. J., Hilszczański J. Management strategies for bark beetles in conifer forests. Chapter 14. In: Bark beetles. Biology and ecology of native and invasive species / F. E. Vega, R. W. Holfstetter (Eds.). London, UK: Elsevier Acad. Press, 2015. P. 555–584.
- Raty L., Drumont A., Windt N. de, Grégoire J.-C. Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.: traps or trap trees? // For. Ecol. Manag. 1995. V. 78. Iss. 1–3. P. 191–205.
- Selikhovkin A., Merkuriev S., Khodachek A. Native and alien tree insect pests: climate change impact and economic losses in Northwestern Russia // Proc. Biol. Life Sci. Forum 2021, 1, x. 2021. 1st Int. Electronic Conf. on Entomol. Session Forest and Urban Entomol., 1–15 Jul., 2021. 68x. <https://sciforum.net/manuscripts/10412/manuscript.pdf>
- Selikhovkin A. V., Khodachek A. M. Invasion of emerald ash borer in St. Petersburg and economic assessment of the consequences // Invasion of alien species in Holarctic. Borok-VI: Sixth Int. Symp., Oct. 11–15, 2021, Uglich, Russia. Book of abstracts / Yu. Yu. Dgebuadze, A. V. Krylov, V. G. Perosyan, D. P. Karabanov (Eds.). Kazan: Buk, 2021. P. 196.

NORMATIVE-LEGAL BASIS OF FOREST PROTECTION AND ITS EFFICIENCY IN REGULATION OF PEST POPULATION DENSITY IN TAIGA FORESTS

A. V. Selikhovkin

*Saint-Petersburg State Forest Technical University
Institutskiy pereulok, 5, St. Petersburg, 194021 Russian Federation*

E-mail: a.selikhovkin@mail.ru

An analysis was made of the current version of the documents that provide information on the dynamics of the density of pest populations and determine the appointment and implementation of sanitation activities in the forests of the Russian Federation, including the Procedure for the implementation of state forest pathological monitoring, the Rules for sanitation safety in forests; The procedure for conducting forest pathological examinations; Rules for the implementation of measures to prevent the spread of harmful organisms; Rules for the elimination of foci of harmful organisms. It has been established that in the zone of taiga forests, the legal framework for forest protection does not provide representative information on the state of pest populations, sanitation measures do not reduce the number of pests. A proposal has been made to change the scale of condition categories, especially categories 4 (shrinking), 5a (fresh dead tree) and 5d (dead tree). It is proposed to use the population of bark beetles and wood borer insects as the main characteristic of the state of trees along with the state of the crown. When the forest pathological unit is located in a small area inside the forest in wet forest types, it is recommended not to carry out sanitary felling, except in cases of the appearance of dangerous types of pathogens. It is proposed to remove preventive measures and other methods of controlling the spread and reproduction of pests and pathogens that are not related to tree felling from the legal framework of forest protection, and invite responsible forest users to apply these measures based on interaction with the authorized body of the subject of the Russian Federation. It is necessary to exclude from the normative documentation the possibility of burning logging residues, except for cases of development of specific diseases, in which even the transportation of logging residues poses a potential danger to the surrounding plantations.

Keywords: *bark beetles and wood borers, forest pathological examination, forest health measures.*

How to cite: *Selikhovkin A. V. Normative-legal basis of forest protection and its efficiency in regulation of pest population density in taiga forests // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 29–42 (in Russian with English abstract and references).*

УДК 630*453+595.768.24(571.1/.5)

СОЮЗНЫЙ КОРОЕД – НОВЫЙ ВЫЗОВ ДЛЯ ЛЕСОЗАЩИТЫ В СИБИРИ

С. А. Кривец¹, И. А. Керчев¹, Э. М. Бисирова^{1,2}, Н. А. Смирнов¹, Е. Н. Пац¹

¹ Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, Томск, просп. Академический, 10/3

² Томский филиал Всероссийского центра карантина растений
634069, Томск, просп. Фрунзе, 109А

E-mail: krivec_sa@mail.ru, ivankerchev@gmail.com, bissirovaem@mail.ru,
niknov918@gmail.com, patz_imces@mail.ru

Поступила в редакцию 12.07.2022 г.

Приведен обзор проблем в защите кедровых лесов Сибири, возникших в связи с недавней инвазией европейского вселенца – союзного короеда (*Ips amitinus* (Eichh.)), сформировавшего очаги массового размножения на территории Томской и Кемеровской областей. По результатам собственных исследований обсуждены сложности индикации и раннего выявления вида, оценки состояния древостоев и популяций короеда в очагах размножения, проведения мероприятий, направленных на предотвращение распространения агрессивного чужеродного вида. Показаны объективные причины неэффективности защиты лесов от этого насекомого на современном этапе: отсутствие информационного и научно-методического ее обеспечения с учетом особенностей биологии и экологии нового вредителя; отсутствие разработанной технологии практического применения защитных мероприятий в условиях специфического ведения хозяйства в кедровых лесах; законодательные коллизии. В связи с особенностями инвазионной ситуации предложен для рассмотрения ряд нововведений в организацию и проведение лесопатологического мониторинга и лесопатологических обследований в кедровых лесах Сибири. Обоснована необходимость конкретизации шкалы категорий состояния деревьев, поврежденных союзным короедом, с учетом особенностей взаимоотношений вредителя и кормовой породы, показаны возможности и перспективность проведения дистанционных наблюдений за очагами союзного короеда и его распространением с помощью беспилотных летательных аппаратов. Дана критическая оценка разрешенных нормативными документами мероприятий по ограничению распространения вредителей в лесах и их возможностей для решения проблемы деградации кедровников в очагах массового размножения союзного короеда. Сформулированы предложения для оптимизации технологии защиты сибирских кедровых лесов от нового инвазивного вредителя.

Ключевые слова: инвазия, вспышка массового размножения, проблемы защиты кедровых лесов.

DOI: 10.15372/SJFS20230105

ВВЕДЕНИЕ

В первые десятилетия XXI в. в темнохвойных лесах Сибири были обнаружены 2 чужеродных вида стволовых насекомых – дальневосточный по происхождению уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus* Blandford) и европейский вселенец союзный короед (*Ips amitinus* (Eichhoff) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)).

Уникальность данных событий состоит в том, что это первые установленные инвазии короедов на территории региона. Оба вида во

вторичном ареале проявили себя как агрессивные вредители местных лесообразователей: уссурийский полиграф – пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), союзный короед – сосны кедровой сибирской (кедра сибирского) (*Pinus sibirica* Du Tour) (Баранчиков и др., 2011; Керчев и др., 2019). Вызывая в насаждениях массовое усыхание деревьев, эти короеды имеют большое лесопатологическое и биогеоэкологическое значение, приводя к существенной трансформации лесных экосистем в регионах инвазии (Кривец и др., 2015).

Союзный короед – исходно представитель фауны центральноевропейских горных хвойных лесов, к настоящему времени широко распространившийся во многих странах Европы и быстро расширяющий свой первичный ареал (Ижевский и др., 2005; Cognato, 2015). Особую тревогу вызвала активная экспансия союзного короеда в последние десятилетия в страны Северной Европы, причинами которой считают глобальные климатические изменения и их влияние на лесные экосистемы (Økland et al., 2019).

По-видимому, нельзя исключать значение случайного завоза в распространении союзного короеда в Европе: неоднократно он обнаруживался карантинными службами на импортируемой древесине и упаковочных материалах в Норвегии (Økland, Skarpaas, 2008), Швеции (Lindelöw, 2013), США (Haack, 2001) и Новой Зеландии (Brockerhoff et al., 2006).

В первичном ареале в Европе союзный короед обитает в зоне темнохвойных лесов от низменных до высокогорных районов (до высоты 2250 м над ур. м.). По трофической специализации и размерам жуков ранее выделялось две расы вида: *Ips amitinus* (на ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Н. Karst.)), и *I. amitinus* var. *montana* (Fuchs, 1913), специализирующейся на кедре европейском (*Pinus cembra* L.) и сосне горной (*P. mugo* Turta), позднее в результате молекулярно-генетических исследований сведенная в синонимы (Stauffer, Zuber, 1998). Также союзный короед развивается на сосне обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и других видах из родов сосны (*Pinus* L.) и ели (*Picea* A. Dietr.), есть единичные упоминания о питании на лиственнице европейской (*Larix decidua* Mill.) и пихте европейской (*Abies alba* Mill.) (Jeger et al., 2017).

В Европе союзный короед не имеет высокой экономической значимости. Часто он поселяется совместно с короедом-типографом (*Ips typographus* (L.)), обыкновенным гравером (*Pityogenes chalcographus* (L.)) и другими стволовыми дендрофагами, развивающимися на ели. В литературе отмечено участие союзного короеда во вспышках короедов в Центральной, Юго-Восточной и Южной Европе (Postner, 1974; Zach et al., 2010; Holuša et al., 2012), которые способны привести к гибели целые насаждения. В качестве самостоятельного очага массового размножения союзного короеда из наиболее значимых для Европы указаны лишь насаждения кедр европейского на площади 25 га в Альпийском регионе Словении (Jurc, Vojošić, 2006).

В России союзный короед (второе его название – короед многоходый) является обычным

видом в северо-западных регионах европейской части, куда проник в результате стремительного расселения по Фенноскандии во второй половине XX – начале XXI вв. (Mandelshtam, 1999; Voolma et al., 2004; Økland et al., 2019; Musolin et al., 2022). Здесь он найден на сосне обыкновенной и ели европейской и не причиняет особого вреда (Мандельштам, Селиховкин, 2020).

В 2019 г. союзный короед впервые был идентифицирован на юго-востоке Западной Сибири как новый вредитель кедр сибирского, вызвавший массовое усыхание деревьев по вершинному типу в ценных темнохвойных насаждениях близ населенных пунктов – припоселковых кедровниках (Керчев и др., 2019).

По-видимому, на новую территорию, удаленную на 3 тыс. км от его местонахождений в европейской части страны, короед попал именно с Северо-Запада России (Мандельштам, Селиховкин, 2020) при случайном завозе с древесными материалами по Транссибирской железнодорожной магистрали. Сначала инвайдер обосновался в расположенных вблизи нее кедровых лесах Яшкинского района Кемеровской области, где и были обнаружены наиболее ранние и крупные очаги усыхания деревьев.

По данным Томского филиала ФГУ «Российский центр защиты леса», площадь выявленных в 2019 г. очагов массового размножения союзного короеда составляла 237 га в Томской области и 1033 га в Кемеровской. В конце 2021 г. она оценивалась уже в 1491,7 га в Томской и 1584 га в Кемеровской области, с реальной перспективой дальнейшего увеличения (Опасный вредитель..., 2022).

В результате позднего обнаружения очагов размножения инвайдера, сложной лесопатологической обстановки в насаждениях, в том числе из-за вспышки массового размножения сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetverikov) 2016–2018 гг., новых законодательных ограничений в проведении лесохозяйственных мероприятий в кедровниках (Федеральный закон..., 2018), предпринятые лесозащитные меры не были эффективными. Немаловажное значение в этом имело и отсутствие сведений об особенностях биологии и экологии союзного короеда в Сибири, характере его связей с новой кормовой породой и специфике мониторинга популяций агрессивного чужеродного дендрофага и повреждаемых им насаждений.

На сегодняшний день проблема союзного короеда в Сибири приобрела большое экономическое, экологическое и социальное значение. Развитие очагов инвазивного вредителя в

припоселковых кедровниках представляет реальную угрозу утраты их функций защитных лесов, объектов орехопромысла и генетических резерватов кедров сибирского, природоохранного значения как особо охраняемых природных территорий, приводит к ухудшению условий среды обитания местного населения и риску возникновения пожаров в непосредственной близости к населенным пунктам.

Инвазии союзного короеда в Сибири изучаются нами с момента ее обнаружения. За 4 года исследований не только накоплен солидный объем научных данных о вредителе, но и сформировалось представление о «болевых точках» в решении задачи защиты лесов от нового вселенца. Цель данного сообщения – дать обзор проблем, связанных с оценкой вредоносности, организацией лесопатологического мониторинга и способами ограничения численности союзного короеда в инвазивном ареале, и предложить свое видение технологии защиты от него сибирских кедровых лесов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Не касаясь ресурсных проблем, заключающихся в ограниченности материально-технической базы и нехватки специалистов для проведения больших объемов лесозащитных работ в нужном количестве, что характерно для всего лесного хозяйства России, можно выделить несколько основных типов «вызовов», с которыми столкнулась лесозащита при инвазии союзного короеда, в том числе:

- отсутствие информационного и научно-методического обеспечения защиты от него кедровых лесов с учетом особенностей биологии и экологии нового вредителя и повреждаемой породы;

- отсутствие технологии практического применения защитных мероприятий, в том числе в условиях специфического ведения хозяйства в кедровых лесах;

- законодательные коллизии.

Основываясь на собственном опыте многолетней работы в сибирских лесах, попытаемся разобраться в том, какие конкретно проблемы привнес в защиту леса чужеродный вид и какие можно наметить подходы к их решению.

1. Идентификация нового инвазивного вредителя. Эта проблема обусловлена не столько сложностью видовой идентификации, но и слабой информированностью и недостатком

квалифицированных кадров, готовых к встрече на практике с видом, не свойственным данному региону.

Как, на наш взгляд, она может решаться? Прежде всего, оперативным изданием материалов, содержащих основную информацию о вредителе. Примером может служить подготовка коллективом сибирских исследователей под руководством Ю. Н. Баранчикова плаката «Уссурийский полиграф», изданного тиражом 1000 экз. Институтом леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. Этот плакат сейчас присутствует на информационных стендах не только центров защиты леса сибирских регионов, в которых обнаружен вредитель, но и в лесничествах и их участковых подразделениях. Были изданы и другие методические пособия по уссурийскому полиграфу (рис. 1).

Почему бы Федеральному агентству лесного хозяйства в связи с большим значением новой инвазии союзного короеда в Сибири не изыскать возможность для выделения средств на создание подобных пособий по союзному короеду сибирскими учеными, которые не понаслышке знают проблему? Это было бы еще одним хорошим примером не только участия академической науки в решении насущных проблем лесного хозяйства, но и гарантом достоверных сведений о вредителе, пресекающим распространение мифов и ложной информации.

Было бы крайне полезно проведение в очагах союзного короеда полевой тренировки для сибирских лесопатологов, как это сделано в Томске в 2012 г. по уссурийскому полиграфу с участием сотрудников ИМКЭС СО РАН. Пока же мы лишь в частном порядке передаем устную информацию о союзном короеде практическим работникам во время полевых семинаров, консультаций, совместных выездов в очаги.

2. Выявление вредителя на ранних этапах заселения насаждений. В поврежденных насаждениях присутствие инвайдера достаточно легко определяется в ходе наземных обследований по комплексу признаков: усыханию деревьев по вершинному типу, наличию буровой муки в подкроновой зоне, на корневых лапах, листьях кустарниковых и травянистых растений; наличию поселений короеда на буреломных, ветровальных деревьях, снеголомных и ветроломных ветках. При этом главным показателем является обнаружение под корой жуков с характерными для союзного короеда морфологическими признаками (Ижевский и др., 2005; Керчев и др., 2019).



Рис. 1. Информационно-методические пособия, изданные ИЛ СО РАН и ИМКЭС СО РАН в помощь работникам защиты леса.

Сложность выявления союзного короеда возникает в разреженных популяциях до момента образования очага с очевидными признаками текущего повреждения насаждения. Знание кормовых предпочтений короеда в районах инва-

зии и характер повреждения деревьев позволяет планировать систему дистанционного лесопатологического мониторинга по космическим снимкам по границам регионов, где он распространен и где может еще появиться (рис. 2).

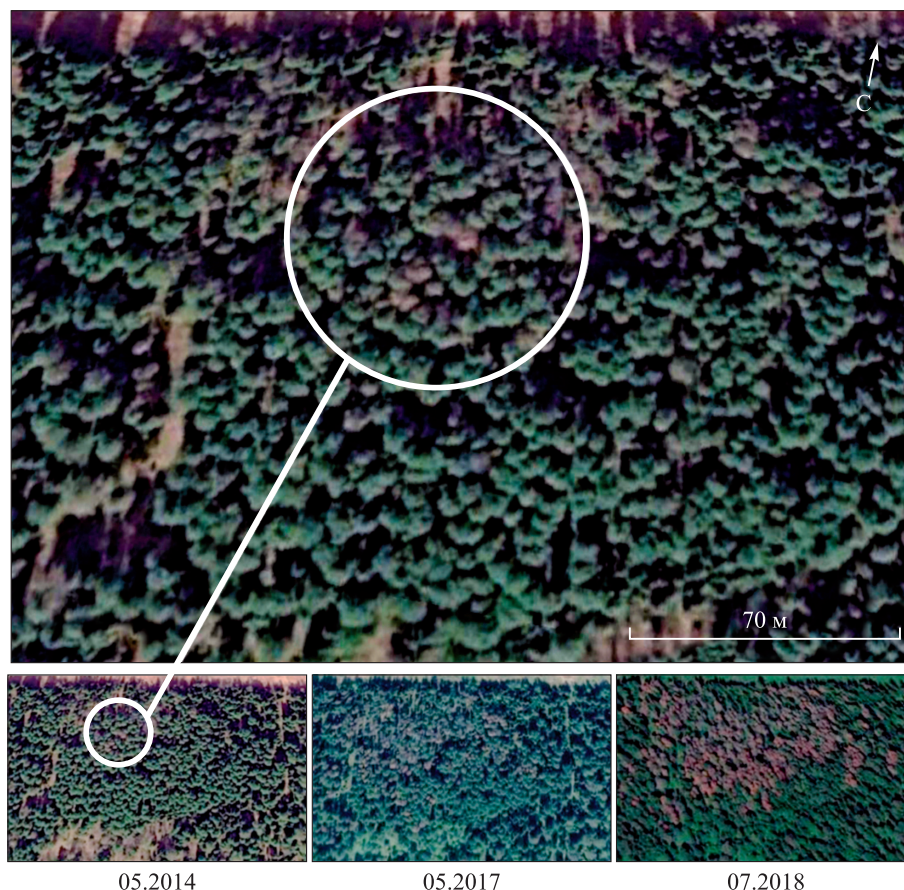


Рис. 2. Космический снимок с признаками раннего повреждения кедровых древостоев союзным короедом в 2014 г. и динамикой развития очага до 2018 г. (окрестности дер. Нижнеяшкино Яшкинского района Кемеровской области).

Такие функции уже есть у региональных филиалов Рослесозащиты, и ими нужно пользоваться, чтобы не только выявлять самое начало повреждений в древостое, но и следить за расширением нарушенного участка, а в идеале также иметь возможность локализовать его на ранней стадии повреждения, тем самым ограничивая распространение вредителя в сопредельные здоровые древостои.

Второй аспект данной проблемы – отсутствие в настоящее время в арсенале средств отечественной лесозащиты аналога агрегационного феромона союзного короеда, использование которого позволило бы проводить раннее выявление вредителя и мониторинг его распространения.

Состав феромона союзного короеда установлен и представляет собой смесь из 12 соединений, в том числе специфичной для самцов этого вида триады терпеновых спиртов: R-(–)-ипсидиенола, S-(+)-ипсенола и амитинола (Francke et al., 1980; Kohnle et al., 1988). Синтетический аналог феромона производится рядом европейских фирм против союзного короеда на ели. Его эффективность относительно союзного короеда на кедре сибирском нуждается в экспериментальном подтверждении. Создание и испытание отечественного препарата потребует нескольких лет, так что в ближайшие годы рассчитывать на него не приходится.

3. Оценка состояния деревьев, поврежденных союзным короедом. Правильное определение индивидуального состояния деревьев в насаждении – необходимое условие объективной интегральной оценки состояния насаждения и обоснования назначения санитарно-оздоровительных мероприятий.

В РФ при государственном мониторинге лесов и лесопатологических обследованиях применяется универсальная 6-балльная шкала категорий состояния деревьев, – итог многолетней работы ученых и практиков лесного хозяйства. В последней редакции «Правил санитарной безопасности в лесах» (2020б) определены следующие категории состояния стоящих деревьев: 1 – здоровые (без признаков ослабления); 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – погибшие, с выделением среди них категорий 5(а) – свежий сухостой и 5(г) – старый сухостой.

Отнесение деревьев кедр сибирского в очагах союзного короеда к категориям 1–3 (жизнеспособные, не проявляющие признаков усыхания и не заселенные стволовыми насеко-

мыми деревья) по приведенным в «Правилах...» (2020б) визуальным признакам, диагностируемым в разных частях дерева (в кроне, на стволе и корневых лапах), не вызывает затруднения, так же как к категории 5(г).

Однако определение 4-й и 5(а)-й категорий не так-то просто.

Согласно «Правилам...» (2020б), к 4-й категории относятся «деревья, поврежденные в сильной степени с максимальной вероятностью их усыхания в текущем вегетационном периоде, ... крона сильно ажурная, изреженная, хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая, ... на стволе и ветвях выражены явные признаки заселения стволовыми вредителями (входные отверстия, насечки, смолотечение, смоляные воронки, буровая мука и опилки, насекомые на коре, под корой и в древесине).

Категория 5(а) трактуется следующим образом: «деревья, усохшие в течение текущего вегетационного периода, ... хвоя серая, желтая или красно-бурая, ... на стволе, ветвях и корневых лапах часто признаки заселения стволовыми вредителями или их вылетные отверстия».

Деревья 4-й и 5(а)-й категорий в совокупности образуют так называемый текущий отпад, повышенные размеры которого свидетельствуют о наличии патологического процесса в насаждении, характер и интенсивность которого определяется эпизодическим или хроническим, а временами и тем, и другим, действием факторов ослабления древостоев.

В современных припоселковых кедровниках деревья хронически ослаблены в основном в результате распространения грибных инфекций и механических повреждений стволов при прежних варварских методах орехосбора. В комплексе факторов ослабления древостоев также имеют значение экстремальные погодные явления (засухи, сильные ветры и снегопады), участвовавшие в последние десятилетия в связи с изменением климата.

Сильно ослабленные деревья подвергаются нападению агрессивных физиологических стволовых вредителей, среди которых первопоселенцем и наиболее многочисленным видом является шестизубчатый короед (*Ips sexdentatus* (Börner)). Накопившийся в насаждениях текущий отпад приводит к образованию очагов усыхания и ликвидируется в ходе выборочных санитарных рубок, что, приводит к изменению лесной среды, фрагментации насаждений и дальнейшей их хронической деградации. На этот процесс накладываются эпизодически про-



Рис. 3. Типичный вид поврежденных кедровых деревьев.

Слева – начало заселения союзного короеда, справа – верхняя часть отработанной кроны.

исходящие вспышки массового размножения хвоегрызущих насекомых – рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer* (Geoffroy)) и сибирского шелкопряда, после которых следует размножение стволовых вредителей.

Появление в томских кедровниках союзного короеда как нового фактора их деградации обусловлено естественным расселением инвайдера из ближайших поврежденных кедровых насаждений в Кемеровской области. Вселение короеда в томские леса, по-видимому, произошло в 2012–2014 гг., еще до вспышки сибирского шелкопряда 2016–2018 гг.

Именно с повреждением кедра сибирским шелкопрядом связано появление в 2018 г. наиболее интенсивного и стремительно развивающегося дефолиационного очага нового стволового вредителя с необычным усыханием деревьев по вершинному типу в Лучановском кедровнике в Томском районе (рис. 3, 4, а, б).

В припоселковых кедровниках как в Томской, так и в Кемеровской области очаги массового размножения союзного короеда возникли и в неповрежденных сибирским шелкопрядом древостоях из-за их общего неудовлетворительного санитарного состояния.

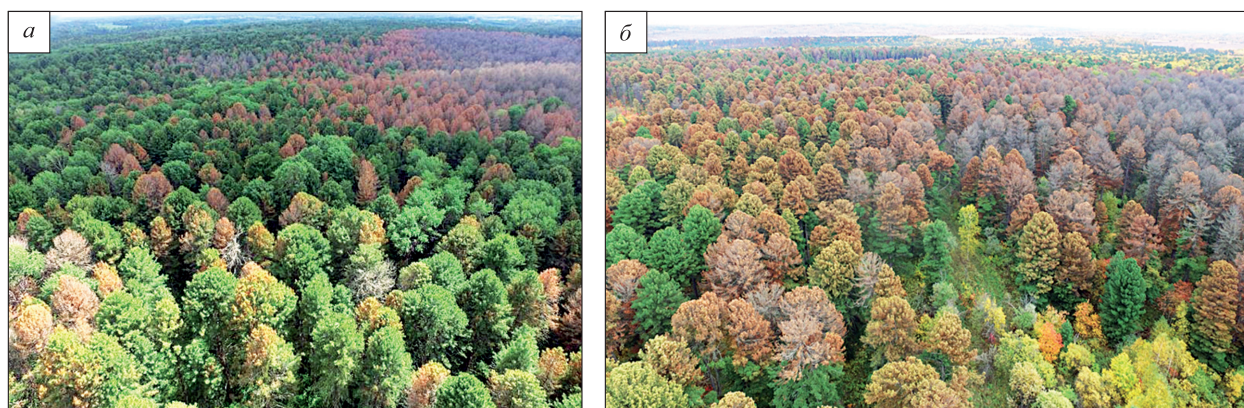


Рис. 4. Усыхание деревьев в очаге союзного короеда в Лучановском кедровнике Томского района Томской области, снимок с беспилотного летательного аппарата.

а – 2019 г.; б – тот же участок, 2020 г.

В связи с проявлением высокой агрессивности союзного короеда в районах инвазии следует признать, что наличие деревьев 4-й и 5-й категорий в заселенных инвайдером кедровых насаждениях в настоящее время в большинстве случаев обусловлено именно его деятельностью.

Сложности в определении категории состояния у кедр, поврежденного союзным короедом, обусловлены несколькими причинами.

Так, свежеселенные деревья в первое время сохраняют темно-зеленую окраску хвои. При этом выбрасываемая короедами буровая мука, образующаяся при прокладке ходов под корой, нередко рассеивается в подкроновом пространстве, разносится ветром между деревьями, и возникает вопрос, на каком конкретно дереве заселились короеды. Это первое, что может затруднить раннюю диагностику состояния дерева.

В дальнейшем, поскольку для союзного короеда свойственно поэтапное заселение ветвей на дереве, которое начинается с самой вершины, дехромация хвои сначала проявляется в верхней части кроны, в то время как на нижних незаселенных ветках она остается зеленой. Это маскирует повреждение и при осмотре дерева с земли также может приводить к ошибкам в оценке состояния дерева, вплоть до отнесения его к 1-й категории.

Сложность оценки деревьев в очагах союзного короеда также может быть обусловлена многовершинностью кедр, которая является следствием гибели осевого побега на ранних этапах роста под действием таких факторов, как обильный снег, сильный ветер, повреждение при сборе шишек, воздействие низких зимних температур и т. д. (Бех, 1974). В очагах союзного короеда в припоселковых кедровниках присутствует значительное количество деревьев с двумя и более вершинами, при этом жуки весной иногда заселяют одну из вершин, в то время как другие еще какое-то время остаются неповрежденными. В дальнейшем жуки сестринского и (или) второго поколения заселяют остальные вершины, обычно в этот же год. Но иногда окончательное заселение таких многовершинных деревьев происходит перезимовавшими жуками только следующей весной, т. е. процесс освоения кроны занимает 2 года.

Замедленное отмирание поврежденного дерева может быть обусловлено не только многовершинностью и поэтапным заселением кроны, особенно выраженным на деревьях с протяженной и густой первичной кроной, но и наличием у дерева вторичной кроны. Она типична для

кедра на поздних этапах онтогенеза и до некоторой степени компенсирует утраченную часть первичной кроны (Скороходов, 1992). И таких деревьев в насаждении бывает довольно много. Наличие вторичной кроны, ветви которой редко заселяются союзным короедом, видимо, способствует поддержанию физиологических процессов на протяжении 1–2 лет после полного усыхания первичной кроны. Возможно, именно этим объясняется, что дальнейшее заселение ствола местными видами короедов и усачей (Cerambycidae) может происходить на 2-й и даже 3-й год после отмирания первичной кроны.

Довольно редко короед заселяет только вершины (около $\frac{1}{4}$ часть кроны), и дальнейшего его расселения по тому же дереву не происходит. В результате наблюдается только суховершинность, остальная часть кроны остается живой в течение всего периода наблюдений. Вероятно, большая устойчивость такого дерева к заселению короедами обусловлена лучшим первоначальным его состоянием, которое определяется индивидуальными особенностями таких физиологических параметров, как фотосинтез, транспирация, дыхание.

В целом в момент обследования древостоя в очаге союзного короеда может наблюдаться большое разнообразие деревьев по жизненному состоянию, что требует адаптации существующей универсальной шкалы категорий состояния к данному вредителю и повреждаемому виду растений. Ранее это было определено в «Методических рекомендациях...» (2006, с. 35): «Шкала конкретизируется в различных очагах вредителей, болезней, иных повреждений с учетом особенностей причин ослабления и устойчивости древесной породы».

Предлагаем для использования такую модифицированную шкалу категорий состояний в части категорий 4 и 5(а), учитывающую особенности взаимоотношений союзного короеда и кедр сибирского (табл. 1).

Поскольку в кедровниках особенно сложно диагностировать категорию дерева в начальный период развития на нем союзного короеда, когда процессы, происходящие в верхней части кроны, трудноуловимы при наземном лесопатологическом обследовании, подтвердить присутствие короеда на том или ином дереве практически невозможно без валки дерева или поднятия в крону. Отчасти проблему выявления первичных признаков усыхания вершины дерева, вызванного союзным короедом, можно решить с

Таблица 1. Признаки 4-й и 5(а)-й категорий состояния деревьев кедров сибирского, поврежденных союзным короедом

Категория состояния	Признаки в кроне и на стволе, обнаруживаемые при наземном лесопатологическом обследовании
4 – усыхающие	На начальных этапах освоения дерева союзным короедом крона может быть густой или в разной степени изреженной, ажурной, с признаками дехромации в верхней заселенной части кроны (хвоя бледно-зеленая или желто-зеленая). На нижних незаселенных ветках хвоя может оставаться зеленой. У многовершинных кедров дехромация может наблюдаться на одной вершине, позднее происходят полное усыхание верхней части кроны (хвоя приобретает желтый, затем рыже-бурый цвет), дехромация срединной и частично нижней части кроны, однако сохраняется часть жизнеспособных ветвей (в том числе вторичная крона). Процесс усыхания кроны, заселенной союзным короедом, с учетом многовершинности, может происходить в течение 2 лет. Под кронами деревьев может быть мелкая буровая мука союзного короеда. Признаки заселения стволовых насекомых в доступной для наблюдения нижней части дерева отсутствуют или имеют местный характер.
5(а) – свежий сухостой	Деревья, полностью утратившие жизнеспособность. Хвоя серая, желтая или рыже-бурая, крона часто сильно изрежена. Вторичная крона с выраженными признаками дехромации и усыхания (хвоя бледно-зеленая, желтеющая, желтая, рыжая или рыже-бурая), жизнеспособные ветви отсутствуют. Возможны признаки заселения деревьев местными стволовыми вредителями, видимые в нижней части ствола и на корневых лапах (буровая мука, насечки усачей, насекомые под корой и в древесине, в конце сезона – вылетные отверстия насекомых).

помощью применения в обследовании беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

На основании результатов визуального анализа ортофотосъемки крон деревьев кедров сибирского, поврежденных союзным короедом, и сопоставления с данными наземных обследований наиболее четко выделяется пять условных классов (рис. 5):

I – «жизнеспособное дерево»: имеет ярко-зеленую крону без признаков дехромации;

II – «свежезаселенное дерево»: крона зеленая, но вершинные ветви начинают приобретать бледный зелено-желтый оттенок. На этом этапе летом под корой жуки завершают свое развитие; в весенний и позднесенний периоды жуки находятся в подстилке и частично в ветвях;

III – «деревья с усохшей вершиной»: верхушка имеет выраженный желто-бурый оттенок, нижняя часть кроны темно- или бледно-зеленая. Ствол этих деревьев может осваиваться сопутствующими видами вредителей; в позднесен-

ний и ранневесенний периоды в подстилке в проекции кроны обнаруживаются зимующие жуки;

IV – «свежий сухостой»: вся крона буро-рыжего цвета, в верхней части могут быть ветки без хвои; дерево покинуто союзным короедом, нижняя часть ствола заселена шестизубчатым короедом или усачами;

V – «старый сухостой»: крона не несет хвои или имеются остатки неосыпавшейся рыже-бурой хвои на самых нижних ветках; союзный короед покинул дерево в предыдущем вегетационном сезоне, в древесине могут сохраняться личинки усачей.

Существует ряд сложностей относительно сопоставления выделяемых классов с категориями состояния. Так, здоровые деревья (1-я категория состояния) и ослабленные в разной степени (2–3-я категории) в результате различных факторов (околоты ствола, обдиры корневых лап, гнили), не повлиявших на внешний облик кроны, на

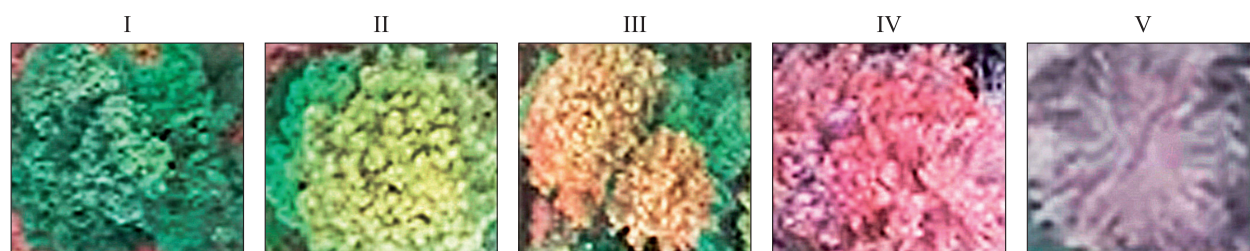


Рис. 5. Классы крон деревьев кедров сибирского, поврежденных союзным короедом, выделяемые при визуальном анализе ортофотоснимков.

ортофотоснимках неразличимы и объединены в I класс – «жизнеспособные». Вызывающая наибольшие трудности для выявления при наземных обследованиях 4-я категория состояния на ортофотоснимках довольно четко делится на два класса. Время трансформации внешнего вида кроны из II в III класс составляет от 1 до 3 мес. Деревья этих двух классов несут наиболее характерные признаки повреждения и важны для раннего выявления формирования очагов инвазионного короеда. Суммарное количество деревьев с признаками II–IV классов дают значение текущего отпада в анализируемом древостое.

Развитие автоматизированных подходов дешифрирования снимков на основе алгоритмов машинного зрения способно значительно повысить точность и эффективность оценки состояния деревьев и целых лесных насаждений. Разработанная шкала классов уже показала свой высокий потенциал для дешифрирования снимков поврежденных насаждений с использованием ряда моделей глубокого обучения (Керчев и др., 2021; Марков и др., 2022). Внедрение этих перспективных методик может значительно повысить скорость выявления зарождающихся очагов массового размножения вредителя, оперативность и адресность лесозащитных мероприятий.

Несмотря на значительные плюсы и возможности современных технологий, значительной проблемой остается непроработанная нормативно-правовая основа использования БПЛА для мониторинга лесных насаждений.

Весь процесс согласования полетов БПЛА над покрытыми лесом территориями осуществляется по общим правилам с соблюдением требований Федеральных правил использования воздушного пространства (Постановление..., 2020, ст. 57, подпункт «б», изменен с 12 февраля 2020 г.).

Возможность осуществления лесопатологических обследований дистанционным методом с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) регламентирована в Приказе Минприроды России № 910 от 09.11.2020 (2020). При этом остро стоит проблема отсутствия утвержденной методической и программно-аппаратной базы, которая позволила бы унифицировано подходить к проведению съемки, дешифрированию и интерпретации снимков.

4. Определение популяционных показателей союзного короеда в районах инвазии. Раньше определение состояния популяций стволовых вредителей было неотъемлемой частью

лесопатологических обследований в очагах стволовых вредителей, и для этого существовала хорошо разработанная методика (Мозолевская и др., 1984; Катаев, Поповичев, 2001; Методические рекомендации..., 2006). В настоящее время из актов лесопатологических обследований исключена ведомость анализа модельного дерева, и лесопатологическое состояние насаждений выявляется по факту наличия очага и степени повреждения деревьев в древостое, что, конечно, облегчает и ускоряет обследование, но при этом сильно обедняет информацию об очаге и сформировавшем его вредителе.

Несмотря на то что определением популяционных показателей короедов в очагах их массового размножения теперь занимаются исключительно исследователи для решения своих научных задач, их опыт работы и полученные данные могут представлять интерес и пользу для практики.

Прежде всего следует отметить, что из-за существующих ограничений на вырубку деревьев в качестве моделей число возможных для определения параметров популяции сокращается, а сама методика их определения приобретает специфический характер, особенно у союзного короеда, совершенного не изученного в этом отношении в российских лесах.

Так, из показателей, характеризующих распространение союзного короеда в насаждении, более или менее точно можно определить при пересчете деревьев в ходе наземной лесопатологической таксации самый поверхностный популяционный показатель – встречаемость (процент деревьев IV–V категорий со следами поселения вида).

Показатели численности популяции, например короедный запас, короедный прирост, в исходном содержании этих понятий вообще не могут быть определены для союзного короеда, поскольку рассчитываются в штуках на гектар, а это требует анализа достаточного количества модельных деревьев.

Наибольшее число популяционных показателей союзного короеда можно получить для характеристики состояния родительского поколения (плотность поселения, коэффициент полигамности, длина маточного хода, плодовитость), изменив существующую методику их определения, предполагающую учеты насекомых на стволе. У союзного короеда, хотя экологическим районом его поселения является верхняя часть ствола, большая часть особей концентрируется на ветках кедра, и учеты по стандартной методи-

ке для такого «веточного вида» дают значения, очень отдаленно характеризующие реальные численные параметры популяций союзного короеда.

Практическое решение данной проблемы возможно следующим образом. Определение показателей родительского поколения во всех генерациях (первой, сестринской, второй) осуществляется на доступном материале (ветках свежесваленных деревьев и лежащем на земле «ветколоме», образовавшемся при сильном ветре или обильном снегопаде и сохранившем зеленую хвою), с которого берутся учетные единицы – отрезки протяженностью 30–50 см.

На этих учетных единицах можно достаточно легко на внутренней поверхности кольцевого участка коры (палетке) и по отпечаткам на лубе определить вышеперечисленные показатели родительского поколения, которые характеризуют данную микропопуляцию. Методика анализа таких учетных единиц подробно изложена в пособии О. А. Катаева и Б. Г. Поповичева (2001). Осреднение результатов анализа микропопуляций даст приблизительное представление о состоянии населения вредителя в конкретном очаге, позволит проследить его сезонную и погодичную динамику и провести сравнение в разных очагах.

На таких же отрезках можно проводить определение продукции – показателя, характеризующего численность молодого поколения. Для этого обычно рассчитывают число вылетных отверстий короедов, приходящихся на 1 дм² боковой поверхности учетной единицы, что дает удовлетворительные, хотя не вполне точные значения из-за использования молодыми жуками одних и тех же отверстий при выходе из коры.

Установленная по данной методике на большом числе микропопуляций (более 300 учетных единиц) плотность поселения семей союзного короеда в припоселковых кедровниках Томской области варьировала от 0.2 до 14.4 шт./дм², экологическая плотность родительского поколения (общее число заселившихся жуков, самцов и самок) – от 2.6 до 58.1 шт./дм², коэффициент полигамности (число самок в семье) – от 2.3 до 3.6, плодовитость самки – от 8.9 до 42.2 яиц; продукция (количество жуков нового поколения) – от 5.2 до 40.9 шт./дм². Такая изменчивость популяционных параметров союзного короеда прежде всего обусловлена фазой развития очага.

В Томской области максимальная средняя плотность поселения союзного короеда на ветках кедра сибирского составляла 6 ± 1.9 семей/

дм². Это значение на 2 порядка превышает максимальный показатель в первичном ареале вида на ели в низменных районах Чехии и Польши – 0.08 ± 0.3 и 0.04 ± 0.6 семей/дм² (Holuša et al., 2012).

Из известных в лесах России короедов-вредителей хвойных пород ближе всего к союзному короеду по размерам жуков и экологии – короед-двойник (*Ips duplicatus* (Sahlb.)). Критерием для оценки плотности его поселения как высокой считается нижний порог 4.6 семей/дм², а продукции – 20.1 шт./дм² (Методические рекомендации..., 2006). Эти же значения можно принять для инвайдера.

Плотность поселения является базовой характеристикой популяции, в значительной степени определяющей прочие показатели. По нашим многочисленным наблюдениям в припоселковых кедровниках Томской области, максимальная плотность поселений союзного короеда на кедре сибирском наблюдается на отрезках веток диаметром 4.6 ± 1.9 см, который можно взять как отправную точку для выделения стандартных популяционных характеристик и пользоваться ими как ориентиром для мониторинга вредителя.

5. Применение мероприятий по защите кедровых лесов от союзного короеда. Согласно статье 54 Лесного кодекса РФ (2006), «...защита лесов направлена на выявление в лесах вредных организмов... и предупреждение их распространения, а в случае возникновения очагов вредных организмов, отнесенных к карантинным объектам, – на их локализацию и ликвидацию».

Союзный короед пока официально не внесен в список карантинных объектов на территории России и вопрос о локализации и ликвидации его очагов не стоит. Что касается проблем, связанных с предупреждением распространения инвайдера, то они оказались самыми сложными для решения в сложившейся ситуации и не решены до сих пор. Мало того, что защитные мероприятия начали применяться с запозданием, когда очаги союзного короеда охватили значительные площади кедровых лесов, но и предпринятые меры оказались неэффективными из-за законодательных ограничений.

В нормативном документе, определяющем эту сферу лесозащиты (Правила..., 2020a), к мероприятиям по предупреждению распространения вредных организмов отнесены профилактические и санитарно-оздоровительные.

Санитарно-оздоровительные мероприятия, в том числе рубки погибших и поврежденных

Таблица 2. Количество жуков короеда-типографа, пойманных в феромонные ловушки в насаждениях разного породного состава в Яшкинском лесничестве Кемеровской области

Число лесотаксационных выделов с ловушками	Площадь, га	Число ловушек	Отловлено жуков, шт.	Среднее количество пойманных жуков	
				экз./га	экз./на ловушку
Кедровые насаждения с участием ели (от 5 до 40 %)					
16	197,4	674	29188	1490	436
Кедровые насаждения без участия ели					
15	182,6	730	9274	51	13
Всего					
31	380	1404	303462	799	216

лесных насаждений, фактически оказались невозможны в связи с принятием в конце 2018 г. Федерального закона № 538-ФЗ, запрещающего заготовку древесины в орехово-промысловых лесах. Это оказалось фатальным для припоселковых кедровников юга Томской области, которые благодаря высокой доле кедра в составе древостоев и высокой орехопродуктивности в большинстве своем относятся к данной группе лесов. В Кемеровской области очаги союзного короеда оказались в эксплуатационных лесах, и эти законодательные ограничения не так сильно сказались на возможности проведения санитарных рубок.

Однако в предпринятых Рослесхозом в 2020 г. мерах по защите кедровых лесов от союзного короеда в обоих регионах упор был сделан на профилактические биотехнические мероприятия – применение феромонных ловушек для массового отлова жуков. Поскольку целевой феромон союзного короеда в арсенале средств защиты леса в России отсутствовал (и отсутствует до сих пор), для снижения численности использовали феромон короеда-типографа, который по расчетам специалистов ведомства должен был сработать и против союзного короеда.

Ловушки в большом количестве (2120 шт.) были установлены в очагах союзного короеда в кедровых лесах Томской и Кемеровской областей и экспонировались в течение месяца. Мероприятие было отлично организовано и проведено, но не имело того эффекта, на который рассчитывали. В ловушках абсолютно преобладал короед-типограф. При этом массовое развитие его на кедре сибирском не обосновано данными учетов, а среднее число жуков на ловушку за сезон по обоим регионам составило всего 147 экз., что свидетельствует об отсутствии очаговой численности данного вида в кедровниках и о его приуроченности к еловым деревьям, представлен-

ным в составе древостоев. Это подтверждается проведенным нами анализом отлова типографа в ловушки в насаждениях разного породного состава в Кемеровской области (табл. 2).

Союзный короед в ловушках составил всего 0.7 % (2208 экз., 1.6 экз. на ловушку). Это явно показатель не низкой его численности, а низкой привлекательности чужого феромона и недопустимости его использования даже для имитации мониторинга союзного короеда.

В большом количестве (в целом в обоих регионах 13 тыс. экз.) был отловлен важнейший местный облигатный хищник короедов – пестряк (*Thanasimus femoralis* (Zetterstedt)), накопившийся в очагах союзного короеда в период его предшествующего развития. Этот факт свидетельствует скорее о негативном, чем о положительном влиянии такого применения феромонного метода на естественную биологическую защиту насаждений.

Поскольку конкретные данные о численности союзного короеда в кедровниках отсутствовали, эффективность такого метода для его подавления вообще невозможно оценить. Поэтому вызывает, мягко сказать, удивление оценка экспертами результатов этого масштабного и затратного (12.1 млн руб.) эксперимента. На основании большого общего количества отловленных в Кемеровской области жуков разных видов короедов сделан вывод о том, что использование феромонных ловушек предотвратило заселение и гибель около 27 тыс. деревьев кедра (В Кузбассе..., 2021).

«Правила осуществления мероприятий...» (2020а) допускают использование феромонов в определенных случаях для истребления вредителей путем массового отлова. Однако в борьбе с союзным короедом это явно не тот случай.

К числу профилактических биотехнических мероприятий относится также использование

энтомофагов несколькими методами, которые для союзного короеда в текущий период не применимы. Метод сезонной колонизации возможен при наличии биолaborаторий для массового или хотя бы мелкосерийного разведения энтомофагов, создание биолaborаторий требует средств и времени. При доработке метода внутриарельного расселения реальное практическое применение может найти массовое переселение энтомофагов из старых очагов во вновь возникающие, где они еще не успели накопиться. Интродукция энтомофагов союзного короеда из первичного ареала не нужна, поскольку на инвайдера успешно переключаются местные паразитические и хищные насекомые, их уже выявлено 29 видов (Керчев и др., 2022) и требуется только не мешать им истреблять вредителя.

Из профилактических лесохозяйственных мероприятий предпринимаются попытки применения пестицидов способом внутривекового инъектирования кедровых деревьев, пока в рамках экспериментов, проводимых ВНИИЛМ. Применение этого метода в зоне инвазии союзного короеда для предотвращения появления очагов размножения может быть полезным в молодых искусственных насаждениях с ограниченным числом деревьев. Показано, что инвайдер во вторичном ареале в культурах успешно заселяет ослабленные саженцы кедра высотой от 1 м (Kerchey, Krivets, 2021). Что касается лесных кедровых массивов, этот метод не применим из-за больших материальных затрат, технических и организационных сложностей.

Это же касается биологических средств защиты леса, прежде всего препаратов на основе энтомопатогенных грибов, как существующих, так и проходящих апробацию. Пока эта работа носит экспериментальный характер, и невозможно предсказать ее результаты, а тем более реальное применение против союзного короеда в кедровниках.

Таким образом, рассмотрев различные лесозащитные мероприятия и оценив их потенциал в предупреждении распространения союзного короеда, приходится констатировать, что единственным эффективным средством даже не остановить (что нереально), а хотя бы замедлить дальнейшее естественное расселение вредителя и усыхание кедровых лесов, в настоящее время являются вовремя и качественно проведенные санитарные рубки в очагах размножения.

Это позволит предупредить преждевременный распад припоселковых кедровников, в непосредственной близости с которыми жи-

вет многотысячное население, результат труда нескольких поколений сибиряков, лучших по продуктивности орехово-промысловых насаждений, источника элитных семян кедра для искусственного лесовосстановления. В конечном счете, все портится, и ничего с этим не поделаешь, но мы должны сопротивляться до последней возможности и растянуть этот процесс на более долгий срок.

Однако проблема союзного короеда касается не только южно-таежных припоселковых кедровников и не только Западной Сибири. Инвайдер уже распространяется дальше основной зоны выявленных очагов. В Томской области возникает риск размножения союзного короеда в древостоях, ослабленных сибирским шелкопрядом в его вспышку 2016–2018 гг. (площадь очагов шелкопряда составляла более 500 тыс. га). Не исключено появление союзного короеда в ближайшие годы в сопредельных регионах. Сибирские лесозащитники должны быть готовы к этим новым вызовам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вспышка размножения союзного короеда в Западной Сибири привела к возникновению многочисленных методических, технических, законодательных и организационных проблем, для решения которых требуется большая совместная работа ученых и практиков по информационному обеспечению лесозащиты, корректировке методов выявления чужеродных видов, лесопатологического мониторинга и лесопатологических обследований с учетом их биологии и экологии, особенностей взаимоотношения с новой кормовой породой, а также по использованию новых технических средств. В статье содержатся конкретные предложения по данным вопросам.

Самой сложной остается проблема, связанная с мерами по ограничению численности союзного короеда и его распространению. Предлагаемые в нормативных документах профилактические мероприятия в кедровых массивах в настоящее время вряд ли будут осуществляться, в том числе из-за недостаточной научно-методической разработанности и готовности к практическому применению.

В технологии защиты кедровых лесов от союзного короеда центральное место должны занять санитарно-оздоровительные мероприятия, применение которых в условиях запрета заготовки древесины в орехово-промысловых зонах

сильно ограничено. Необходимо срочное решение вопроса о снятии этого запрета для регионов инвазии союзного короеда, а также «восстановление в правах» эффективных, но исключенных в последнее время из нормативных документов таких способов борьбы со стволовыми вредителями, как выборка свежеселенных и выкладка ловчих деревьев. Большое значение для снижения численности союзного короеда имеет своевременная уборка из леса свежего ветровала, буреломы, снеголомных веток, порубочных остатков, на них популяция сохраняется и накапливается численно, и это способствует возникновению очагов размножения. Применение данной санитарной меры тоже не просто из-за принятых законодательных норм, касающихся правил заготовки и сбора недревесных ресурсов.

Катастрофическая ситуация, сложившаяся в кедровых лесах юго-востока Западной Сибири в связи с инвазией союзного короеда, требует немедленного решения для предотвращения его распространения в другие сибирские регионы.

Работа выполнена в рамках государственной бюджетной темы № 121031300226-5 «Динамические и эволюционные процессы в природных экосистемах Сибири: индикаторы, мониторинг, прогноз» и при частичной поддержке РФФИ (грант № 20-04-00587).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 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. Вып. 4. С. 78–81.
- Бех И. А. Кедровники Южного Приобья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. 211 с.
- В Кузбассе начали вырубать столетние кедры. Кемерово, 2021. <https://sibdepo.ru/news/v-kuzbasse-nachali-massovo-vyrubat-stoletnie-kedry.html>
- Ижевский С. С., Никитский Н. Б., Волков О. Г., Долгин М. М. Иллюстрированный справочник жуков-ксилофагов – вредителей леса и лесоматериалов Российской Федерации. Тула: Гриф и К, 2005. 220 с.
- Катаев О. А., Поповичев Б. Г. Лесопатологические обследования для изучения стволовых насекомых в хвойных древостоях: учеб. пособие по выполнению курсовых, аттестац., диплом. работ и магистр. дис. по лесной энтомологии и защите леса. СПб.: СПбГЛТА, 2001. 72 с.
- Керчев И. А., Бабенко А. С., Кривец С. А., Кривошеина М. Г., Смирнов Н. А., Целих Е. В. Материалы по фауне и биологии насекомых-энтомофагов союзного короеда *Ips amitinus* (Eichh.) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) в Западной Сибири // Энтомол. обозр. 2022. Т. 101. № 2. С. 252–270.
- 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 // Энтомол. обозр. 2019. Т. 98. № 3. С. 592–599.
- Керчев И. А., Маслов К. А., Марков Н. Г., Токарева О. С. Семантическая сегментация поврежденных деревьев пихты на снимках с беспилотных летательных аппаратов // Соврем. пробл. дистанцион. зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 116–126.
- Кривец С. А., Бисирова Э. М., Керчев И. А., Пац Е. Н., Чернова Н. А. Трансформация таежных экосистем в очагах инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западной Сибири // Рос. журн. биол. инвазий. 2015. № 1. С. 41–63.
- Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 26.03.2022). М., 2006.
- Мандельштам М. Ю., Селиховкин А. В. Короеды Северо-Запада России (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae): история изучения, состав и генезис фауны // Энтомол. обозр. 2020. Т. 99. № 3. С. 631–665.
- Марков Н. Г., Маслов К. А., Керчев И. А., Токарева О. С. Модели U-NET для семантической сегментации поврежденных деревьев сосны сибирской кедровой на снимках с БПЛА // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 1. С. 65–77.
- Методические рекомендации по надзору, учету и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей и санитарного состояния лесов. Пушкино: ВНИИЛМ, 2006. 108 с.
- Мозолевская Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.
- Опасный вредитель кедровых лесов Сибири. Томск: Центр защиты леса Томской области, 2022. <https://tomsk.rcfh.ru/presscenter/novosti/opasnyy-vreditel-kedrovykh-lesov-sibiri/>
- Постановление Правительства РФ от 03.02.2020 № 74 «О внесении изменений в Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации». М.: Правительство РФ, 2020.
- Правила осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов. Утв. Приказом Минприроды России от 09.11.2020 № 912. М.: Мин-во природ. рес. и экол. РФ, 2020а.
- Правила санитарной безопасности в лесах. Утв. Постановл. Правительства РФ от 09.12.2020 № 2047. М.: Правительство РФ, 2020б.
- Приказ Минприроды России от 09.11.2020 № 910 (ред. от 31.10.2022) «Об утверждении порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования». М.: Мин-во природ. ресурсов и экологии РФ, 2020.
- Скороходов С. Н. Некоторые экологические аспекты формирования крон кедра сибирского // Пробл. кедра. Томск. 1992. Вып. 5. С. 131–137.
- Федеральный закон «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования отноше-

- ний, связанных с обеспечением сохранения лесов на землях лесного фонда и землях иных категорий» от 27.12.2018 г. № 538-ФЗ.
- Brockerhoff E. G., Bain J., Kimberley M., Knizek M. Interception frequency of exotic bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytinae) and relationship with establishment in New Zealand and worldwide // Can. J. For. Res. 2006. V. 36. N. 2. P. 289–298.
- Cognato A. I. Biology, systematics, and evolution of *Ips* // Bark beetles. Biology and ecology of native and invasive species. Oxford: Acad. Press Elsevier, 2015. P. 351–370.
- Haack R. A. Intercepted Scolytidae (Coleoptera) at US ports of entry: 1985–2000 // Integr. Pest Manag. Rev. 2001. N. 6. P. 253–282.
- Holuša J., Resnerová K., Grodzki W., Kula E., Matoušek P. Is *Ips amitinus* (Coleoptera: Curculionidae) abundant in wide range of altitudes? // Acta Zool. Bulgar. 2012. V. 64. N. 3. P. 219–228.
- Francke W., Sauerwein P., Vité J. P., Klimetzek D. The pheromone bouquet of *Ips amitinus* // Naturwissenschaften. 1980. N. 67. P. 147–148.
- Fuchs G. Forstzoologische Ergebnisse einer Sommerreise ins Engadin // Naturw. Z. Land-u. Forstwirtschaft. 1913. N. 11. P. 65–86.
- Jeger M., Bragard C., Caffier D., Candresse T., Chatzivassiliou E., Dehnen-Schmutz K., Gilioli G., Anton J., Miret J., MacLeod A., Navarro M. N., Niere B., Parnell S., Potting R., Rafoss T., Rossi V., Urek G., Bruggen A. van, Van der Werf W., West J., Winter S., Kertesz V., Aukhojee M., Gregoire J.-C. Pest categorisation of *Ips amitinus* // EFSA J. 2017. V. 15. N. 10. P. 1–26.
- Jurc M., Bojović S. Bark beetle outbreaks during the last decade with special regard to the eight-toothed bark beetle (*Ips amitinus* Eichh.) outbreak in the Alpine region of Slovenia // Biotic Damage in Forests. Proc. IUFRO (WP7.03.10) Symp., Mátrafüred, Hungary / G. Csyka, A. Hirka, A. Koltay (Eds.). Hungary, 12–16 Sept., 2004. Hungary: Hungarian For. Res. Inst., 2006. P. 85–95.
- Kohnle U., Vité J. P., Erbacher C. Aggregation response of European engraver beetles of the genus *Ips* mediated by terpenoid pheromones // Entomol. Exp. Appl. 1988. V. 49. P. 43–53.
- Kerchov I. A., Krivets S. A. An attack of *Ips amitinus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) on arboretum in West Siberia: new host of invasive bark beetle among exotic conifers // J. Asia-Pacific Entomol. 2021. V. 24. N. 3. P. 148–152.
- Lindelöw Å. Vantadbarkborrefunnen i Sverige fyndav *Ips amitinus* (Coleoptera, Scolytinae). (*Ips amitinus* (Coleoptera, Scolytinae) expected and found in Sweden) // Entomol. Tidskrift. 2013. N. 134. P. 203–206.
- Mandelshtam M. Yu. Current status of *Ips amitinus* Eichh. (Coleoptera, Scolytidae) in North-West Russia // Entomol. Fenn. 1999. V. 10. N. 1. P. 29–34.
- Musolin D. L., Kirichenko N. I., Karpun N. N., Aksenenko E. V., Golub V. B., Kerchov I. A., Mandelshtam M. Y., Vasaitis R., Volkovitch 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. 521. P. 1–60.
- Økland B., Skarpaas O. Draft pest risk assessment report on the small spruce bark beetle, *Ips amitinus* // Commissioned Rep. Norwegian For. & Landscape Inst., 2008. 25 p.
- Økland B., Flø D., Schroeder M., Zach P., Cocos D., Martikainen P., Siitonen J., Mandelshtam M. Y., Musolin D. L., Neuvonen S., Vakula J., Nikolov C., Lindelöw Å., Voolma K. Range expansion of the small spruce bark beetle *Ips amitinus*: a newcomer in northern Europe // Agr. & For. Entomol. 2019. V. 21. N. 3. P. 286–298.
- Postner M. Scolytidae (Ipidae), Borkenkäfer. Die Forstschädlinge Europas / W. Schwenke (Ed.). Berlin: Parey Verlag, 1974. V. 2. P. 334–482.
- Stauffer C., Zuber M. *Ips amitinus* var. *montana* (Coleoptera, Scolytidae) is synonymous to *Ips amitinus*: a morphological, behavioral, and genetic re-examination // Biochem. System. & Ecol. 1998. N. 26. P. 171–183.
- Voolma K., Mandelshtam M. Yu., Shcherbakov A. N., Yakovlev E. B., Ounap H., Suda I., Popovichev B. G., Sharapa T. V., Galasjeva T. V., Khairtdinov R. R., Lipatkin V. A., Mozolevskaya E. G. Distribution and spread of bark-beetles (Coleoptera: Scolytidae) around the Gulf of Finland: A comparative study with note on rare species of Estonia, Finland and North-Western Russia // Entomol. Fenn. 2004. V. 15. N. 4. P. 198–210.
- Zach P., Kršiak B., Kulfan J., Holecová M. Attraction of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) to Norway spruce in timberline forest in Tatra Mountains, West Carpathians // Lesnícky časopis (For. J.). 2010. V. 56. N. 3. P. 285–293.

SMALL SPRUCE BARK BEETLE AS A NEW CHALLENGE FOR FOREST PROTECTION IN SIBERIA

S. A. Krivets¹, I. A. Kerchev¹, E. M. Bisirova^{1, 2}, N. A. Smirnov¹, E. N. Pats¹

¹ Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch

Prospekt Akademicheskiiy, 10/3, Tomsk, 634055 Russian Federation

² Tomsk Branch of the All-Russian Plant Quarantine Center

Prospekt Frunze, 109A, Tomsk, 634069 Russian Federation

E-mail: krivec_sa@mail.ru, ivankerchev@gmail.com, bissirovaem@mail.ru, niknov918@gmail.com, patz_imces@mail.ru

The problems of protection of Siberian pine forests, that have arisen in connection with the recent invasion of the European pest - the small spruce bark beetle *Ips amitinus* (Eichh.), which formed the outbreak foci on the territory of the Tomsk and Kemerovo regions, are considered. The complexity of indication and early detection of the species, the assessment of the forest stands state, bark beetle populations indexes in foci, and the implementation of measures aimed at curbing the spread of an aggressive alien species were discussed based on the results of our research. The objective reasons for the ineffectiveness of protecting forests from the alien bark beetle at the present stage are shown: the lack of information and scientific and methodological support for it, taking into account the characteristics of the biology and ecology of the new pest; lack of a developed technology for the practical application of protective measures in the conditions of specific management in Siberian pine forests and legislative conflicts. In connection with the specifics of the invasive situation, a number of innovations in the organization and conduct of forest health monitoring and forest pathological surveys in the Siberian pine forests are proposed for consideration. The necessity of clarifying the scale of damaged trees condition categories by the small spruce bark beetle is substantiated, taking into account the peculiarities of the relationship between the pest and its new host-tree species. The possibilities and prospects of conducting remote observations of the alien bark beetle foci and its distribution with using of unmanned aerial vehicles are shown. A critical assessment is given of measures to curb the spread of pests in forests, permitted by regulatory documents, and their possibilities for solving the problem of Siberian pine forests degradation in the outbreak foci of the small spruce bark beetle. The proposals for effective protection technologies against new invasive pest in Siberian pine forests are formulated.

Keywords: invasion, outbreak foci, problems of the Siberian stone pine forests protection.

How to cite: Krivets S. A., Kerchev I. A., Bisirova E. M., Smirnov N. A., Pats E. N. Small spruce bark beetle as a new challenge for forest protection in Siberia // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 43–57 (in Russian with English abstract and references).

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 632.4+58.08+674.031.931.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСЕЧЕК ИЗ ЛИСТЬЕВ ЯСЕНЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФИТОПАТОГЕННЫХ СВОЙСТВ ГРИБА *Hymenoscyphus fraxineus*

Н. В. Пашенова¹, Л. Г. Серая², 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 обл., Одинцовский р-н, р. п. Большие Вяземы, ул. Институт, владение 5

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

Поступила в редакцию 24.06.2022 г.

Лабораторный метод изучения грибной фитотоксичности на высечках из листьев апробирован на грибе *Hymenoscyphus fraxineus* (Т. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya – возбудителе усыхания ясеня (*Fraxinus* L.). Использовали 12 культур гриба, происходящие из исходного и инвазийного ареалов возбудителя, и листья ясеней маньчжурского (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) и пенсильванского (*F. pennsylvanica* Marsh.), различающихся по устойчивости к данному фитопатогену. После роста грибов на жидких питательных средах фильтраты культур наносили на высечки из листьев ясеней, помещенные во влажные камеры. Некротизация фотосинтезирующих тканей отмечена после действия экзометаболических веществ некоторых культур. Крупные некрозы развивались только на высечках из листьев ясеня пенсильванского. Это свидетельствует о том, что данный вид менее устойчив к *H. fraxineus* по сравнению с ясенем маньчжурским. Географическое происхождение и состав питательной среды не влияли на способность культур вызывать некроз. Анализ результатов указывал на вероятную положительную связь между некротизирующей активностью культуральной жидкости и уровнем урожайности биомассы. Можно предположить, что факторы, индуцирующие некроз, появились в культурах на стационарной стадии роста гриба. Не обнаружено совпадения результатов лабораторных опытов с листовыми высечками и полевых опытов по инокуляции мицелия *H. fraxineus* в стволы молодых ясеней. Обсуждается дефицит знаний о физиологии *H. fraxineus* и механизмах взаимодействия этого фитопатогена с хозяином. Сделан вывод о пригодности лабораторного метода с использованием высечек из листьев для изучения факторов фитопатогенности *H. fraxineus*, действующих при заселении фотосинтетической части кроны у чувствительных видов ясеня.

Ключевые слова: усыхание ясеней, гриб-возбудитель *Hymenoscyphus fraxineus*, лабораторный тест для выявления фитопатогенности.

DOI: 10.15372/SJFS20230106

ВВЕДЕНИЕ

Гриб *Hymenoscyphus fraxineus* (Т. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya является причиной массового усыхания ясеней (*Fraxinus* L.) в Европе, в том числе и в России. Жизненный цикл гриба начинается на восприимчивых видах ясеней с заражения аскоспорами листьев, что приводит к их усыханию и опадению. Гриб продолжает сапротроф-

ное развитие в опавших листьях (в подстилке), а после перезимовывания образует на черешках плодовые тела (апотеции), которые при созревании выбрасывают в воздух огромное количество аскоспор. Большинство зараженных листьев опадают без перехода гриба в одревесневшие органы хозяина (Schwanda, Kirisits, 2016), но в редких случаях гриб проникает через листовые черешки в ветви и стволы ясеня, продолжая раз-

витие во внутренней коре (флоэме) надземных частей растения. Кроме того, установлено, что *H. fraxineus* может вызывать некрозы внутренней коры в области корневой шейки (Landolt et al., 2016). Возможно, в этом принимают участие мелкие эндоконидии, продуцируемые конидиеносцами *Chalara*-типа, которые формируются при бесполой стадии развития *H. fraxineus*. Изначально конидиям приписывали роль сперматозоидов, вовлеченных в половой процесс гриба, но уже опубликованы свидетельства их участия в заражении листьев и корней сеянцев ясеня через почву (Fones et al., 2016).

Поскольку *H. fraxineus* относят к некротрофным фитопатогенам, продуцируемые им фитотоксины не остались без внимания при исследовании взаимоотношений гриба и хозяина. В культуральных экстрактах *H. fraxineus* обнаружено множество вторичных метаболитов, один из которых – токсин виридиол – вызывал некротизацию листьев восприимчивого вида ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.). Однако дальнейшие работы не подтвердили безусловной связи виридиола, продуцируемого культурами *H. fraxineus*, с фитопатогенной активностью последних, что предполагает наличие иных, пока еще не известных, факторов фитопатогенности (Junker et al., 2014).

В основном негативное воздействие гриба на неустойчивые виды ясеня проявляется в двух взаимосвязанных аспектах: сначала споры гриба (аскоспоры) поражают листья, вызывая их некротизацию, усыхание и опад, впоследствии гриб может продвинуться в побеги и стволы деревьев, где вызывает некротизацию флоэмы. Высказано мнение, что решающее значение для функционирования гриба в природе и для эволюции механизмов его взаимодействия с растениями-хозяевами имеют инфицирование и колонизация листьев, а развитие гриба в одревесневших частях растения, скорее всего, носит тупиковый характер (Landolt et al., 2016).

Обращает на себя внимание большое разнообразие методик для оценки фитопатогенных свойств *H. fraxineus*. В работе с этим грибом применяли разные подходы. В качестве инокуляционного материала использовали мицелий, выращенный на древесине (щепки, опилки), суспензии аскоспор и конидий, собранных в природе или полученных в лабораторных условиях. Инокуляции делали на стволах саженцев в открытом грунте или теплицах, споровый материал наносили на поверхность листьев, помещенных во влажные камеры, делали инъекции в листо-

вые черешки саженцев в горшках, обрабатывали суспензиями семена ясеня или проростки, выращенные в аксенической культуре. (Junker et al., 2014, 2017; Kowalski et al., 2017; Orton et al., 2018). Однако эталонные методики оценки фитопатогенной активности для *H. fraxineus* пока не предложены.

Целью работы было проверить пригодность лабораторной методики изучения фитотоксических свойств грибов на листовых высеках для исследования факторов патогенности *H. fraxineus*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для работы использовали 12 культур *H. fraxineus*, полученных при рассеве аскоспор гриба на плотной среде (споровые изоляты) или изолированных из проводящих тканей побегов ясеня, поврежденных грибом (тканевые изоляты) (табл. 1). Образцы для изолирования культур собирали в 2017–2018 гг. на территории Российской Федерации, Республики Беларусь и Швеции. Культуры поддерживали в рабочей коллекции Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН на скошенном сусловом агаре при температуре 4 °С, пересев на свежую среду выполняли 1 раз в течение года.

Получение культуральных фильтратов.

Культуры выращивали на трех жидких средах: 1) С – жидкое пивное сусло (содержание сахаров – 3–4 градуса Баллинга (3–4 °Б)); 2) МС – жидкое пивное сусло (1–2 °Б) с добавлением отвара листьев ясеня маньчжурского (*Fraxinus mandshurica* Rupr.); 3) ПС – жидкое пивное сусло (1–2 °Б) с добавлением отвара листьев ясеня пенсильванского (*F. pennsylvanica* Marsh.). Культивирование проводили в бактериологических пробирках в течение 3 мес, в стационарных условиях при 24 °С. Инокулом для засева жидких сред получали, выращивая грибы на агаризованных средах указанного выше состава в течение 1 мес при комнатной температуре. Для засева жидкой среды использовали мицелий, выращенный на соответствующей по составу агаризованной среде. В каждую пробирку, содержащую 10 мл среды, помещали 1 агаровый блок с мицелием (диаметр 6 мм), вырезанный из колонии соответствующей культуры. Контрольными вариантами служили стерильные среды, инкубируемые в тех же условиях, что и засеянные пробирки.

Таблица 1. Культуры гриба *Hymenoscyphus fraxineus*, использованные в работе

Шифр культур	Год изолирования	Происхождение	Характеристика культуры
Cf 1702	2017	РФ, Воронежская обл.	Тканевая
Cf 1704	2017	РФ, Ленинградская обл.	»
Cf 1806*	2018	Республика Беларусь	Споровая
Cf 1718	2017	Там же	Тканевая
Cf 1720	2017	»	»
Cf 1823	2018	РФ, г. Хабаровск	Споровая
Cf 1825	2018	» »	»
Cf 1830	2018	» »	»
Cf 1838	2018	» »	»
Cf 1852	2018	Швеция, о. Готланд	»
Cf 1853	2018	» »	»
Cf 1860	2018	» »	»

* Культура *H. fraxineus* 1806 отсееяна из отдельно расположенной колонии, развившейся при попытке рассева конидий из культуры 1718.

Отбор проб проводили после 2 и 3 мес роста. Мицелиальную биомассу отфильтровывали в стерильных условиях через складчатые бумажные фильтры Macherey-Nagel MN 612 ¼ (Germany) и сушили для взвешивания. Из пробирок с фильтратами стерильно отбирали 1–1.5 мл для тестов на фитотоксичность, в фильтратах измеряли уровень pH. Стерильные среды без засева грибами (контроли) также подвергались фильтрации.

Оценка фитотоксичности. Проводилась согласно методике А. О. Берестецкого с соавт. (2010), предполагающей нанесение раствора метаболитов фитопатогена на высечки из листьев, помещенных во влажную камеру.

В работе использовали листья ясеней маньчжурского и пенсильванского из дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. Опыты проводили в летний сезон 2020 г., 6 июля и 3 августа, соответственно для культуральных фильтратов после 2 и 3 мес роста грибов. Свежие листья собирали с деревьев соответствующего вида в день выполнения теста, промывали водопроводной водой, подсушивали в течение часа при комнатной температуре для удаления капельной влаги. Высечки делали пробочным сверлом (диаметр 10 мм), по обе стороны от центральной жилки листочков. Использовали только средние пары листочков, расположенные между непарным верхним и парными нижними листочками.

В центре каждой высечки иглой диаметром 0.4 мм делали перфорацию: разрез 1–1.5 мм (тест от 06.07.2020) или укол (тест от 03.08.2020). Вы-

сечки располагали рядами в стерильных влажных камерах, приготовленных из чашек Петри, нижней стороной листа к фильтровальной бумаге. На каждую высечку в месте укола наносили по 10 мкл определенного культурального фильтрата. В контрольных вариантах наносили по 10 мкл стерильной среды или стерильной воды. Влажные камеры располагали в один слой на лабораторном столе, в стороне от прямого солнечного света. Чашки оставляли при естественном чередовании дневного и ночного периодов в течение 2 сут. По истечении этого срока учитывали образование коричневых некротических пятен на поверхности высечек. В обоих тестах для каждого варианта повторность составляла 7 высечек.

Инокулирование деревьев. Эксперименты выполняли на территории питомника ООО «Мамина дача» (с. Богородское Владимирской обл.). Заражение молодых одновозрастных деревьев ясеней маньчжурского и пенсильванского (возраст 7–10 лет, диаметр стволиков от 14 до 38 мм) проводили в конце июня 2019 г. (рис. 1, а). Инокулюм в виде агаровых блоков, вырезанных из колоний грибов, которые выращивали в течение месяца на агаровой среде с сусликом и отваром листьев ясеня пенсильванского, помещали в лунки (6 мм), пробиваемые пробочным сверлом через слой внешней коры стволиков (рис. 1, б, в).

Металлический инструментарий (пробочное сверло, скальпель и проч.) стерилизовали этиловым спиртом и обжигали в пламени, для закладки блоков в лунки использовали одноразовые деревянные шпильки (зубочистки), стерилизованные



Рис. 1. Инокулирование деревьев ясеней маньчжурского и пенсильванского в питомнике ООО «Мамина дача». *а* – общий вид посадок ясеня пенсильванского; *б, в, г* – последовательные этапы инокуляции; *д, е, ж, з* – результаты инокуляции в течении 4 мес.

автоклавированием (рис. 1, в). Поверхность стволов не стерилизовали. Лунку с инокулюмом закрывали высеченной коровой пробкой и наносили сверху тонкий слой медицинского клея БФ-6, чтобы предотвратить высыхание растительных тканей (рис. 1, з). Полевые опыты по тестированию носили ограниченный характер, в них использованы только 4 культуры из исследуемых 12 культур гриба.

Учет некрозов флоэмы проводили через 4 мес, зачищая тонкий слой внешней коры и измеряя длину некрозов флоэмы (рис. 1, д, е, ж, з). Инокулирование выполняли в 10-кратной повторности.

Первичные данные обрабатывали статистически, используя возможности пакетов программ Microsoft Excell 2007 и Statistica 8.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности физиологии культур *H. fraxineus* при росте на жидких средах. Большое внутривидовое разнообразие культур *H. fraxineus* уже отмечалось в литературе (Juncker et al., 2017), и данные по накоплению

биомассы на жидких средах в нашем эксперименте также подтверждают это. Результаты (рис. 2) показали различное отношение исследуемых культур к составу сред, использованных для выращивания.

Некоторые культуры, например «белорусские» cf 1718, 1806 и 1720, демонстрировали долгий период адаптации и отсутствие роста на сусле и только после 3 мес культивирования показали умеренный рост (2–3 г/л по абсолютно сухой массе (а. с. м.)). Другие культуры, уже на 2-й месяц достигали уровня биомассы 4–5 г/л и либо прекращали активный рост (cf 1830 на ПС, cf 1853 на С) или продолжали накапливать биомассу на 3-й месяц (cf 1825 на МС). Полученные данные не показали связи между активностью роста на разных средах и географическим происхождением или способом изолирования (тканевые, споровые) культур *H. fraxineus*.

Несмотря на то что исследуемые культуры проявляли различия по скорости накопления биомассы на той или иной среде, средние показатели урожайности по всей выборке (12 культур) для разных сред различались мало. Данные, представленные в табл. 2, позволяют предполо-

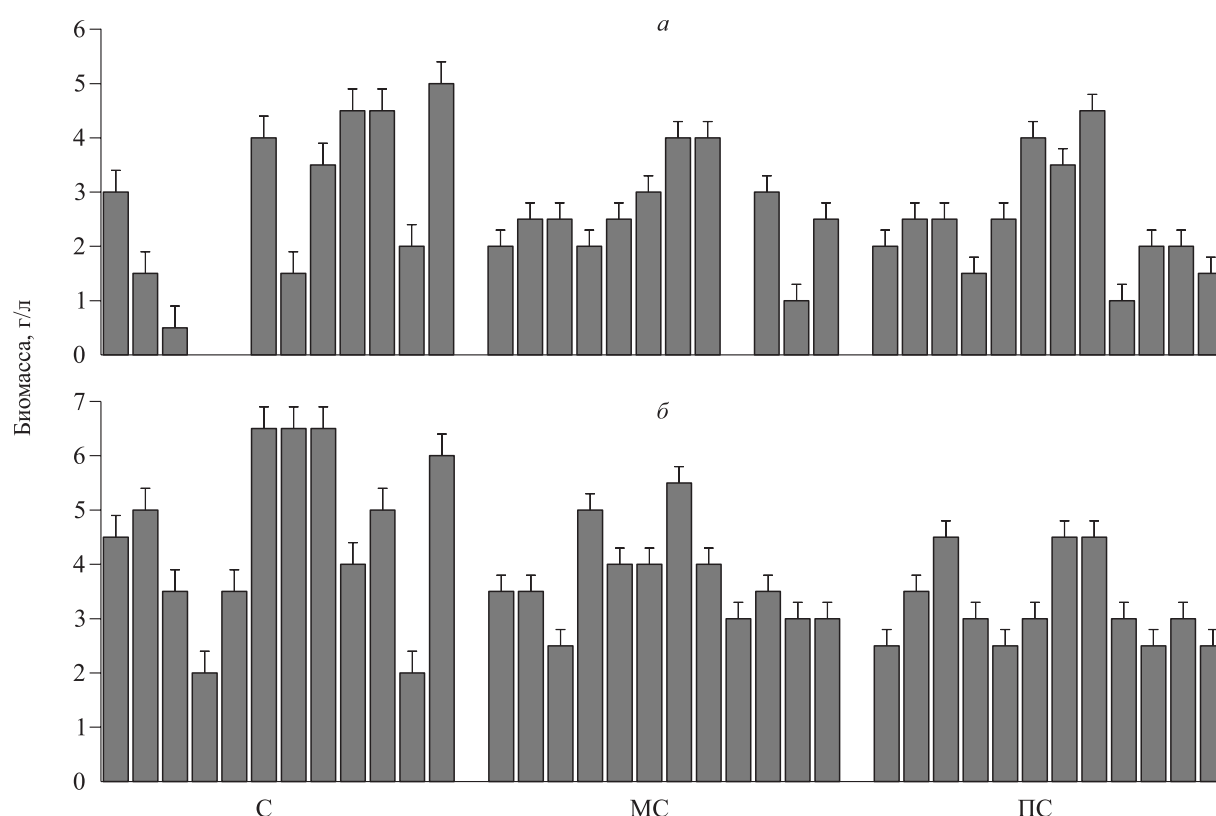


Рис. 2. Индивидуальные показатели урожайности биомассы ($x \pm m$, г/л) исследуемых культур после роста на жидких средах в течение 2 (а) и 3 (б) мес.

Сусли: С – разбавленное, МС и ПС – с отваром листьев ясеней маньчжурского и пенсильванского. (Последовательность культур слева – направо отвечает порядку их перечисления в табл. 1).

Таблица 2. Накопление биомассы ($\bar{x} \pm \sigma$, г а. с. м./л) при лабораторном стационарном культивировании гриба *H. fraxineus* на жидких средах ($n = 12$)

Среда	Время культивирования, мес		Доверительная вероятность по критерию Манна – Уитни, период, мес			
	2	3	2		3	
			МС	ПС	МС	ПС
С	2.5 ± 1.8	4.6 ± 1.6	0.86	0.98	0.12	0.03
МС	2.4 ± 1.1	3.7 ± 0.9	–	0.70	–	0.15
ПС	2.5 ± 1.1	3.3 ± 0.8	–	–	–	–

жить, что разбавленное сусло без добавок было более благоприятной средой для культивирования *H. fraxineus* и обеспечивало немногим большее накопление мицелиальной массы, чем среды с отварами листьев ясеней.

Но статистически достоверные различия проявились только между показателями урожая на С и ПС после 3 мес роста (табл. 2).

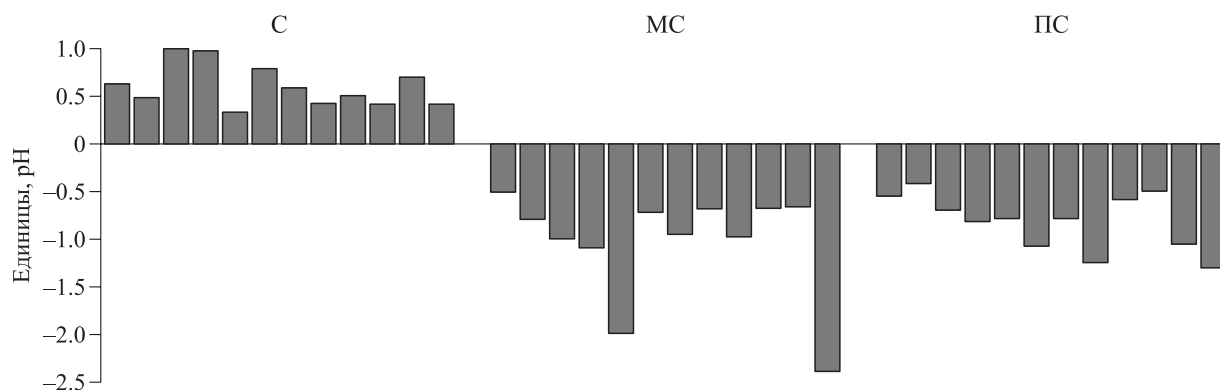
Перед культивированием исходные значения активной кислотности сред, за которые приняты показания pH стерильных сред (контроли), были близки и составляли 5.6, 5.4 и 5.6, соответственно для сред С, МС и ПС. Максимальные изменения показателей активной кислотности среды в процессе роста составили до 4.66 (cf 1806 – среда С), до 7.75 (cf 1860 – среда МС) и до 6.86 (cf 1860 – среда ПС). Рассчитанная для каждой культуры разница между показателями pH в начале и конце культивирования представлена на рис. 3.

Можно видеть, что внутривидовое варьирование также проявилось при регуляции активной кислотности среды в процессе роста. Общим для всех культур было то, что рост на сусле сопровождался снижением активной кислотности среды (показатели разницы положительны), а на средах с отварами листьев ясеней уровень

pH, наоборот, увеличивался, сдвигаясь к нейтральным и даже слабощелочным значениям (показатели разницы отрицательны).

Некротизация листовых высечек под действием культуральных фильтратов *H. fraxineus*. Проверка некротизирующей способности стерильных сред и культуральных жидкостей показала, что уже на 2-е сутки от начала теста можно было выделить три типа реакции фотосинтезирующей ткани: 0 – отсутствие визуально заметной некротизации ткани вокруг центральной перфорации; 1 – отчетливая рыжевато-коричневая полоса вокруг центральной перфорации; 2 – коричневое пятно с нечеткими краями вокруг центральной перфорации (рис. 4).

Хотя фильтрация через бумажный фильтр не могла гарантировать полное отсутствие грибных пропагул в фильтратах, но быстрое, через 2-е суток, проявление некротизации, исключало вероятность того, что эта реакция была вызвана живым грибом. В работе J. W. Mansfield и соавт. (2018) сообщается, что при нанесении аскоспор *H. fraxineus* на неповрежденную поверхность листовой пластинки или листовых черешков ясеня обыкновенного признаки некрозов в лабораторных условиях появлялись только на 7–9-е сутки. Основываясь на своих наблю-

**Рис. 3.** Максимальная разница значений pH в начале (контроли – стерильные среды) и в конце роста культур *H. fraxineus*.

С – чистое сусло, МС и ПС – сусло с добавлением отвара листьев ясеня маньчжурского и пенсильванского соответственно. (Последовательность культур слева – направо отвечает порядку их перечисления в табл. 1).

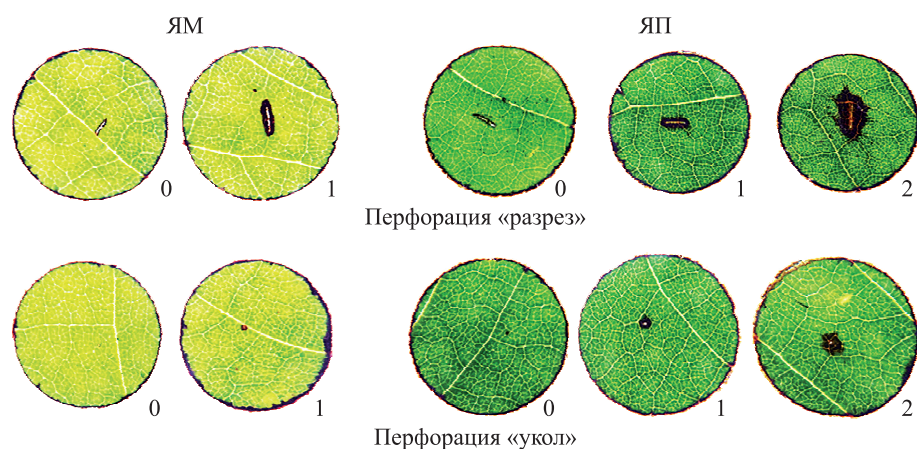


Рис. 4. Примеры реакции ткани листьев ясеня маньчжурского (ЯМ) и ясеня пенсильванского (ЯП) после нанесения опытных и контрольных жидкостей на высечки.

Реакция: 0 – отсутствие; 1 – слабая; 2 – активная.

дениях, авторы относят *H. fraxineus* к фитопатогенам с временным биотрофным способом паразитирования (pathogens with a temporarily biotrophic mode of infection): аскоспоры на поверхности листьев прорастают гаусториями, которые проникают в растительные клетки уже на 2-е–3-и сутки после инокуляции, но в начальный период колонизации (3-и–5-е сутки) гриб не вызывает гибель клеток хозяина и появления признаков некротизации. Отсутствие некротической реакции на высечках (0 баллов) ожидаемо наблюдали после нанесения стерильной воды и стерильных сред. Но такой же эффект наблюда-

ли после воздействия культуральной жидкости некоторых изолятов. Например, реакция на листьях обоих видов ясеней отсутствовала после действия фильтратов культур cf 1720, 1825 и 1860 (рост на средах МС и ПС), культуральный фильтрат cf 1853 (после роста на средах С и МС) вызвал слабую некротизацию только на листьях ясеня пенсильванского. Культуры cf 1702 и 1838 не вызывали некротизацию листьев обоих видов ясеня, если росли на средах ПС и МС, соответственно (табл. 3).

Несмотря на большое варьирование данных (табл. 3), очевидно, что наиболее активная реак-

Таблица 3. Некротизирующая активность* культуральной жидкости *H. fraxineus* после роста на средах: разбавленное сусло (С), разбавленное сусло + отвары листьев ясеней маньчжурского (МС) и пенсильванского (ПС), балл

Шифр культуры	Высечки из листьев					
	я. маньчжурский			я. пенсильванский		
	С	МС	ПС	С	МС	ПС
Cf 1702	1	1	0	2	2	2
Cf 1704	1	1	1	1	1	1
Cf 1806	1	1	1	1	1	2
Cf 1718	0	1	0	0	2	1
Cf 1720	1	0	0	1	0	0
Cf 1823	1	1	1	2	1	1
Cf 1825	0	0	1	0	0	0
Cf 1830	1	1	1	2	2	2
Cf 1838	1	0	1	2	0	1
Cf 1852	1	1	1	2	2	2
Cf 1853	0	0	0	1	1	0
Cf 1860	0	0	0	1	0	0

* Оценка дана в баллах. Приведена максимальная проявившаяся реакция по совокупности двух экспериментов.

Таблица 4. Средняя урожайность биомассы культур* *H. fraxineus* ($\bar{x} \pm \sigma$, г а. с. м./л), культуральные фильтраты которых вызвали разную активность некротизации листьев ясеней и число культур, у которых проявилась соответствующая реакция (в скобках)

Среда для роста грибов	Я. маньчжурский		Я. пенсильванский		
	Активность реакции некротизации на листьях, балл				
	0	1	0	1	2
С	2.0 ± 0.0 (2)	5.1 ± 1.2 (7)	2.0 ± 0.0 (1)	3.5 ± 1.5 (3)	5.4 ± 1.0 (5)
МС	3.0 ± 0.0 (2)	3.7 ± 0.8 (7)	3.0 ± 0.0 (1)	3.3 ± 0.7 (4)	4.0 ± 0.7 (4)
ПС	2.8 ± 0.3 (3)	3.7 ± 0.8 (6)	2.8 ± 0.3 (3)	3.3 ± 0.5 (3)	3.8 ± 1.2 (3)

* Без учета данных по культурам cf 1720, 1825 и 1860.

ция некротизации (2 балла) проявлялась только на листьях ясеня пенсильванского, но не маньчжурского. Полученные данные не показали возможного влияния на некротизирующую активность в экспериментах таких факторов, как географическое происхождение культур, состав среды культивирования, тип и интенсивность регуляции активной кислотности среды в процессе роста.

Анализ и обработка результатов позволили предположить некоторую зависимость между активностью некротической реакции на высечках и урожайностью биомассы. У трех культур из рабочей выборки – cf 1720, 1825 и 1860 (происхождение: Белоруссия, Хабаровск и Швеция соответственно) – способность вызывать некротизацию на высечках проявилась наиболее слабо. Удаление из общей выборки данных по этим культурам (как нетипичным) привело к тому, что коэффициенты корреляции между показателями активности некротической реакции и урожайности биомассы составили 0.58 и 0.62 для листьев ясеней маньчжурского и пенсильванского соответственно. Сопоставление средних показателей урожайности биомассы для групп из нескольких культур, проявивших одинаковую активность некротизации на высечках, также подтверждает эту тенденцию. Способность культуральных фильтратов вызывать некротизацию листьев ясеня начинает проявляться при накоплении биомассы 3.0–3.5 г а. с. м./л и более. Самая активная реакция на листьях ясеня пенсильванского отмечена при урожайности биомассы 4.0–5.0 г а. с. м./л (табл. 4).

Разнородность полученных показателей невозможно объяснить, исходя из предположения, что в тестах проявилось действие только одного некротизирующего фактора – токсина/токсинов. Поскольку использованная методика предполагала, что в тестах действовали только метаболиты

ты *H. fraxineus*, эффект некротизации, предположительно, мог быть также вызван ферментами гриба и/или низкомолекулярными веществами – элиситорами.

Предположение о присутствии в культуральных фильтратах как токсина/токсинов, так и элиситоров позволяет в определенной степени обобщить зарегистрированные данные. На уровне тенденции отмечено, что активность некротизации была выше в тех вариантах культивирования, где урожайность биомассы больше (табл. 4). Лабораторное культивирование в ограниченном объеме среды со временем приводит к достижению грибной культурой стационарной фазы роста, связанной с неблагоприятными условиями. Этот период связан с продуцированием наибольшего количества вторичных метаболитов и частичным отмиранием и лизисом мицелия. Большинство токсинов являются вторичными метаболитами, а элиситоры могут быть представлены низкомолекулярными продуктами распада мицелия. Логично предположить, что наибольший выход токсинов и элиситоров в наших экспериментах приходился на стационарную фазу роста, когда культура приближается к максимально возможному в данных условиях накоплению биомассы.

Из данных табл. 3 можно видеть, что на высечках из листьев ясеня маньчжурского активность реакции некротизации на превышала 1 балла. Известно, что в его ареале на Дальнем Востоке гриб *H. fraxineus* хотя и присутствует, но не расценивается как заметный фитопатоген (Drenkhan et al., 2017). Возможно, ясень маньчжурский не восприимчив или мало восприимчив к действию токсинов *H. fraxineus*. Реакция некротизации, которую наблюдали на высечках из листьев ясеня маньчжурского (1 балл), может быть расценена как быстро реализованный защитный ответ в тканях устойчивого хозяина,

вызванный элиситорами гриба, которые содержались в культуральных фильтратах. Именно элиситоры *H. fraxineus* и их концентрация могли послужить причиной более сильной и отчетливой реакции некротизации в сравнении с вариантами, классифицированными «0 баллов», где элиситоры гриба отсутствовали или их было мало. В этих случаях имела место обычная сверхчувствительная реакция на механическое поранение, слабо заметная без увеличения (рис. 4). Более обширные некротические пятна (2 балла) на высечках ясеня пенсильванского могут быть связаны с распространением как элиситоров грибных культур, так и их токсинов (рис. 4). Показано, что ясень пенсильванский частично восприимчив к грибу *H. fraxineus*, хотя уровень его вирулентности можно назвать низким в сравнении с ясенем обыкновенным – наиболее чувствительным хозяином *H. fraxineus* (Kowalski et al., 2015). Чувствительность предполагает ослабление или замедление защитного ответа на сигналы о вторжении фитопатогена, что позволяет элиситорам и/или токсинам распространиться от места перфорации на большее расстояние, увеличивая размеры некротизированного участка тканей.

Но следует отметить, что высказанные предположения не соответствуют выявленным эффектам у наиболее «слабых» по активности некротизации культур cf 1720, 1825 и 1860. Возможно, эти культуры не были способны продуцировать токсин (-ы), но в некоторых вариантах культивирования – cf 1720 (МС), 1825 (С и МС) – максимальная урожайность достигала значений 4 – 6,5 г а. с. м./л, что предполагает процессы отмирания мицелия, наличие элиситоров в культуральных фильтратах и как следствие – прояв-

ление реакции на высечках вокруг перфораций, хотя бы на уровне 1 балл. Однако в этих случаях реакция некротизации отсутствовала (0 баллов, табл. 3), что пока не представляется возможным объяснить.

Реакция флоэмы ствола двух видов ясеней на искусственное заражение культурами *H. fraxineus*. Способность вызывать некрозы внутренней коры ясеней маньчжурского и пенсильванского проверена для четырех культур *H. fraxineus* (cf 1702, 1718, 1838 и 1860) в эксперименте с искусственной инокуляцией стволов молодых деревьев. Из полученных данных (табл. 5) можно видеть, что на ясене маньчжурском только культуры 1702 и 1838 вызывали небольшие, но достоверно отличающиеся от контроля некрозы флоэмы; на ясене пенсильванском некротизирующую активность проявили культуры 1702, 1838 и 1860. Культура cf 1718 не вызывала некротизацию ствольной флоэмы ясеней маньчжурского и пенсильванского.

Для сравнения приведены оценки активности некротизации высечек из листьев под действием фильтратов тех же культур (в обоих случаях использовали среду, содержащую сусло и отвар листьев ясеня пенсильванского) (табл. 5).

Можно видеть, что для всех культур активность некротизации фотосинтезирующей ткани под действием метаболитов грибов не соответствует скорости распространения мицелия в проводящих тканях коры, т. е. фитопатогенные эффекты, полученные в наших экспериментах на высечках из листьев ясеней, не соответствовали результатам искусственного инокулирования стволов ясеня.

Следует упомянуть уже выдвинутое предположение о вероятных различиях защитных

Таблица 5. Сравнение активности некротизации фотосинтезирующих тканей листьев и флоэмы стволов ясеня соответственно культуральной жидкостью ($n = 7$) и живыми культурами ($n = 10$) *H. fraxineus* (Пашенова и др., 2020)

Культуры гриба	Среда культивирования*	Я. маньчжурский		Я. пенсильванский	
		Листья, балл	Длина некрозов флоэмы, $x \pm \sigma$, мм	Листья, балл	Длина некрозов флоэмы, $x \pm \sigma$, мм
Cf 1702	ПС/ПСА	0	$10.6 \pm 3.9^{**}$	0	$15.8 \pm 7.0^{**}$
Cf 1718	ПС/ПСА	0	9.4 ± 1.2	1	12.7 ± 2.9
Cf 1838	ПС/ПСА	1	10.2 ± 2.9	1	$44.4 \pm 34.9^{**}$
Cf 1860	ПС/ПСА	0	$10.2 \pm 3.3^{**}$	0	$21.8 \pm 14.6^{**}$

* ПС – жидкая среда с добавлением отваров листьев ясеня пенсильванского, ПСА – агаризованная среда с отваром листьев ясеня пенсильванского, использованная для выращивания инокулюма в полевые эксперименты 2019 г.

** Достоверное отличие среднего показателя от контроля при $p \leq 0.05$ по критерию Манна – Уитни.

реакций хозяина при поражении грибом листьев кроны и одревесневших частей растений (Landolt et al., 2016), а это допускает различные физиологические механизмы колонизации грибом фотосинтезирующих тканей и флоэмы ствола. Возможно, токсины не играют важной роли при колонизации грибом тканей ствола.

Сравнение двух типов перфорации высечек из листьев ясеня при лабораторном тесте с метаболитами *H. fraxineus*. Сравнение разных способов перфорирования листовых высечек для проверки некротизирующей способности культуральных фильтратов показало, что использование перфорации в виде разреза позволяет быстро выявить реакцию некротизации и подходит для первичного скрининга большого количества культур. При перфорации листьев уколом, некротическая реакция была не столь очевидна для невооруженного глаза (рис. 5).

Но в этом случае возможна стандартизация размера наносимого отверстия (если проколы делать иглой одного и того же диаметра), что

позволяет в дальнейшем измерить площади некрозов и использовать для сравнительной оценки реакции количественные данные. На рис. 6 приведены примеры соответствия площади некроза глазомерной оценке (в баллах), использованной в выполненных тестах.

Однако с нанесением отверстий в центр высечек связано техническое затруднение, способное ухудшить результаты теста. Как правило, тип реакции на высечках был один и тот же для всех 7 повторностей каждого варианта (см. рис. 4).

Но в ряде случаев капля фильтрата, помещенная на высечку, исчезала с ее поверхности уже после первого часа экспонирования. Наиболее вероятным объяснением представляется, что капля просачивалась через перфорационное отверстие и впитывалась в подстилающий слой влажной фильтровальной бумаги. Причиной могли быть слишком большое отверстие при перфорации, недостаточно увлажненная фильтровальная бумага во влажной камере и проч. В результате на высечках с впитавшимися

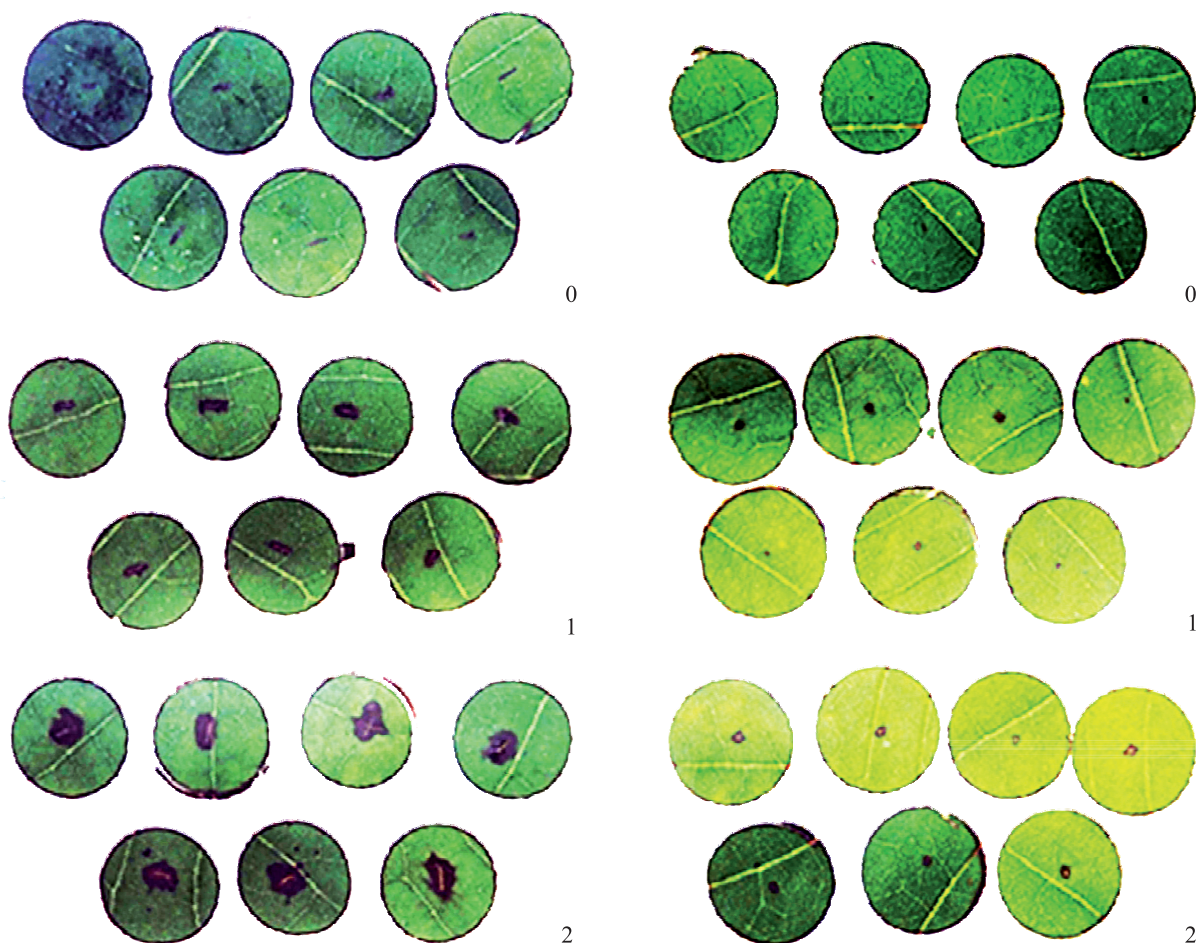


Рис. 5. Примеры некротизации листовых высечек, перфорированных «разрезом» (слева) и «уколом» справа, активность некротизации усиливается от значения 0 до 2 баллов сверху вниз.

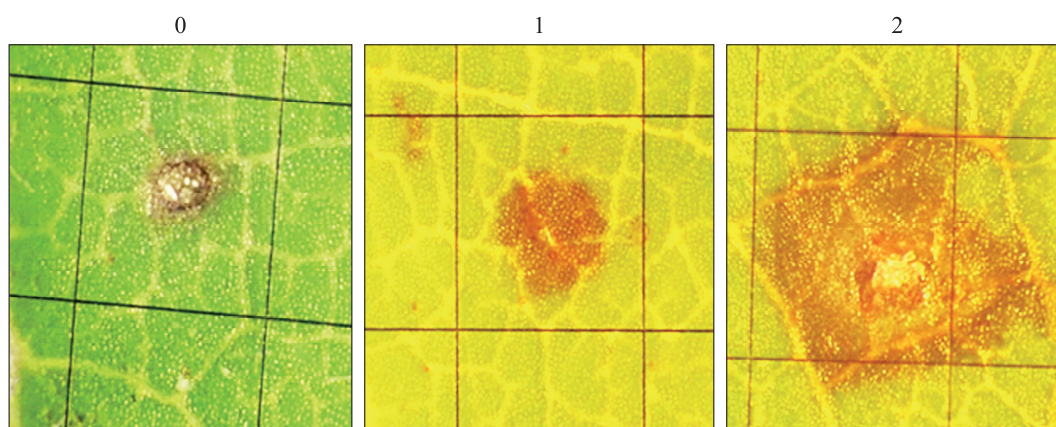


Рис 6. Некрозы с наложенной сеткой (сторона квадрата 1 мм).

0 баллов – отсутствие некроза; площадь развившегося некроза, мм²: 1 балл – ≤ 0.5 ; 2 балла – ≥ 1 .

каплями реакция отсутствовала или имела нечеткий характер. Устранение этой технической особенности необходимо для повышения воспроизводимости результатов. Но это потребует дополнительных усилий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты исследований и сделанные на их основе предположения указывают на необходимость более глубокого понимания физиологических механизмов взаимодействия *H. fraxineus* с устойчивыми и восприимчивыми видами ясеней. Серьезный интерес представляет изучение внутривидовой изменчивости фитопатогенных факторов этого гриба. Очевидно, что использованный в нашей работе тест на высечках из листьев добавляет удобный инструмент к ряду других методик для исследования *H. fraxineus*: простота и непродолжительность теста, малая затратность, возможность количественной оценки результатов, анализ в одних и тех же условиях сравнительно большого числа индивидуумов фитопатогена и растения-хозяина. Однако эта методика предназначена только для изучения роли гриба *H. fraxineus* и его метаболитов при колонизации листы. Результаты, полученные для культуры в лабораторном тесте на высечках из листьев ясеней, вряд ли могут быть использованы для прогноза фитопатогенной активности этой культуры в побегах и стволах.

Авторы признательны Д. С. Полякову за любезное разрешение работать в его питомнике, В. Б. Звягинцеву и Р. Васайтису – за содействие в сборах фитопатогена в Беларуси и Швеции соответственно.

Работа выполнена в рамках государственного задания (№ АААА-А17-117101820002-3), Полевые работы частично поддержаны грантом РФФИ № 14-04-01235А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Берестецкий А. О., Юзихин О. С., Каткова А. С., Добродумов А. В., Сивогризов Д. Е., Коломбет Л. В. Выделение, идентификация и характеристика фитотоксина, образуемого грибом *Alternaria cirsinioxia* // Прикл. биохим. и микробиол. 2010. Т. 46. № 1. С. 84–88.
- Пашенова Н. В., Серая Л. Г., Демидко Д. А., Перцовая А. А., Баранчиков Ю. Н. Экспериментальная оценка фитопатогенной активности *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах (XI чтения памяти О. А. Катаева): Материалы Всерос. конф. с междунар. участ. Санкт-Петербург, 24–27 ноября 2020 г. СПб.: СПбГЛТУ, 2020. С. 251–252.
- Drenkhan R., Solheim H., Bogacheva A., Riit T., Adamson K., Drenkhan T., Maaten T., Hietala A. M. *Hymenoscyphus fraxineus* is a leaf pathogen of local *Fraxinus* species in the Russian Far East // Plant Pathol. 2017. N. 66. P. 490–500.
- Fones H. N., Mardon Ch., Gurr S. J. A role for the asexual spores in infection of *Fraxinus excelsior* by the ash-dieback fungus *Hymenoscyphus fraxineus* // Sci. Rep. 2016. N. 6. Article number: 34638. P. 1–10.
- Junker C., Mandey F., Pais A., Ebel R., Schulz B. *Hymenoscyphus pseudoalbidus* and *Hymenoscyphus albidus*: viridiol concentration and virulence do not correlate // For. Path. 2014. N. 44. P. 39–44.
- Junker C., Vries J. de, Eickhorst C., Schulz B. Each isolate of *Hymenoscyphus fraxineus* is unique as shown by exoenzyme and growth rate profiles // Balt. For. 2017. V. 23. N. 1. P. 25–40.
- Kowalski T., Bilański P., Holdenrieder O. Virulence of *Hymenoscyphus albidus* and *H. fraxineus* on *Fraxinus excelsior* and *F. pennsylvanica* // PLoS ONE. 2015. V. 10. N. 10. Article number: e0141592. P. 1–15.

- Kowalski T., Bilanski P., Kraja W. Pathogenicity of fungi associated with ash dieback towards *Fraxinus excelsior* // Plant Pathol. 2017. V. 66. Iss. 8. P. 1228–1238
- Landolt J., Gross A., Holdenrieder O., Pautasso M. Ash dieback due to *Hymenoscyphus fraxineus*: what can we learn from evolutionary ecology? // Plant Pathol. 2016. V. 65. Iss. 7. P. 1056–1070.
- Mansfield J. W., Galambos N., Saville R. The use of ascospores of the dieback fungus *Hymenoscyphus fraxineus* for infection assays reveals a significant period of biotrophic interaction in penetrated ash cells // Plant Pathol. 2018. V. 67. Iss. 6. P. 1354–1361.
- Orton E. S., Clarke M., Brasier C. M., Webber J. F., Brown J. K. A versatile method for assessing pathogenicity of *Hymenoscyphus fraxineus* to ash foliage // For. Path. 2018. V. 49. N. 2; e12484. P. 1–5.
- Schwanda K., Kirisits T. Pathogenicity of *Hymenoscyphus fraxineus* towards leaves of three European ash species: *Fraxinus excelsior*, *F. angustifolia* and *F. ornus* // Plant Pathol. 2016. V. 65. Iss. 7. P. 1071–1083.

USING ASH LEAF CUT-OFFS IN STUDYING THE FUNGUS *Hymenoscyphus fraxineus* PHYTOPATHOGENIC PROPERTIES

N. V. Pashenova¹, L. G. Seraya², 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 Research Institute of Phytopatology Institute str., 5, settlement Bolshie Vyazemy, Odintsovsky District, Moscow Oblast, 143050 Russian Federation

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

A laboratory method for studying the fungal phytotoxicity with cut-offs from leaves was tested for the fungus *Hymenoscyphus fraxineus* the causative agent of ash dieback (*Fraxinus* L.) disease. We used 12 cultures of the fungus originating from the native and invasive ranges of the pathogen, and leaves of two species of ash Manchurian (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) and ash green (*F. pennsylvanica* Marsh.) that differed in resistance to this phytopathogen. After cultivation of fungi on liquid nutrient media, the cultural filtrates were applied to cut-offs from ash leaves placed in moist chambers. Necrotization of photosynthetic tissues was noted after the action of exometabolites of some cultures. At the same time, large necrosis have developed only on the cut-offs from the leaves of ash green, which corresponds to the known fact that this species is less resistant to *H. fraxineus* in comparison with of ash Manchurian. The geographical origin and composition of the culture medium did not affect the ability of cultures to induce necrosis. The analysis of the results indicated a probable positive relationship between the necrotizing activity of the culture liquid and the indicators of the crop biomass yield. It can be assumed that the necrosis inducing factors appeared in cultures at the stationary stage of the fungus growth. No concurrence was found between the results of laboratory tests with leaf cut-offs and field experiments on the inoculation of *H. fraxineus* mycelium into the trunks of young ash trees. The deficiency of knowledge about the *H. fraxineus* physiology and the mechanisms of interaction of this phytopathogen with the host are discussed. A conclusion was made about the suitability of the laboratory technique with leaf cut-offs for factors of *H. fraxineus* phytopathogenicity investigation, which act during the colonization of the photosynthetic part of the crown in sensitive ash species.

Keywords: ash dieback, *Hymenoscyphus fraxineus*, laboratory test to detect phytopathogenicity.

How to cite: Pashenova N. V., Seraya L. G., Baranchikov Yu. N. Using ash leaf cut-offs in studying the fungus *Hymenoscyphus fraxineus* phytopathogenic properties // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 58–69 (in Russian with English abstract and references).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 632.3.01/08+582.475+571.53

СОСТАВ И ФИТОПАТОГЕННЫЕ СВОЙСТВА БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОРАЖЕННОЙ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ВОДЯНКОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ СИБИРСКОЙ В ПРИБАЙКАЛЬЕ

И. Д. Гродницкая¹, В. А. Сенашова¹, М. Ю. Трусова²,
О. Э. Пашкеева¹, Ю. Н. Баранчиков¹

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

² Институт биофизики СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/50

E-mail: igrod@ksc.krasn.ru, vera0612@mail.ru, mtrusova@ibp.krasn.ru,
koeandkoe@mail.ru, baranchikov_yuri@yahoo.com

Поступила в редакцию 29.06.2022 г.

В настоящее время в темнохвойных лесах Прибайкалья распространено заболевание бактериальная водянка (bacterial wetwood), вызывающее ухудшение санитарного состояния древостоев и приводящее к гибели значительных лесных массивов. Несмотря на то что оно известно еще с начала прошлого века, вопрос о его истинном возбудителе до сих пор остается открытым. Полагают, что в развитии патогенеза могут принимать участие ассоциации различных эндофитных микроорганизмов. В связи с этим представляется актуальным исследование состава эндофитного комплекса микроорганизмов древесины больных водянкой лесных пород для установления типов взаимоотношений между эндофитами и проверки их способности инициировать патологический процесс у хвойных. Сделана попытка выявить основных представителей эндофитного микробиома «мокрой древесины» сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), пораженной бактериальной водянкой, оценить их фитопатогенные свойства и типы взаимоотношений между ними. Исследования проводились в Слюдянском лесничестве Иркутской области. В работе использованы стандартные микробиологические и фитопатологические методы для выделения чистых культур бактерий и изучения их особенностей (в том числе вирулентности), а также молекулярно-генетические методы для идентификации бактерий. Из «мокрой древесины» пораженных бактериальной водянкой деревьев сосны кедровой сибирской впервые выделен комплекс чистых культур эндофитных микроорганизмов. Среди них к условно-патогенным штаммам относятся *Rouxiiella chamberiensis* и *Ewingella americana*, *Stenotrophomonas rhizophila* и *Bacillus pumilis*, проявляющие выраженные вирулентные свойства по отношению к индикаторным растениям и неоднозначно влияющие на рост и развитие семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). В эндофитном микробиоме пораженной древесины кедра кроме взаимодействия с растением отмечено и взаимное влияние бактерий. Выраженные антагонистические свойства проявляли бактерии р. *Bacillus*. В основном в эндофитном сообществе преобладали взаимоотношения симбиотического характера, с возможными синтрофными связями.

Ключевые слова: заболевание хвойных, бактериальная водянка, сосна сибирская кедровая, прокариотный микробиом, семена и проростки сосны обыкновенной, вирулентность штаммов, реакция сверхчувствительности.

DOI: 10.15372/SJFS20230107

ВВЕДЕНИЕ

Бактериальная водянка (bacterial wetwood) лесных пород – широко распространенное заболевание, протекающее обычно в хронической форме, практически постоянно присутствует в лесных массивах Сибири. Это системный сосудисто-паренхиматозный бактериоз, связанный с обводнением тканей древесины стволов, ветвей и рядом других специфических симптомов, поражает как лиственные, так и хвойные лесные, декоративные и садовые древесные породы, развивается в хронической и острой форме, приводя деревья к гибели (Гвоздяк, Яковлева, 1979; Ward, Pong, 1980; Рыбалко, Гукасян, 1986; Johnson, Riffle, 1986; Смирнов, Котов, 2005; Moorman, 2008; Шеховцов, 2009; Татаринцев, 2014; Tatarintsev, 2014).

По данным ФГУ «Рослесозащита», уже к 2009 г. на землях лесного фонда Российской Федерации бактериозы были выявлены в насаждениях 24 регионов на площади 37.8 тыс. га. Иркутская область, занимающая значительную часть территории Восточной Сибири, относится к числу наиболее многолесных субъектов Российской Федерации с площадью лесного фонда около 70 млн га, представленного преимущественно хвойными массивами. Кедрово-пихтовые леса составляют здесь 18 % от общей площади кедровых лесов страны, наиболее ценные из которых выделены в орехопромысловую зону (Справочные материалы..., 2018). Однако в последние годы ухудшение санитарного состояния темнохвойных лесов Прибайкалья вызывает серьезные опасения. В 2012 г. в Слюдянском, Усольском и Шелеховском лесничествах Иркутской области впервые было зафиксировано массовое усыхание высокопродуктивных кедровых сосен (*Pinus sibirica* Du Tour) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) с типичными признаками опасного инфекционного заболевания лесных пород – бактериальной водянки, очаг которого разрастался и к концу 2018 г. составил 3455 га (Бубнова, 2020). В настоящее время существенная по площади территория Слюдянского и Шелеховского лесничеств поражена бактериальной водянкой, которая быстро распространяется и ведет к гибели древостоев.

В разной степени леса повреждены почти по всей кедровой ленте России, протянувшейся по Хамар-Дабану и Саянам от Бурятии до Хакасии (Морозова, Сурдина, 2013; Гродницкая и др., 2018). По данным на 2018 г. площадь насаждений, поврежденных бактериальной водянкой на

Байкальской природной территории, составляла около 60 тыс. га, в том числе погибшие насаждения занимали 5.8 тыс. га (Воронин и др., 2013; Справочные материалы..., 2018). Болеют высокопродуктивные кедровники 150–200-летнего возраста. Кроме кедра (сосны сибирской) водянкой поражаются пихта сибирская, ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) (Горовик и др., 2012; Черпаков, 2012; Kovaleva et al., 2015). Лесные массивы, где отмечено это заболевание, являются источником инфекции для соседствующих с ними лесов других регионов Сибири.

Важная роль в усыхании лесов Сибири отводится изменению климата. Многие авторы считают, что первопричиной усыхания является возрастание засушливости климата, частоты и интенсивности засух. Особую опасность представляет существенное снижение уровня атмосферного увлажнения этих лесов, приводящее к водному стрессу. В свою очередь, водный стресс у древесных растений способствует быстрому освоению их фитопатогенами и насекомыми-вредителями, синергизм указанных воздействий влечет за собой усыхание и гибель древостоев (Mattson, Naack, 1987; Naavik et al., 2015; Kharuk et al., 2017). Также среди возможных причин заражения кедровников бактериозом называют общее ослабление деревьев вследствие повреждения стволов травмирующими способами (околотами) добычи кедрового ореха.

Одним из признаков бактериальной водянки у хвойных является изменение окраски хвои – сначала она желтеет, затем становится оранжево-красной и сероватой, после чего опадает. Симптоматика бактериоза связана с обводнением ядровой и заболонной древесины стволов, с трещинами и раковыми ранами стволов и ветвей; для хвойных характерна также засмоленность пораженных тканей (Черпаков, 2012, 2017). Древесина стволов и ветвей пораженных деревьев мокрая, с характерным кислым запахом. На поперечном срезе стволов любого возраста видно мокрое ложное ядро, часто темное – «темный водослой», почти всегда с неровными более темными краями. В стволе деревьев образуется большое количество жидкости и газа. Под давлением газа происходит разрыв годичных колец древесины и коры. Деревья могут усохнуть быстро, в течение одной весны, или медленно – в течение 10 лет и более, при этом они обычно «суховершиняют». Ослабленные бактериальной водянкой деревья заселяются стволовыми вредителями, в частности у сосны – шести-

зубчатым короедом (*Ips sexdentatus* (Börner)), у пихты – хвойным усачем (*Monochamus urusovi* (Fischer von Waldheim)), после чего окончательно усыхают (Исаев и др., 1988). Исключительную опасность для ослабленных пихтарников Прибайкалья представляет уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus* Blandford) – дальневосточный короед-инвайдер, стремительно расширяющий свой вторичный ареал в Сибири (Уссурийский полиграф..., 2015) и вместе с ассоциированными с ним фитопатогенами начавший осваивать пихту на юге Хамар-Дабана (Быстров, Антонов, 2019; Bystrov, Antonov, 2019; Пашенова и др., 2019).

На фоне слабой изученности лесных бактерийозов бактериальная водянка лесных пород – пример недооценки лесным хозяйством бактериальных инфекций в лесных экосистемах. Несмотря на то что по степени лесохозяйственной вредности бактериальную водянку относят к бактериозу № 1 в лесах России, вопрос об истинном возбудителе этого заболевания до сих пор остается открытым как в России, так и за рубежом (Shink et al., 1981; Bull et al., 2010; Alizadeh et al., 2017). Из мокрой древесины и потеков слизи выделяют представителей родов *Erwinia*, *Clostridium*, *Bacteroides*, *Edwardsiella*, *Klebsiella*, *Xanthomonas*, *Agrobacterium*, *Acinetobacter* (Гвоздяк, Яковлева, 1979), в других наборах – *Xanthomonas*, *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Acinetobacter* и *Enterobacter cloacae* (*Erwinia nimipressuralis*) (Shink et al., 1981). В самых разных сочетаниях упоминаются *Corynebacterium* spp., *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*, *Methanobacter arbo-philicum*, *Corynebacterium humiferum*, *Erwinia herbicola* (*Enterobacter agglomerans*), *Klebsiella oxytoca*, *K. pneumoniae*, *Streptococcus mitis*, *Staphylococcus* spp., *Serratia fonica*, *Lactobacillus* spp., *Bacteroides* spp., *Edwardsiella* spp. (Johnson, Riffle, 1986; Moorman, 2008; Черпаков, 2017).

Различные ассоциации бактерий часто упоминаются в «привязке» к конкретным породам. Например, согласно новейшему исследованию бактериальной водянки ильмовых пород в Иране, в качестве наиболее вероятных возбудителей заболевания у вязов (*Ulmus* L.) названы 4 вида бактерий – *Brevundimonas bullata*, *Paracoccus alcaliphilus*, *Par. marcusii*, *Luteimonas aestuarii* (Alizadeh et al., 2017).

Подобный подход позволил предполагать комплексную причину бактериальной водянки древесных пород. Однако лишь некоторые из приведенных бактерий (например, *Erwinia*

nimipressuralis и *Corynebacterium humiferum*) имеют фитопатогенные свойства, доказанные экспериментально. Основная же масса представляет конгломерат большей частью сапротрофных видов, влияние которых на патогенез заболевания весьма спорно. Возможно даже, что некоторые микроорганизмы, наоборот, благотворно влияют на рост и развитие растений, несмотря на их присутствие в пораженных тканях. Таким образом, главный вопрос лесопатологической диагностики – какой вид (виды) участвует в патологическом процессе «бактериальная водянка» у древесных растений – на сегодняшний день требует более глубокого изучения. Некоторые исследователи считают, что в развитии патогенеза могут принимать участие ассоциации различных микроорганизмов-эндофитов, в том числе и непатогенных (Nair, Padmavathy, 2014; Черпаков, 2017).

В информационном потоке по данной проблеме есть общая особенность – обычно изучают лесохозяйственные аспекты бактериальной водянки, однако фитобактериологические исследования практически отсутствуют, исследователи не работают с выделенными чистыми культурами бактерий и, следовательно, не отражают бактериологическую природу симптомов, особенности патогенеза, доказательность истинности патогенов.

В связи с этим представляется актуальным исследование состава комплекса микроорганизмов древесины больных водянкой лесных пород для установления типов взаимоотношений между ними и проверки их возможности инициации патологического процесса у хвойных.

В настоящей работе сделана попытка выявить основных представителей прокариотного микробиома «мокрой древесины» сосны кедровой сибирской, пораженной бактериальной водянкой, оценить их фитопатогенные свойства и типы взаимоотношений между ними.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты и методы исследования. Объектами исследований были микроорганизмы, выделенные из древесины (кernов и спилов) сосны кедровой сибирской с «мокрым ядром» (рис. 1, а). Образцы древесины и kernов отбирали в августе 2017 г. в Слюдянском лесничестве Иркутской области в 200-летних кедрово-пихтовых древостоях, имеющих классические признаки поражения бактериальной водянкой.

Получение накопительных культур бактерий и изучение их морфологических особенностей. В лабораторных условиях получали накопительные культуры бактерий. Для этого небольшие кусочки древесины с образцов спилов (8 шт.) и кернов (10 шт.) пораженных «водянкой» кедров помещали в пробирки с картофельным бульоном (КБ) и со стерильной водой для контроля (рис. 1, б). Пробирки инкубировали в течение 1.5–2 нед в термостате при температуре 25 °С.

Для изучения выделившихся изолятов бактерий из накопительной питательной среды делали посев на чашки Петри с картофельным агаром (КА). Посевы инкубировали в термостате при температуре 27 °С в течение 3–7 дней.

Методом пересевов выделяли чистые культуры изолятов бактерий, которые затем отсеивали в пробирки со скошенной агаризированной средой (КА) и помещали в холодильник для дальнейших опытов (Практикум..., 2005).

Форму и размеры клеток изучали на односуточных культурах, выращенных на КА, с помощью фазово-контрастного микроскопа «ЛОМО Микмед-2». Культуральные свойства эндофитных бактерий изучали на твердых и жидких питательных средах (Практикум..., 2005), характер движения клеток, их внешнюю морфологию

и принадлежность к грамотрицательным и грамположительным формам определяли в односуточных культурах (Gregersen, 1978).

Молекулярно-генетические исследования. Идентификацию бактерий до их видовой принадлежности определяли с помощью молекулярно-генетических методов.

Выделение ДНК. Выделение бактериальной геномной ДНК чистых культур изолятов проводили с использованием набора AxyPrep Bacterial Genomic DNA Miniprep Kit компании Axygen (производства КНР). Полученную ДНК амплифицировали с использованием специфических праймеров к последовательности 16S рРНК.

Проведение ПЦР. Фрагменты гена 16S рРНК длиной 586 п. н. амплифицировали из бактериальной ДНК с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) с универсальными праймерами GC-341F (5'-CCT ACG GGA GGC AGC AG-3', на 5'-конце присоединен "GC-clamp" 5'-CGC CCG CCG CGC CCC GCG CCC GGC CCG CCG CCC CCG CCC C-3') и 926R (5'-CCG TCA ATT CA/CT TTG AGT TT-3'). Условия амплификации приведены в (Колмакова, Трусова, 2011; Kolmakova, Trusova, 2011). Анализ ПЦР-продуктов проводили при помощи электрофореза в 1.2%-м агарозном геле. Продукты ПЦР экстрагировали от белков хлороформом, пересаживали этанолом и

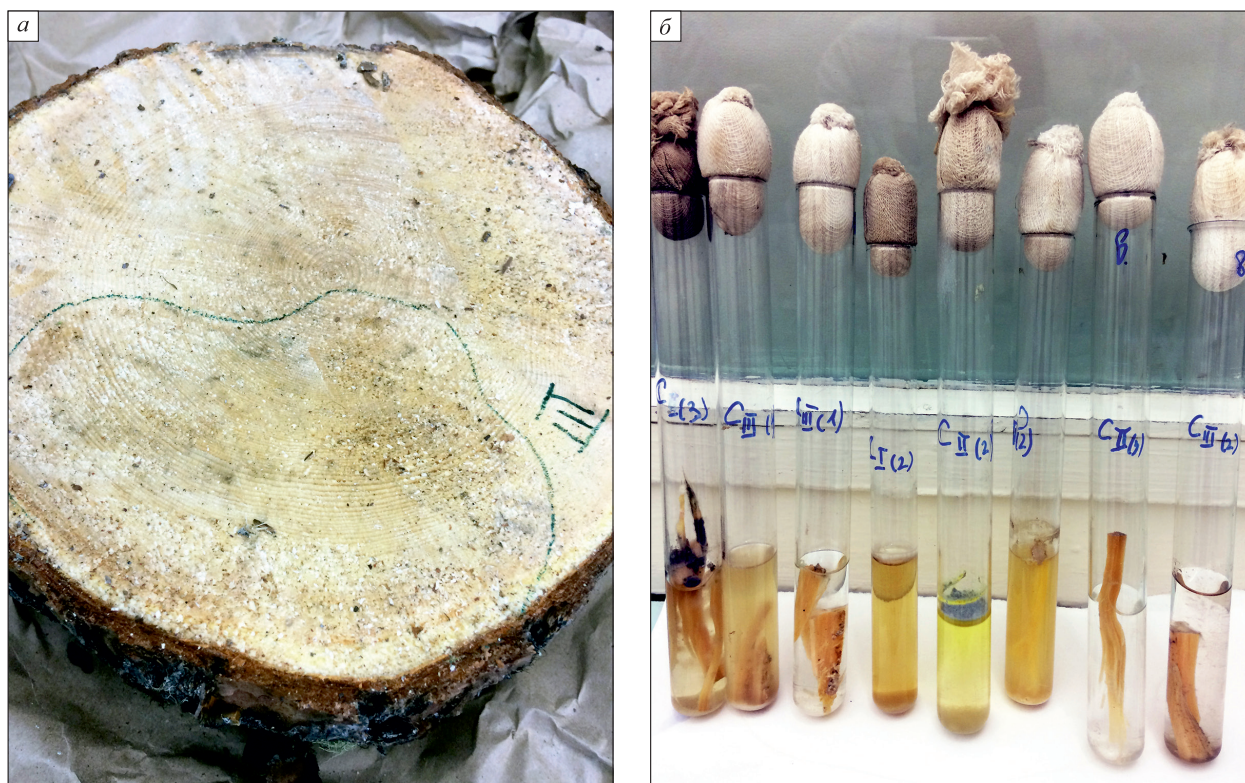


Рис. 1. Спил ствола сосны сибирской с «мокрым ядром» (а) и накопительные культуры из спилов и кернов стволов пораженных деревьев (б).

использовали 800 нг полученной ДНК для анализа методом ДГГЭ.

Денатурирующий градиентный гель-электрофорез (ДГГЭ). ДГГЭ выполняли на приборе DCode Universal Mutation Detection System (BioRad, США) в 6 % полиакриламидном геле с градиентом денатурирующего фактора от 30 до 70 % (100%-й денатурирующий фактор представлял собой смесь 7М раствора мочевины и 40%-го деионизованного формамида). Электрофорез проводили при 60 °С в однократном ТАЕ-буфере (40 мМ Трис, 20 мМ уксусная кислота и 1 мМ ЭДТА) при напряжении 100 В в течение 16 ч. По окончании электрофореза гель окрашивали бромистым этидием и получали цифровые изображения в проходящем УФ свете (302 нм) на приборе AlphaImager (Alpha Innotech Corp., США).

Элюция и секвенирование ДНК. Для выделения ДНК из полиакриламидного геля применяли метод элюции, максимально сохраняющий качество и количество ДНК для последующей реамплификации. Для этого кусочки геля, содержащие ДНК, заливали 100 мкл стерильного ТЕ-буфера (10 мМ Tris-HCl pH 8.0, 2 мМ ЭДТА), инкубировали 15 мин при 37 °С для отмывки геля от возможных загрязнений и излишков мочевины (ингибитор ПЦР), затем буфер удаляли, а фрагмент геля заливали стерильным двукратным буфером для ДНК-полимеразы и инкубировали 90 мин при 94 °С. Проводили реамплификацию ДНК, затем ПЦР-продукты очищали набором QIAquick PCR Purification Kit (Qiagen). Все вышеуказанные исследования проводили в лаборатории экспериментальной гидроэкологии Института биофизики СО РАН.

Секвенирование ДНК. Секвенирование ДНК и идентификация изолятов проведены по методу Сэнгера в Центре коллективного пользования (ЦКП) «Геномика» ИХБФМ СО РАН (г. Новосибирск).

Определение вирулентных свойств бактерий по реакции сверхчувствительности на индикаторном растении. Патогенные свойства бактерий по отношению к определенному кругу хозяев изучали с использованием индикаторных растений. Симптомы поражения (некрозы и др.) индикаторных растений (фасоль (*Phaseolus* L.), табак (*Nicotiana* L.)) могут вызывать только фитопатогенные бактерии, демонстрируя на листьях реакцию сверхчувствительности (СР) (Klement, 1963; Кирай и др., 1974; Методы..., 1974; Основные методы..., 1974; Гвоздяк и др., 2009).

Для быстрого определения вирулентности выделенных изолятов бактерий использовали метод инъекций-инфильтраций. Индикаторным растением служила фасоль. Бактериальную суспензию (10^7 – 10^8 кл/мл) вводили тонкой иглой в межклеточное пространство листьев. В качестве контроля в листья были сделаны инъекции стерильной водой. Водная фаза суспензии после введения испарялась. В каждый лист было сделано по 3 инъекции суспензии одного штамма бактерий. Кроме этого, использовали метод заражения растений с предварительным поранением: на нижнюю поверхность листовой пластинки наносили по капле бактериальной взвеси исследуемых бактерий (титр 10^7 кл/мл). Затем на месте этой капли делали несколько легких уколов шприцем. Если в инокуляте содержались фитопатогенные бактерии, то через 24–48 ч после инъекции инфицированные участки отмирали, а через 3–4 дня становились сухими и белыми (Klement, 1963; Кирай и др., 1974; Методы..., 1974; Основные методы..., 1974).

Влияние метаболитов бактерий на рост и развитие семян сосны обыкновенной. *Вегетационные эксперименты (in vitro).* Из литературы известно, что фитопатогенные бактерии способны выделять не только токсины, но также и фитогормоны, стимулирующие рост растений. В ходе биологических испытаний на растениях было показано, что микробные фитогормоны оказывают благоприятное воздействие при бактериализации семян растений культурами и/или суспензиями микроорганизмов-продуцентов. При этом ускорение роста растений коррелировало с увеличением колонизирующей способности бактерий, а также с количеством образующих ими фитогормонов (Яковлева и др., 2002; Yakovleva et al., 2002; Цавкелова и др., 2006; Tsavkelova et al., 2006).

Для подтверждения или опровержения данного факта нами проведены лабораторные исследования с семенами сосны обыкновенной. Поскольку виды сосны обыкновенной и сибирской таксономически близки, то в экспериментах мы пользовались семенами сосны обыкновенной. Кроме того, из-за своей плотной оболочки семена сосны сибирской не пригодны для кратковременных лабораторных опытов.

В экспериментах использовали выделенные из «мокрой древесины» сосны сибирской штаммы бактерий, которым для удобства работы были присвоены номера: 1 – *Stenotrophomonas rhizophila*, 2 – *Brevibacterium frigoritolerans*, 3 – *Ewingella americana*, 4 –

Rouxiella chamberiensis, 5 – *Bacillus pumilus*, 6 – *Paenibacillus taichungensis*, 7 – *Pseudomonas azotoformans*, 8 – *Ps. paralactis*, 9 – *Bac. amyloliquefaciens*.

Вегетационный эксперимент № 1. Для оценки влияния бактерий на рост и развитие хвойных проведен вегетационный опыт в чашках Петри. Преимуществом данного метода является создание максимально однородных условий для всех вариантов опыта и исключение взаимодействий испытываемых штаммов с посторонней микробиотой, что могло бы отразиться на результатах эксперимента.

Семена сосны обыкновенной 2-го класса качества были предварительно замочены на 30 мин в бактерицидно-фунгицидном растворе (действующее вещество – флудиоксонил, 5 г/л), а затем на 3 ч – в суспензиях (10^7 кл / мл) шести (1–6) изолятов бактерий, выделенных из древесины сосны сибирской. В качестве контроля использовали семена, замоченные на то же время в стерильной воде. Семена проращивали в стерильных влажных камерах. В предварительно подготовленные влажные камеры (стерильные чашки Петри с фильтровальной бумагой на дне, смоченной стерильной водой) раскладывали по 25 семян в трехкратной повторности и следили за динамикой их прорастания в течение 14 дней, периодически проводя учет количества и качества проростков.

Вегетационный эксперимент № 2. Для исследования влияния почвенного микробного сообщества на активность и выживаемость бактерий, а также на прорастание семян сосны обыкновенной, в пластиковых кюветах (с почвой) в течение 30 дней проводили вегетационный эксперимент *in vitro*. Это позволило наблюдать в лабораторных условиях всхожесть семян и развитие проростков в более естественной для них почвенной среде. В экспериментах использовали садово-парковую почву, которую предварительно стерилизовали при 180 °C в течение 3 ч для того, чтобы удалить из нее споры микробов и некоторых групп бактерий.

Перед посевом в почву семена сосны обыкновенной были предварительно замочены на 4 ч в 0.05%-м растворе KMnO_4 , а затем на 3 ч – в суспензиях (10^7 кл / мл) шести (1–6) изолятов бактерий, выделенных из пораженной водянкой древесины сосны сибирской. В качестве контроля использовали семена, замоченные на то же время в стерильной воде. Каждый из 7 вариантов эксперимента (6 опыт + 1 контроль) проводили в трех повторностях, в каждой повторности

использовали по 50 семян сосны. Обработанные микроорганизмами семена сосны и контрольные образцы высевали в две посевные строки в пластиковые кюветы с почвой.

Учитывали всхожесть семян и развитие проростков: вели периодический подсчет числа проростков на протяжении всего опыта; по окончании эксперимента оценивали морфометрические характеристики проростков (длину корня, стебля и мутовки).

Определение типов взаимоотношений между бактериями, выделенными из пораженных водянкой хвойных, оценивали методами подсева к агаровым блочкам (Егоров, 1965). Опыты проводили в чашках Петри с картофельным агаром (КА). На 3-й и 5-й дни инкубации фиксировали наличие зоны отсутствия или задержки роста с замером ее диаметра. В качестве тест-культур использовали 9 изолятов выделенных бактерий (№ 1–9).

Статистический анализ. Результаты, полученные в экспериментах *in vitro* (анализ количества и морфометрических показателей проростков сосны), обрабатывали с использованием программы Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Качественные характеристики выделенных изолятов бактерий. Из накопительных культур образцов кернов и спилов сосны сибирской, поражённой бактериальной водянкой, выделены 25 чистых культур типичных бактерий и геномная ДНК доминантных бактерий, проведены амплификация и секвенирование гена 16S рРНК (рис. 2).

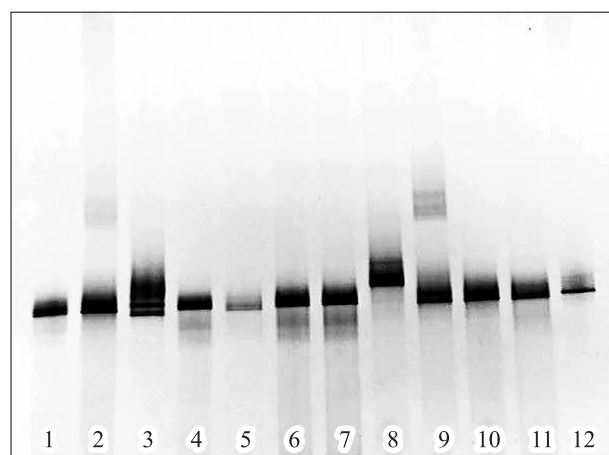


Рис. 2. Выделение доминантных представителей бактериальных культур (1–12) методом ДГГЭ с ампликонами гена 16S рРНК.

Таблица 1. Морфологическая характеристика идентифицированных штаммов бактерий, выделенных из стволов сосны сибирской, пораженной бактериальной водянкой

Штамм	Размеры клеток, мкм	Описание клеток. Грампринадлежность
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	0.5 × 1.7	Короткие палочки, спор не образуют. Подвижные. Грам-отрицательные (Гр-)
<i>Brevibacterium frigoritolerans</i>	1.2 × 3.0	Палочковидные бактерии, располагаются одиночно или в парах, часто V-образно, т. е. под углом друг к другу, или собираются в цепочки. Спор не образуют, неподвижные. Грамположительные (Гр+)
<i>Ewingella americana</i>	0.6 × 1.6	Короткие палочковидные бактерии, неспорообразующие. (Гр-)
<i>Rouxiella chamberiensis</i>	0.6 × 1.7	
<i>Paenibacillus taichungensis</i>	0.9 × 3.0	Вегетативные клетки представляют собой относительно длинные тонкие палочки. Образуют эндоспоры, не превышающие размер клетки. (Гр+)
<i>Bacillus pumilus</i>	0.9 × 3.6	
<i>Bac. amyloliquefaciens</i>		
<i>Pseudomonas azotoformans</i> / <i>fluorescens</i>	0.6 × 3.0	Длинные тонкие палочки. Подвижные, аспорогенные. (Гр-)
<i>Pseudomonas paralactis</i>	0.5 × 2.0	Прямые палочковидные бактерии, относительно небольшие для представителей данного рода. Подвижные, спор и капсул не образуют. (Гр-)

Согласно результатам секвенирования по Сэнгеру, идентифицированы следующие бактерии: *Bacillus pumilus*, *Bac. amyloliquefaciens*, *Paenibacillus taichungensis*, *Rouxiella chamberiensis*, *Ewingella americana*, *Stenotrophomonas rhizophila*, *Brevibacterium frigoritolerans*, *Pseudomonas azotoformans*, *Ps. paralactis*,

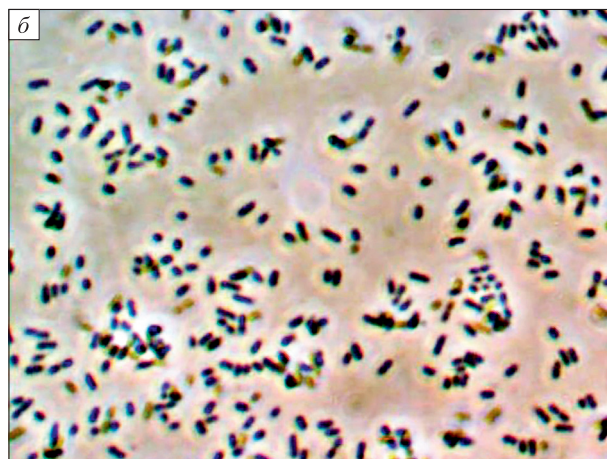
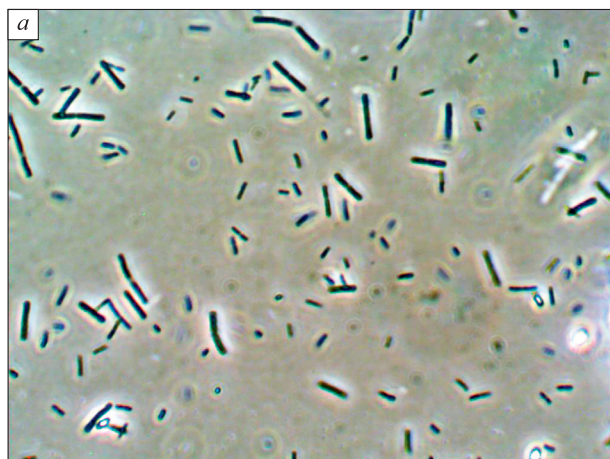
Проведенные тесты показали, что идентифицированные бактерии являются оксидазоотрицательными, кроме представителей р. *Pseudomonas*. К грамположительным относятся роды *Brevibacterium*, *Bacillus* и *Paenibacillus*; представители родов *Rouxiella*, *Ewingella*., *Stenotrophomonas* и *Pseudomonas* – грамотрицательные. Результаты фазово-контрастной микроскопии, проведенной для изучения морфологических особенностей выделенных штаммов, представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Краткое описание выделенных бактерий.

В литературе немало сведений, что бактерии родов *Pseudomonas* и *Stenotrophomonas* могут оказывать на растения различные воздействия, проявлять как ростстимулирующие (Боронин, 1998; Яковлева и др., 2002; Yakovleva et al., 2002), так и фитопатогенные свойства (Гвоздяк, Яковлева, 1979; Ryan et al., 2009).

Представители р. *Pseudomonas* – наиболее распространенные и вредоносные фитопатогенные микроорганизмы, поражающие широкий круг сельскохозяйственных, лесных и декоративных культур.

В то же время некоторые штаммы (например *Pseudomonas putida*, *Ps. fluorescens*, *Ps. aureofaciens* (*chlororaphis*) и др.) относятся к группе бактерий, обладающих рядом полезных для растений свойств – PGPR (Plant Growth-

**Рис. 3.** Бактерии *Bacillus pumilus* (а) и *Ewingella americana* (б), ув. 100.

Promoting Rhizobacteria – ризобактерии, способствующие росту растений), и являются потенциальными объектами агробиотехнологии для разработки на их основе биологических средств защиты растений от фитопатогенов (Боронин, 1998; Kuan et al., 2016). Вид *Stenotrophomonas rhizophila* – типичный представитель ризосферы и эндосферы – может населять все части растений. Ряд штаммов представляют высокий биотехнологический интерес как стимуляторы роста растений, особенно в засоленных почвах. *St. rhizophila* производит осмозащитные вещества и обеспечивает защиту ризосферы растений от бактериальных и грибных инфекций. *St. rhizophila* также образует ассоциации с несколькими другими почвенными бактериями, которые участвуют в деградации лигноцеллюлозы (Ryan et al., 2009; Schmidt et al., 2012).

Род *Brevibacterium* относится к группе коринеформных бактерий (тип Actinobacteria), которые играют важную роль в почвенных экосистемах, некоторые из них живут в симбиозе с растениями. У стимулирующих рост растений бактерий из рода *Brevibacterium* обнаружена способность синтезировать абсцизовую кислоту и влиять на ее уровень в растениях. Более 30 видов бактерий-эндофитов, куда входят представители рода *Brevibacterium*, могут служить в качестве основы биофунгицидов (Недорезков, 2003).

Представители семейства Enterobacteriaceae (Yersiniaceae) *Rouxiella chamberiensis* и *Ewingella americana* долгое время считались возбудителями заболеваний человека (Le Fleche-Matéos et al., 2015). Недавние исследования показали, что бактерии *Ewingella americana* могут также вызывать бактериозы лука и тюльпана (Stoyanova et al., 2012).

Большой интерес представляют штаммы *Bacillus pumilus* и *Bac. amyloliquefaciens*, которые потенциально могут использоваться как стимуляторы роста растений (Bashan et al., 2010; Kuan et al., 2016). Активно изучаются антагонистические свойства разных штаммов *Bac. pumilus* и *Bac. amyloliquefaciens* по отношению к фитопатогенным грибам и возбудителям различных бактериозов растений (Ерофеев, Чеботарь, 2016).

Однако на территории Беларуси обнаружены и фитопатогенные штаммы *Bac. pumilus*. Так, за последние годы выделены и идентифицированы более 30 штаммов *B. pumilus* из пораженных клубней картофеля (*Solanum tuberosum* L.), огурцов (*Cucumis* L.), томатов (*Sol. lycopersicum* L.),

фасоли (Bassimba et al., 2009), сосны обыкновенной (Горовик и др., 2012; Kovaleva et al., 2015). Введение в различные ткани сосны обыкновенной клеток *Bac. pumilus* P10 приводило к развитию явных признаков заболевания. Наблюдались такие симптомы, как деформация и некроз стеблей, некроз и хлороз хвои (Горовик и др., 2012; Kovaleva et al., 2015).

Представители рода *Paenibacillus* обитают в почве, ризосфере растений, есть эндофитные представители, колонизирующие растительные ткани (Ulrich et al., 2008). Ризобактерии этого рода могут способствовать росту растений и повышению их индуцированной системной устойчивости против различных экологических стрессов. Среди представителей рода обнаружены культуры (*P. azotofixans*, *P. polymyxa*) с высокой антибиотической активностью в отношении фитопатогенов (Zhou et al., 2008).

Реакция растений на заражение бактериями. Ответная реакция сверхчувствительности (СЧ) фасоли на заражение бактериальными культурами. Реакция гиперчувствительности, проявляющаяся в локальной гибели клеток в месте инокуляции бактерий, развивается у растений, не являющихся специфическими хозяевами для тестируемого фитопатогена. Локальная гибель клеток индуцируется самим растением в ответ на распознавание специфических белков фитопатогенных бактерий и является защитной реакцией (Горовик и др., 2012).

Проверка выделенных изолятов бактерий на реакцию сверхчувствительности к ним индикаторного растения показала, что при инокуляции листьев фасоли бактериальными суспензиями родов *Bacillus* и *Paenibacillus* отмечено появление незначительных точечных повреждений по месту уколов (рис. 4, б, в), которые видны по сравнению с контролем (рис. 4, а).

На листьях, инокулированных суспензиями бактерий родов *Rouxiella* и *Brevibacterium*, наблюдали появление более обширных локальных некрозов, что свидетельствует о развитии выраженной СЧ-реакции под воздействием этих бактерий (рис. 4, з, д). На 10-й день после заражения фасоли суспензиями бактерий *Ewingella americana* и *Stenotrophomonas rhizophila* наблюдали увядание и гибель листьев в результате нарушения ксилемного тока и поступления питательных веществ. Это может свидетельствовать о проявлении бактериями патогенных свойств в отношении растений фасоли (рис. 4, е, ж), способности вызывать бактериозы.

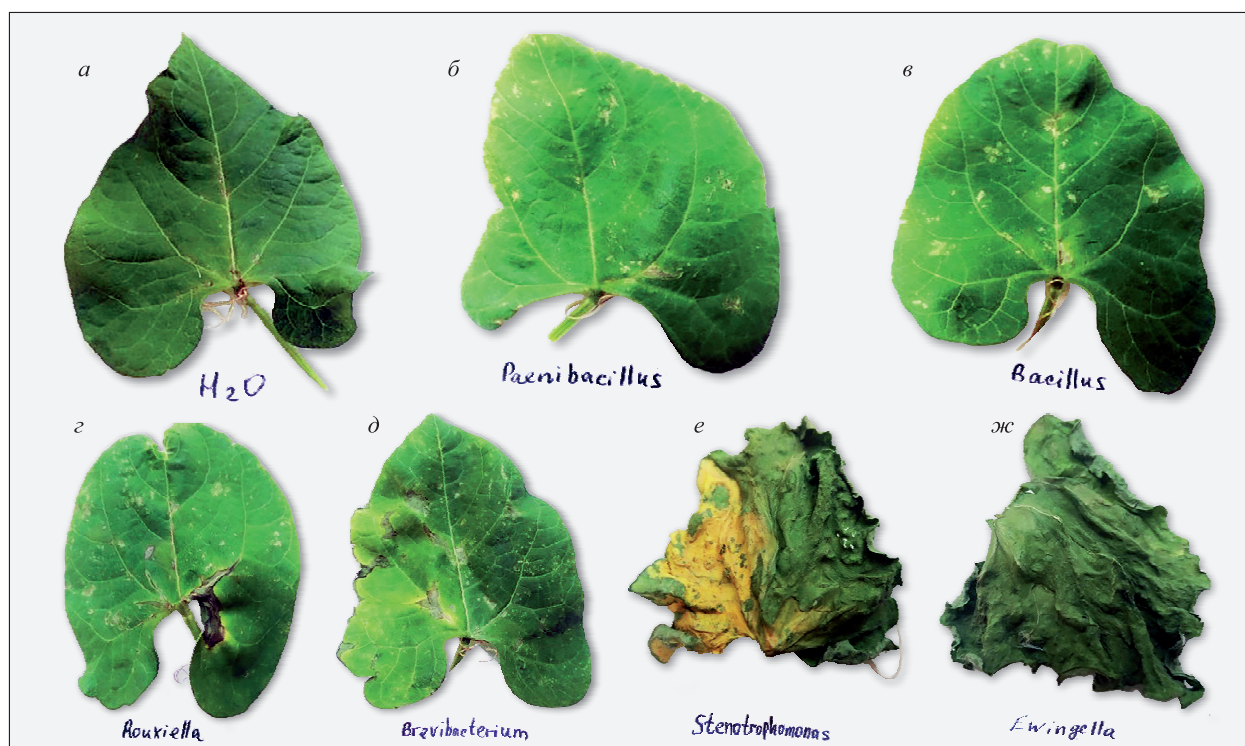


Рис. 4. Листья фасоли через 10 сут после инфицирования.

а – стерильная вода (контроль); б – *Bacillus pumilus*; в – *Paenibacillus taichungensis*; г – *Rouxiella chamberiensis*; д – *Brevibacterium frigoritolerans*; е – *Stenotrophomonas rhizophila*; ж – *Ewingella americana*.

Таким образом, обработка всеми штаммами бактерий вызвала реакцию сверхчувствительности (разной степени выраженности) на листьях фасоли, при этом наибольшую вирулентность проявили бактерии *Ewingella americana* и *Stenotrophomonas rhizophila* – они инициировали бактериоз.

Влияние выделенных бактерий на рост и развитие семян и сохранность проростков сосны обыкновенной в эксперименте *in vitro*. В вегетационном опыте № 1 (14 дней) установлено, что стабильно ингибирующее влияние на развитие семян оказывали бактерии *Ewingella americana* – через 14 дней количество проросших семян в этом варианте было меньше на 16 % по сравнению с контролем. В варианте с *Rouxiella chamberiensis* также отмечено уменьшение количества проростков (на 10 %). Стимулировали рост проростков на протяжении всего эксперимента, по сравнению с контролем, бактерии родов *Bacillus* (на 22 %), *Brevibacterium* (на 16 %) и *Paenibacillus* (на 14 %). Обработка семян бактериями *Stenotrophomonas rhizophila* незначительно повышала скорость прорастания семян на протяжении эксперимента (до 5 %), однако к концу 2-й недели сохранность проростков в этом варианте была несколько ниже, чем в контроле.

Анализ морфометрических данных проростков показал, что статистически значимых различий размеров надземной части (стебелек и мутовка) проростков между контролем и опытом выявлено не было. Достоверное ($p < 0.05$) уменьшение длины корешков по отношению к контролю отмечено в вариантах обработки бактериями родов *Ewingella* и *Paenibacillus* (на 42 и 26 % соответственно). При обработке семян бактериями родов *Rouxiella* и *Bacillus* также наблюдали уменьшение длины корней проростков на 10–17 %.

В вегетационном опыте № 2 (31 день) выявлено, что внесенные при посеве в почву с семенами бактерии оказывали разное влияние на рост и развитие семян сосны обыкновенной. Установлено, что обработка семян *Bacillus amyloliquefaciens* увеличивала всхожесть на 21 %, *Brevibacterium frigoritolerans* – на 12 %, *Bac. pumilus* и *Paenibacillus taichungensis* – на 9–10 %, а в варианте *Ewingella americana* отмечено уменьшение количества проростков на 15.1 % по сравнению с контролем.

Морфометрический анализ проростков сосны обыкновенной показал, что все исследованные бактерии, кроме *Ewingella americana*, достоверно ($p < 0.05$) увеличивали длину ство-

Таблица 2. Морфометрические показатели проростков сосны обыкновенной

Вариант обработки семян	Длина, мм		
	корешка	стволика	мутовки
Контроль	24.8 ± 1.3	24.9 ± 0.9	13.3 ± 0.5
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	23.9 ± 1.3	29.3 ± 1.2	14.1 ± 0.6
<i>Brevibacterium frigoritolerans</i>	24.9 ± 1.4	28.9 ± 1.4	13.1 ± 0.7
<i>Ewingella americana</i>	20.5 ± 0.9	26.5 ± 1.2	14.5 ± 0.7
<i>Bacillus pumilus</i>	25.6 ± 1.4	32.8 ± 0.9	16.0 ± 0.5
<i>Rouxiella chamberiensis</i>	24.3 ± 1.5	33.3 ± 1.4	15.7 ± 0.8
<i>Paenibacillus taichungensis</i>	17.5 ± 1.6	30.2 ± 1.1	13.3 ± 0.5
<i>Bac. amyloliquefaciens</i>	27.8 ± 1.5	33.8 ± 1.2	16.8 ± 0.8

Примечание. Выделенные жирным шрифтом показатели достоверно отличаются от контроля ($p < 0.05$).

лика по сравнению с контролем, при этом бактерии родов *Bacillus* и *Rouxiella chamberiensis* достоверно увеличивали длину стволика (на 31.7 и 20.3 %) и мутовки (на 34 и 18 %), бациллы увеличивали длину корешка (на 3 и 12 %). Достоверное уменьшение длины корня отмечено в вариантах обработки *Paenibacillus taichungensis* (на 29.4 %) и *Ewingella americana* (на 17.3 %). Данные морфометрического анализа представлены в табл. 2.

При визуальном осмотре на проростках не обнаружено каких-либо признаков поражения (усыхания, мацерации растительной ткани и др.).

Следовательно, можно утверждать, что на ранних этапах онтогенеза сосны обыкновенной исследуемые бактерии не проявляли фитопатогенного действия. Ростстимулирующее влияние на развитие семян и проростков стабильно оказывали бактерии родов *Brevibacterium* и *Bacillus*, ингибирующее – бактерии рода *Ewingella* (уменьшали всхожесть проростков и длину корешка).

Типы взаимоотношений между бактериями. Микроорганизмы, выделенные из пораженной древесины кедровых сосен, составляют часть эндофитного микробиома – сложно организованной системы (ассоциации), в которой кроме взаимодействия с растением испытывают множество различных взаимных влияний – от конкуренции до кооперации (Cankar et al., 2005; Ferreira et al., 2008; Nair, Padmavathy, 2014; Endophytes..., 2018). Антагонистические взаимодействия микроорганизмов являются одним из возможных вариантов межмикробных связей в микробиоценозах и существенно влияют на сукцессионные процессы в микробных поливидовых сообществах, которые могут определять доминирование одних ассоциантов над другими. Антагонистическая активность бактерий

определяет их выживание при взаимодействии в микробных ассоциациях (Масленникова и др., 2013; Чеботарь и др., 2015; Chebotar' et al., 2015).

Поскольку типы взаимоотношений между представителями микробного сообщества в пораженных водянкой хвойных ранее никем не выяснялись, мы провели ряд исследований на установление взаимоотношений между выделенными штаммами бактерий. Опыты по изучению чувствительности бактерий к выделяемым ими веществам показали, что некоторые штаммы обладали ярко выраженной антагонистической активностью по отношению друг к другу (рис. 5, а).

Так, штамм *Bacillus amyloliquefaciens* проявлял активные антагонистические свойства по отношению ко всем тест-культурам, он в разной степени сдерживал рост большинства исследуемых штаммов (рис. 5, б). Метаболиты *Bac. amyloliquefaciens* сильнее всего подавляли рост бактерий *Brevibacterium frigoritolerans* и *Rouxiella chamberiensis* с образованием зон отсутствия роста в 6–8 и 3–5 мм соответственно. Зона отсутствия роста в 3 мм наблюдалась у штамма *Pseudomonas paralactis*. По отношению к бактериям родов *Bacillus*, *Ewingella* и *Paenibacillus* отмечены незначительные зоны сдерживания роста (0.3–2 мм) (рис. 5, табл. 3), что, на наш взгляд, нельзя считать признаком антагонистических взаимоотношений между этими микроорганизмами, однако приведенные данные могут свидетельствовать о наличии потенциального антагонизма, который может проявиться при изменении условий роста бактерий (Гвоздяк и др., 2009).

Кроме того, антагонистическая активность разной степени выраженности была выявлена еще у 4 из 9 исследованных штаммов. Выраженными антагонистическими свойствами

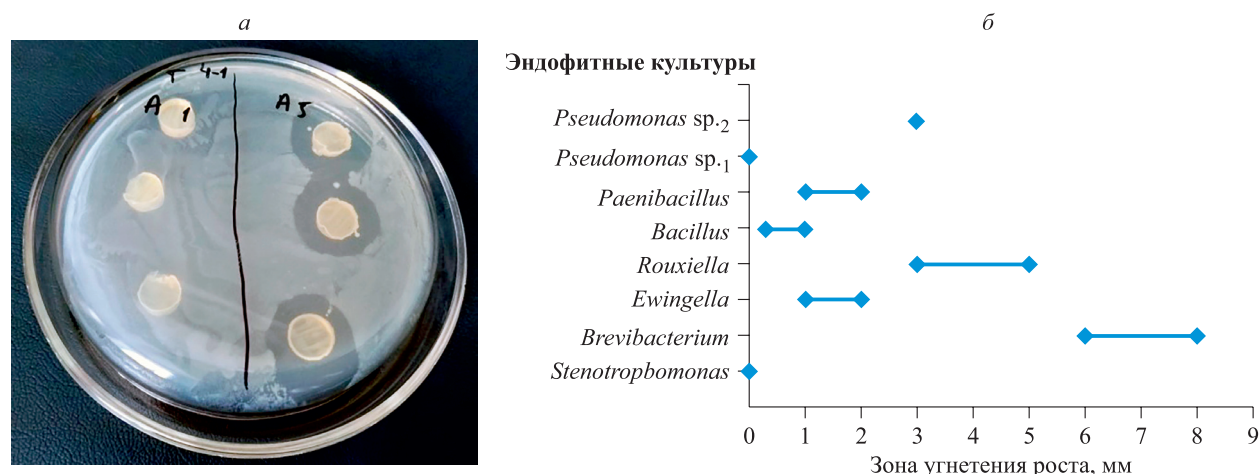


Рис. 5. Проявление антагонистической активности исследуемых бактерий.

а – влияние *Pseudomonas paralactis* на тест-культуры методом агаровых блочков; б – угнетение роста эндофитов *Bacillus amyloliquefaciens*.

обладал штамм *Bac. pumilus*, ингибирующий рост 4 бактерий с разными размерами зоны отсутствия роста: *Brevibacterium frigoritolerans* – 8–10 мм, *Rouxiella chamberiensis* – 5–6 мм, *Ewingella americana* – 2–4 мм и *Paenibacillus taichungensis* – 2–3 мм. Интересно, что на 3-й день учёта *Bac. pumilus* еще сдерживал рост штамма *Pseudomonas paralactis*, а к 5-му дню наличия такой зоны уже не наблюдалось (табл. 3).

Зоны отсутствия роста бактерий *Brevibacterium frigoritolerans* и *Paenibacillus taichungensis* регистрировали под влиянием штамма *Ps. azotoformans* (4 и 2 мм соответственно).

Также отмечали слабовыраженное сдерживание роста некоторых штаммов бактериями *P. taichungensis* (табл. 3).

Бактерии *Stenotrophomonas rhizophila*, *Brevibacterium frigoritolerans*, *Ewingella americana*, *Rouxiella chamberiensis* и *Ps. paralactis* не оказали антагонистического воздействия на другие

тест-культуры бактерий. Предполагаем, что взаимоотношения между ними носят симбиотический характер (кооперация), с возможными синтрофными связями.

Следовательно, исходя из полученных данных, среди микроорганизмов, принадлежащих к одному сообществу, явный антагонизм по отношению друг к другу встречается реже, чем положительные или нейтральные взаимоотношения. Тем не менее присутствие микробов-антагонистов в сообществе необходимо для контроля численности других бактерий и предотвращения их негативных воздействий на растение.

Таким образом, из «мокрой древесины» пораженных бактериальной водянкой деревьев сосны сибирской выделен комплекс чистых культур микроорганизмов, ранее не описанных в других исследованиях. Нами не выявлены представители рода *Erwinia*, *Pseudomonas nimipressuralis* и *Ps. syringae*, которые часто

Таблица 3. Проявление антагонистической активности между бактериями, выделенными из пораженной бактериальной водянкой древесины сосны сибирской

Бактерии	Зона угнетения роста, мм								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	–	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brevibacterium frigoritolerans</i>	0	–	0	0	8–10	1–2	4	0	6–8
<i>Ewingella americana</i>	0	0	–	0	2–4	0	0	0	0.3–2
<i>Rouxiella chamberiensis</i>	0	0	0	–	5–6	0	0	0	3–5
<i>Bacillus pumilus</i>	0	0	0	0	–	0.3–1	0	0	0.3–2
<i>Paenibacillus taichungensis</i>	0	0	0	0	2–3	–	2	0	0.3–2
<i>Pseudomonas azotoformans</i>	0		0	0	0	0.5–1	–	0	0
<i>Ps. paralactis</i>	0		0		5–7	0	0	–	3
<i>Bac. amyloliquefaciens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	–

упоминаются другими авторами (Рыбалко, Гукасян, 1986; Морозова, Сурдина, 2013; Черпаков, 2012, 2017). Среди выделенных бактерий к условно-патогенным штаммам можно отнести *Rouxiella chamberiensis* и *Ewingella americana*, как и представителей рода *Erwinia*, относящихся к семейству Enterobacteriaceae, а также *Stenotrophomonas rhizophila* и *Bacillus pumilus*, проявляющих выраженные вирулентные свойства по отношению к индикаторным растениям и неоднозначно влияющих на рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной. Полагаем, что при определенных условиях окружающей среды вышеуказанные бактерии способны участвовать в патогенезе и тем самым вызывать инфекционные заболевания.

ВЫВОДЫ

1. Среди изученных представителей прокариотного микробиома пораженной бактериальной водянкой древесины сосны сибирской идентифицированы доминирующие бактерии *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bac. pumilus*, *Paenibacillus taichungensis*, *Rouxiella chamberiensis*, *Ewingella americana*, *Stenotrophomonas rhizophila*, *Brevibacterium frigoritolerans*, *Pseudomonas azotoformans*, *Ps. paralactis*.

2. Все исследуемые бактерии проявляли выраженные вирулентные свойства (реакция сверхчувствительности) на индикаторном растении (фасоли) – от локальных некрозов по месту укола (*Bacillus pumilus*, *Paenibacillus taichungensis*) до отмирания обширных участков листа (*Brevibacterium frigoritolerans*, *Rouxiella chamberiensis*) и гибели листьев. Наибольшей вирулентностью обладали бактерии *Ewingella americana* и *Stenotrophomonas rhizophila*, заражение которыми привело к бактериозу – полному усыханию и гибели листьев фасоли в результате нарушения ксилемного тока и поступления питательных веществ.

3. В опытах *in vitro* показано, что бактерии *Ewingella americana* ухудшали всхожесть семян сосны обыкновенной (до 16 %) и задерживали развитие корешков у проростков; положительное влияние на развитие проростков (увеличение всхожести и сохранности, улучшение морфометрических характеристик) оказывали бактерии *Brevibacterium frigoritolerans* и *Bacillus amyloliquefaciens*.

4. Антагонистическая активность, разной степени выраженности, выявлена у четырех исследованных штаммов из девяти (*Bacillus*,

Pseudomonas, *Paenibacillus*). Метаболиты *Bac. amyloliquefaciens* подавляли развитие большинства исследуемых бактерий с образованием зон отсутствия роста от 0.3–2 до 6–8 мм.

5. Установлено, что в исследованном микробном сообществе в основном преобладали взаимоотношения нейтрального или симбиотического характера (кооперация), с возможными синтрофными связями.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Боронин А. М. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas*, способствующие росту и развитию растений // Сорос. образов. журн. 1998. № 10. С. 25–31.
- Бубнова М. А. Характеристика очагов бактериальной водянки Слюдянского и Шелеховского лесничеств (Южное Прибайкалье) // Материалы Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». М., 2020. С. 8–10.
- Быстров С. О., Антонов И. А. Первая находка уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) в Иркутской области // Энтомол. обозр. 2019. Т. 98. Вып. 1. С. 91–93.
- Воронин В. И., Морозова Т. И., Ставников Д. Ю., Нечесов И. А., Осолков В. А., Буянтеев В. А., Михайлов Ю. З., Говорин Я. В., Середкин А. Д., Шуварков М. А. Бактериальное повреждение кедровых лесов Прибайкалья // Лесн. хоз-во. 2013. № 3. С. 39–41.
- Гвоздяк Р. И., Гойчук А. Ф., Розенфельд В. В. О протравливании семян сосны обыкновенной в контексте взаимодействий между видами их аутомикрофлоры // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесн. раст. 2009. Т. 12. С. 24–28.
- Гвоздяк Р. И., Яковлева Л. М. Бактериальные болезни лесных древесных пород. Киев: Наук. думка, 1979. 240 с.
- Горовик Ю. Н., Шаловило Ю. И., Ковалева В. А., Лагоненко А. Л., Гут Р. Т., Евтушенков А. Н. *Bacillus pumilis* – новый фитопатоген сосны обыкновенной // Тр. Беларус. гос. ун-та. 2012. Т. 7. С. 194–198.
- Гродницкая И. Д., Трусова М. Ю., Сенашова В. А., Кондакова О. Э., Шкода В. Н., Баранчиков Ю. Н. Предварительные данные о составе эндофитной микрофлоры, ассоциированной с бактериальной водянкой хвойных в Прибайкалье // Материалы Междунар. конф. X чтения памяти О. А. Катаева «Дендробионтные беспозвоночные животные, грибы и их роль в лесных экосистемах». Т. 2: Фитопатогенные грибы, вопросы патологии и защиты леса, Санкт-Петербург, 22–25 октября 2018 г. СПб.: СПбГЛТУ, 2018. С. 15–16.
- Егоров Н. С. Микробы-антагонисты и биологические методы определения антибиотической активности. М.: Высш. шк., 1965. 210 с.

- Ерофеев С. В., Чеботарь В. К. Патент 2599416 Россия, МПКС12R1/07, C12N1/20, A01N63/02. Штамм бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* bs89 в качестве средства повышения продуктивности растений и их защиты от болезней / № 2015137387/10; Заявл. 02.09.15 Оpubл. 10.10.16. Бюл. № 28.
- Исаев А. С., Рожков А. С., Киселев В. В. Черный пихтовый усач *Monochatus uralis* (Fisch.). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 269 с.
- Кидай З., Клемент З., Шоймоиши Ф., Вереш Й. Методы фитопатологии. М.: Колос, 1974. 343 с.
- Колмакова О. В., Трусова М. Ю. Потребление аминокислот некультивируемым бактериопланктоном эвтрофного водохранилища // Сиб. экол. журн. 2011. № 1. С. 13–21.
- Масленникова С. Н., Шурыгин А. И., Чеботарь В. К., Щербаков А. В., Канарский А. В. Эндофитные бактерии хвойных растений: последние исследования и перспективы применения // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2013. № 23. С. 139–142.
- Методы фитопатологии / Под ред. М. В. Горленко. М.: Колос, 1974. 540 с.
- Морозова Т. И., Сурдина В. Г. Бактериальная водянка хвойных в Байкальской Сибири // Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке: Материалы Междунар. науч. конф., посвященной 150-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР, профессора Артура Артуровича Ячевского. СПб.: ООО «Копи-Р Групп», 2013. С. 189–191.
- Недорезков В. Д. Биологическое обоснование применения эндофитных бактерий в защите пшеницы от болезней на Южном Урале: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.11. СПб., 2003. 41 с.
- Основные методы фитопатологических исследований / А. Е. Чумакова, И. И. Минкевич, Ю. И. Власова, Е. А. Гаврилова // Науч. тр. ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1974. 192 с.
- Пашенова Н. В., Демидко Д. А., Бабичев Н. С., Ефременко А. А., Перцова А. А., Баранчиков Ю. Н. Инвазивный фитопатоген сопровождает уссурийского полиграфа в лесах Хамар-Дабана // Совет бот. садов стран СНГ при Междунар. ассоц. акад. наук. М.: Научтехлитиздат, 2019. С. 82–85. – (Информ. бюл.; Вып. 12 (35)).
- Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Нетрусов, М. А. Егорова, Л. М. Захарчук, Н. Н. Колотилова, И. Б. Котова, Е. В. Семенова, Н. Ю. Татаринова, Н. В. Уголькова, Е. А. Цавкелова, А. Ф. Бобкова, А. Г. Богданов, И. В. Данилова, Т. Ю. Динариева, В. В. Зинченко, А. Д. Исмаилов, А. В. Кураков, В. Н. Максимов, Е. С. Милько, Е. П. Никитина, Е. П. Рыжкова, А. М. Семенов, Д. В. Хомякова, Т. А. Чердынцева, Т. Г. Юдина / Под. ред. А. И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
- Рыбалко Т. М., Гукасян А. Б. Бактериозы хвойных Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 83 с.
- Смирнов С. И., Котов А. С. Бактериальная водянка в березняках Калужской области // Лесоведение, экология и биоресурсы: Материалы Междунар. науч.-произв. конф. «Брянщина – родина отечественного и мирового высшего лесного образования». Брянск: БГИТА, 2005. С. 182–183.
- Справочные материалы к заседанию Межведомственной комиссии по вопросам охраны озера Байкал от 29 ноября 2018 г. М.: Росгеолфонд, 2018. 50 с.
- Татаринцев А. Н. Эколого-ценотические особенности пораженности березняков бактериальной водянойкой в южной части Средней Сибири (Красноярская группа районов) // Сиб. экол. журн. 2014. Т. 21. № 2. С. 273–281.
- Уссурийский полиграф в лесах Сибири. Распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений. Метод. пособие / С. А. Кривец, И. А. Керчев, Э. М. Бисирова, Н. В. Пашенова, Д. А. Демидко, В. М. Петько, Ю. Н. Баранчикова / Под ред. С. А. Кривец, Ю. Н. Баранчикова. Томск; Красноярск: УМИУМ, 2015. 48 с.
- Чеботарь В. К., Щербаков А. В., Щербакова Е. Н., Масленникова С. Н., Заплаткин А. Н., Мальфанова Н. В. Эндофитные бактерии как перспективный биотехнологический ресурс и их разнообразие // С.-х. биол. 2015. Т. 50. № 5. С. 648–654.
- Черпаков В. В. Бактериальная водянка: поражаемые виды хвойных пород России // Актуал. пробл. лесн. комплекса. 2012. Вып. 33. С. 111–115.
- Черпаков В. В. Этиология бактериальной водянки древесных растений // Изв. СПбГЛТА. 2017. Вып. 220. С. 125–139.
- Цавкелова Е. А., Климова С. Ю., Чердынцева Т. А., Нетрусов А. И. Микроорганизмы – продуценты стимуляторов роста растений и их практическое применение (обзор) // Прикл. биохим. и микробиол. 2006. Т. 42. № 2. С. 133–143.
- Шеховцов В. П. Бактериальная водянка берёзы в Бузулукском бору // Аграрн. Россия. 2009. № 6-II. С. 50.
- Яковлева Л. М., Здоровенко Г. М., Гвоздяк Р. И. Некоторые характеристики диссоциантов *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* // Микробиология. 2002. Т. 71. № 2. С. 240–246.
- Alizadeh M., Khakvar R., Babai-Ahari A. Isolation and characterization of bacterial agents associated of wetwood disease on elm trees in Iran // Acta Phytopath. Entomol. Hungar. 2017. V. 52. N. 2. P. 157–168.
- Bashan L. E. de, Hernandez J.-P., Bashan Y., Maier R. M. *Bacillus pumilus* ES4: candidate plant growth-promoting bacterium to enhance establishment of plants in mine tailings // Environ. Experiment. Bot. 2010. V. 69. N. 3. P. 343–352.
- Bassimba D. D., Cebrián M. C., Molina L. M., Jordá C. First report of *Bacillus pumilus* on *Phaseolus vulgaris* in Spain // Plant Pathol. 2009. V. 59. Iss. 2. P. 400–410.
- Bull C. T., Boer S. H. de, Denny T. P., Firrao G., Saux M. F.-L., Saddler G. S., Scortichini M., Stead D. E., Takikawa Y. Comprehensive list of names of plant pathogenic bacteria, 1980–2007 // J. Plant Pathol. 2010. V. 92. N. 3. P. 551–592.
- Bystrov S. O., Antonov I. A. First record of the four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) from Irkutsk province, Russia // Entomol. Rev. 2019. V. 99. N. 1. P. 54–55 (Original Rus. Text © S. O. Bystrov, I. A. Antonov, 2019, publ. in Entomologicheskoe obozrenie. 2019. V. 98. N. 1. P. 91–93).
- Cankar K., Kraigher H., Ravnika M., Rupnik M. Bacterial endophytes from seeds of Norway spruce (*Picea abies* L.

- Karts) // FEMS Microbiol. Lett. 2005. V. 244. Iss. 2. P. 341–345.
- Chebotař V. K., Shcherbakov A. V., Shcherbakova E. N., Maslennikova S. N., Zaplatkin A. N., Mal'fanova N. V. Biodiversity of endophytic bacteria as a promising biotechnological resource // Sel'skokhoz. Biol. (Agr. Biol.). 2015. V. 50. N. 5. P. 648–654 (English online ed.).
- Endophytes of forest trees: Biology and applications. Second ed. / A. M. Pirttilä, A. C. Frank (Eds.). Springer Cham, 2018. 472 p.
- Ferreira A., Quecine M. C., Lacava P. T., Oda S., Azevedo J. L., Araújo W. L. Diversity of endophytic bacteria from *Eucalyptus* species seeds and colonization of seedlings by *Pantoea agglomerans* // FEMS Microbiol. Lett. 2008. V. 287. N. 1. P. 8–14.
- Gregersen T. Rapid method for distinction of gram-negative from grampositive bacteria // Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 1978. V. 5. N. 2. P. 123–127.
- Haavik L. J., Billings S. A., Guldin J. M., Stephen F. M. Emergent insects, pathogens and drought shape changing patterns in oak decline in North America and Europe // For. Ecol. Manag. 2015. V. 354. P. 190–205.
- Johnson D. W., Riffle J. W. Wetwood (Slime flux) of elm, cottonwood and mulberry. Diseases of trees in the Great Plains. Washington DC: USDA For. Serv., 1986.
- Kharuk V. I., Im S. T., Petrov I. A., Golyukov A. S., Ranson K. J., Yagunov M. N. Climate-induced mortality of Siberian pine and fir in the Lake Baikal watershed, Siberia // For. Ecol. Manag. 2017. V. 384. P. 191–199.
- Klement Z. Rapid detection of the pathogenicity of phytopathogenic pseudomonads // Nature. 1963. N. 199. P. 299–300.
- Kolmakova O. V., Trusova M. Yu. Uptake of amino acids by uncultivated bacterioplankton of a eutrophic water reservoir // Contemp. Probl. Ecol. 2011. V. 4. № 1. P. 8–14 (Original Rus. text © O. V. Kolmakova, M. Yu. Trusova, 2011, publ. in Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal. 2011. V. 18. N. 1. P. 13–21).
- Kovaleva V., Shalovylo Y. I., Gorovik Y. N., Lagonenko A. L., Evtushenkov A. N., Gout R. T. *Bacillus pumilus* – a new phytopathogen of Scots pine – Short communication // J. For. Sci. 2015. V. 61. Iss. 3. P. 131–137.
- Kuan K. B., Othman R., Rahim K. A., Shamsuddin Z. H. Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation to enhance vegetative growth, nitrogen fixation and nitrogen remobilisation of Maize under greenhouse conditions // PLOS ONE. 2016. V. 11. N. 3. P. 1–19.
- Le Fleche-Matéos A., Levast M., Lomprez F., Arnoux Y., Andonian C., Perraud M., Vincent V., Gouilh M. A., Thiberge J.-M., Vandenbogaert M., Diancourt L., Caro V., Burguieře A. M., Manuguerra J.-C. *Rouxiiella chamberiensis* gen. nov., sp. nov., a member of the family Enterobacteriaceae isolated from parenteral nutrition bags // Int. J. System. Evolut. Microbiol. 2015. V. 65. Iss. 6. P. 1812–1818.
- Mattson W. J., Haack R. A. The role of drought stress in provoking outbreaks of phytophagous insects // Insect outbreaks / P. Barbosa, J. Schultz (Eds.). San Diego: Acad. Press, 1987. P. 365–407.
- Moorman G. W. Bacterial wetwood or slime flux. PennState Extension. Pennsylvania, USA: Coll. Agr. Sci. Pennsylvania St. Univ., 2008.
- Nair D. N., Padmavathy S. Impact of endophytic microorganisms on plants, environment and humans // The Sci. World J. 2014. V. 2014. Article ID 250693. 11 p.
- Ryan R. P., Monchy S., Cardinale M., Taghavi S., Crossman L., Avison M. B., Berg G., Lelie D. van der, Dow J. M. The versatility and adaptation of bacteria from the genus *Stenotrophomonas* // Nat. Rev. Microbiol. 2009. V. 7. N. 7. P. 514–525.
- Schmidt C. S., Alavi M., Cardinale M., Müller H., Berg G. *Stenotrophomonas rhizophila* DSM14405T promotes plant growth probably by altering fungal communities in the rhizosphere // Biol. Fertil. Soils. 2012. V. 48. N. 8. P. 947–960.
- Shink B., Ward J. C., Zeikus J. G. Microbiology of wetwood: role of anaerobic bacterial populations in living trees // J. Gen. Microbiol. 1981. V. 123. Iss. 2. P. 313–322.
- Stoyanova M., Moncheva P., Bogatzevska N. Occurrence of phytopathogenic bacteria of Enterobacteriaceae family in bulbs of cultural and ornamental plants // Sci. Technol. 2012. V. 2. N. 6. P. 39–44.
- Tatarintsev A. I. Ecological-coenotic characteristics of the bacterial dropsy infection rate in birch forests in the southern part of middle Siberia (Krasnoyarsk group of areas) // Contemp. Probl. Ecol. 2014. V. 7. N. 2. P. 221–227 (Original Rus. Text © A. I. Tatarintsev, 2014, publ. in Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal. 2014. V. 21. N. 2. P. 273–281).
- Tsavkelova E. A., Klimova S. Yu., Cherdyntseva T. A., Netrusov A. I. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: A review // Appl. Biochem. Microbiol. 2006. V. 42. N. 2. P. 117–126 (Original Rus. text © E. A. Tsavkelova, S. Yu. Klimova, T. A. Cherdyntseva, A. I. Netrusov, 2006, publ. in Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya. 2006. V. 42. N. 2. P. 133–143).
- Ulrich K., Stauber T., Ewald D. *Paenibacillus* – a predominant endophytic bacterium colonising tissue cultures of woody plants // Plant Cell, Tissue and Organ Cult. 2008. V. 93. N. 3. P. 347–351.
- Ward J. C., Pong W. Y. Wetwood in trees: A timber resource problem. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-112. Portland, OR: USDA, For. Serv., Pacific Northwest Res. St., 1980. 57 p.
- Yakovleva L. M., Zdorovenko G. M., Gvozdyak R. I. Some characteristics of *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* dissociants // Microbiology. 2002. V. 71. N. 2. P. 205–210 (Original Rus. text © 2002, L. M. Yakovleva, G. M. Zdorovenko, R. I. Gvozdyak publ. in Mikrobiologiya. 2002. V. 71. N. 2. P. 240–246).
- Zhou W.W., Huang J.X., Niu T.G. Isolation of an antifungal *Paenibacillus* strain HT16 from locusts and purification of its medium-dependent antagonistic component // J. Appl. Microbiol. 2008. V. 105. Iss. 3. P. 912–919.

COMPOSITION AND PHYTOPATHOGENIC PROPERTIES OF BACTERIA ISOLATED FROM *Pinus sibirica* Du Tour WOOD AFFECTED BY BACTERIAL WETWOOD IN THE BAIKAL REGION

I. D. Grodnitskaya¹, V. A. Senashova¹, M. Yu. Trusova²,
O. E. Pashkeeva¹, 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 Institute of Biophysics, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch,
Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/50, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

E-mail: igrod@ksc.krasn.ru, vera0612@mail.ru, mtrusova@ibp.krasn.ru,
koeandkoe@mail.ru, baranchikov_yuri@yahoo.com

Currently, in the dark coniferous forests of the Baikal region, the spread of the disease bacterial wetwood disease is noted, causing the sanitary condition deterioration in the forest stands, and leading to the forest dieback on large territories. Despite the fact that this disease has been known since the beginning of the last century, the question of its' real pathogen is still open. It is believed that associations of various endophytic microorganisms may take part in the development of pathogenesis. In this regard, it seems relevant to study the composition of the endophytic complex of microorganisms in wood with bacterial wetwood of forest species in order to establish the types of relationships between endophytes and test their ability to initiate a pathological process in conifers. An attempt was made to identify the main endophytic microbiome representatives of the «wet wood» of Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) affected by bacterial wetwood, to assess their phytopathogenic properties and types of relationships between them. The features of the endophytic microbiome of the Siberian stone pine affected by bacterial wetwood in the Slyudyanskoye forestry of the Irkutsk region were studied. With standard microbiological and phytopathological methods we isolated pure cultures of bacteria and studied their characteristics (including virulence). For bacterias identification molecular genetic methods were used. From the infested wood of Siberian stone pine trees affected by bacterial wetwood, a complex of pure microorganisms cultures, not previously described in other studies, was isolated. Among them, opportunistic strains include *Rouxiella chamberiensis*, *Ewingella americana*, *Stenotrophomonas rhizophila* and *Bacillus pumilus*, which exhibit pronounced virulent properties in relation to indicator plants and ambiguously affect the growth and development of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. Mutual impacts of bacteria on each other were noted in the endophytic microbiome of the affected Siberian stone pine wood. *Bacillus* bacteria showed pronounced antagonistic properties. Basically, in the endophytic community symbiotic relationships were dominated with possible syntrophic connections.

Keywords: conifer diseases, bacterial wetwood, Siberian stone pine, prokaryotic microbiome, Scots pine seeds and seedlings, virulence of strains, hypersensitivity reaction.

How to cite: Grodnitskaya I. D., Senashova V. A., Trusova M. Yu., Pashkeeva O. E., Baranchikov Yu. N. Composition and phytopathogenic properties of bacteria isolated from *Pinus sibirica* Du Tour wood affected by bacterial wetwood in the Baikal region // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 70–84 (in Russian with English abstract and references).

УДК 632.7'632.03

ТРОФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ И ВРЕДНОСНОСТЬ МЕСТНЫХ И ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ МИНИРУЮЩИХ МОЛЕЙ-ПЕСТРЯНОК В СИБИРИ

Н. И. Кириченко^{1,2}, М. А. Рязанова², А. А. Ефременко¹

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-mail: nkirichenko@yahoo.com, madam.rayzanova@yandex.ru, efremenko2@mail.ru

Поступила в редакцию 19.08.2022 г.

В 2006–2018 гг. в Сибири заметные повреждения растениям (преимущественно древесным) причиняли 13 видов минирующих молей-пестрянок (Gracillariidae), т. е. около шестой части от всего числа видов молей-пестрянок, известных в этой части России. Подъемы численности с сильной (50–75 % листьев с повреждениями) и сплошной (> 75 %) степенью повреждения листьев растений задокументированы для 9 видов молей-пестрянок, среди которых 5 видов – местные вредители тополей (*Populus* L.): *Phyllonorycter apparella* (Herrich-Schäffer), *Ph. comparella* (Duponchel), *Ph. populifoliella* (Treitschke), *Phyllocnistis labyrinthella* (Bjerkander) и *Ph. unipunctella* (Stephens). Три вида молей-пестрянок – дубовая (*Acrocercops brongniardella* Fabricius), сиреневая (*Gracillaria syringella* (Fabricius)) и липовая (*Phyllonorycter issikii* (Kumata)) – чужеродные для Сибири. Их многочисленные мины отмечены на древесных растениях (дуб (*Quercus* L.)), сиренях (*Syringa* L.), ясене (*Fraxinus* L.) и липах (*Tilia* L.)) в Западной Сибири (Омской, Тюменской и Новосибирской областях). Чужеродное происхождение молей люцерновой (*Phyllonorycter medicaginella* (Gerasimov)) и калиновой (*Ph. lantanella* (Schrank)) в Сибири требует уточнения. Как местные, так и чужеродные виды молей-пестрянок проявляют тенденцию к нанесению заметного вреда древесным растениям в искусственных экосистемах Сибири – в городских насаждениях, парках, дендрариях, ботанических садах, лесопитомниках. Соотношение случаев повышения численности молей-пестрянок к таковым в естественных экосистемах составляет 8 : 2. Основным донором чужеродных видов молей-пестрянок для Сибири выступает Европейская часть России. Чужеродные виды проникают сюда как в результате прямых заносов, так и путем ступенчатых инвазий с запада России.

Ключевые слова: минирующие насекомые, инвайдеры, древесные растения, вредители растений, Западная и Восточная Сибирь.

DOI: 10.15372/SJFS20230108

ВВЕДЕНИЕ

Моли-пестрянки (Lepidoptera: Gracillariidae) – крупное семейство микромолей, чьи гусеницы выгрызают в тканях листьев полости (мины) различной формы (Кузнецов, 1999). В минах они обитают на протяжении всей гусеничной стадии или только в самом ее начале; живут там чаще одиночно, реже в группах (Hering, 1951; Connor, Taverner, 1997). Подавляющее большинство молей-пестрянок – листовые минеры; гусеницы немногих видов способны также минировать

черешки и молодые побеги растений (при этом все они начинают или заканчивают развитие в тканях листьев).

При низкой численности моли-пестрянки не оказывают явного воздействия на растения. Тем не менее некоторые виды способны увеличивать численность и причинять растениям хозяйственно значимый вред (Salleo et al., 2003). Среди молей-пестрянок известно немало садовых и лесопарковых вредителей (Кузнецов, 1999; Kirichenko et al., 2018a). Отдельные представители молей-пестрянок способны наносить

урон плодовым (преимущественно семечковым и косточковым розоцветным культурам), снижая урожайность растений (Кузнецов, 1999).

Моли-пестрянки известны своими инвазиями: с течением времени некоторые виды расширили свои небольшие природные ареалы или продолжают их расширять, проникая в новые регионы и проявляя себя в качестве вредителей (Кузнецов, 1999; Kirichenko et al., 2018a). Стоит отметить, что моли-пестрянки – одно из наиболее представленных по числу инвазионных видов семейство среди чешуекрылых (Lepidoptera) в России (Масляков, Ижевский, 2011).

В данной работе обобщаются оригинальные и литературные данные о трофических связях, степени вредоносности чужеродных и местных видов молей-пестрянок в Сибири, а также обсуждаются регионы-доноры чужеродных видов молей, проникших в этот макрорегион.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В Сибири наблюдения за популяциями минирующих молей-пестрянок проводили в июне – августе 2006–2018 гг. в 14 административных регионах: Тюменской области, Ханты-Мансийском АО, Томской, Омской, Новосибирской и Кемеровской областях, Алтайском крае, Республике Алтай, Красноярском крае, Республике Хакасия и Республике Тыва, Иркутской области, Республике Бурятия, Забайкальском крае. Посещали в основном южные части регионов (в совокупности 50 пунктов) вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали. Для охвата разных видов молей-пестрянок в Сибири исследования проводили в искусственных экосистемах – во дворовых и уличных насаждениях, ботанических садах, дендрариях и парках центральных городов административных регионов, в которых произрастает широкий спектр местных и интродуцированных видов древесных растений. В Новосибирской области, Алтайском и Красноярском краях, Иркутской области также посещали прилегающие к населенным пунктам лесные массивы, в которых обследовали характерные виды растений местной арборифлоры.

В Сибири наиболее регулярные наблюдения (1–2 раза в сезон в течение 13-летнего периода) проводили в Новосибирской области и Красноярском крае. Прочие регионы посещали 1–2 раза за период исследований. Северный регион (ХМАО – Югра) был вовлечен в сборы однократно в 2017 г. В регионах фиксировали

случаи повышения численности минирующих молей-пестрянок по достижению степени освоения растений: средней (25–49 % поврежденных листьев на деревьях, т. е. листьев с минами), сильной (50–75 %), сплошной (> 75 %). Оценка базировалась на осмотре минимум 20 экз. растений в каждом пункте изучения. О степени повреждения растений судили, исходя из соотношения поврежденных и целых листьев при осмотре 4 ветвей на высоте 2 м от основания ствола дерева с четырех сторон света. Кустарники и молодые деревца высотой до 2 м, а также травянистые растения осматривали полностью.

Листья с минами собирали для получения имаго минирующих насекомых с целью определения их видов. Насекомых содержали в лаборатории лесной зоологии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН при стандартных условиях (подробная методика изложена в работе С. Lopez-Vaamonde и соавт. (2021)). Виды молей-пестрянок определяли по рисунку передних крыльев и строению генитальных аппаратов самцов и/или самок бабочек (Кузнецов, 1981).

Для комплексной характеристики вредоносных молей учитывали их принадлежность к тем или иным подсемействам, трофические связи с древесными и/или травянистыми растениями в Сибири, трофическую специализацию (моно- или олигофагию – развитие на растениях одного рода или разных родов одного семейства соответственно), степень повреждения растений и типы насаждений – искусственные насаждения (парки, ботанические сады и т. п.) vs. естественные (лес). Для построения круговых диаграмм использовали как абсолютные, так и относительные значения учтенных показателей; диаграммы строили в Excel 2013.

Дополнительно анализировали литературные источники для поиска сведений о вредоносных и инвазивных видах молей-пестрянок в Сибири, в том числе видах, имеющих распространение в Сибири и известных в качестве вредителей и инвайдеров за пределами этого макрорегиона (Вредители леса, 1955; Томилова, 1958, 1962; Колмакова, 1962; Баранник, 1981; Maier, 2001; Šefrová, 2002; Тарасова и др., 2004; Noreika, Smaliukas, 2005; Чурсина и др., 2016; Агроэкологический атлас..., 2022; Ellis et al., 2022; и др.). Также обобщали сведения из наших ранних публикаций (Кириченко, Баранников, 2012; Кириченко, 2013; Kirichenko, 2014; Kirichenko et al., 2016, 2017a; Акулов и др., 2018; Akulov et al., 2018; Кириченко и др., 2018; Kirichenko et al., 2018b).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Подъемы численности молей-пестрянок в 2006–2018 гг. в Сибири. По нашим наблюдениям, в 2006–2018 гг. в различных регионах Сибири – от Тюменской области до Забайкальского края повышенная численность отмечена у 13 видов молей-пестрянок, т. е. у 16.25 % всех молей-пестрянок Сибири, с учетом того, что этом макрорегионе до недавнего времени было

известно 80 видов этого семейства (Кириченко, 2021) (табл. 1).

Значительное освоение древесных растений – от сильной (>50–75 %) до практически сплошной степени (> 75 %) – отмечено для 9 из 13 видов молей: *Acrocercops brongniardella*, *Gracillaria syringella*, *Micrurapteryx caraganella*, *Phyllocnistis labyrinthella*, *Ph. unipunctella*, *Phyllonorycter apparella*, *Ph. comparella*, *Ph. issikii* и *Ph. populifoliella* (табл. 1, рис. 1–3).

Таблица 1. Трофические связи и вредоносность молей-пестрянок в Сибири в 2006–2018 гг. (по нашим сборам)

Вид моли [трофическая специализация]	Кормовое растение	Регионы и пункты, в которых отмечено повышение численности, год(ы)	Степень освоения растений, %	Источник
1	2	3	4	5
Моль серебристая яблонная (<i>Callisto denticulella</i> (Thunberg)) [O]	Яблоня (<i>Malus</i> sp.; Rosaceae)	Тюмень, Загородный парк, 2015	25–49	Данная статья
<i>Micrurapteryx caraganella</i> (Hering) [O]	Карагана древовидная (<i>Caragana arborescens</i> Lam.; Fabaceae)	Омск, парк Победы, 2015	50–75	Kirichenko et al., 2016
	К. кустарниковая (<i>C. frutex</i> (L.) K. Koch; Fabaceae)		1–24	
	К. Буа (<i>C. boisii</i> C. K. Schneid; Fabaceae) † [BA]	Новосибирск, ЦСБС, 2012	1–24	
<i>Phyllonorycter apparella</i> (Herrich-Schäffer) [M]	Осина (<i>Populus tremula</i> L.; Salicaceae)	Новосибирск, ЦСБС, 2008	25–49	Кириченко и др., 2018; Kirichenko et al., 2018b
		Там же, 2011	50–75	
		Барнаул, пригород, 2012	25–49	
<i>Ph. comparella</i> (Duponchel) [M]	Тополь белый (<i>P. alba</i> L.; Salicaceae)	Красноярск, пос. Удачный, придорожные посадки, 2015	50–75	Данная статья
<i>Ph. populifoliella</i> (Treitschke) [M]	Т. сибирский (<i>Populus × sibirica</i> G. V. Krylov & G. V. Grig. ex A. K. Skvortsov; Salicaceae), т. бальзамический (<i>P. balsamifera</i> L.; Salicaceae) † [CA]	Иркутск, городские насаждения, 2015	> 75	Кириченко и др., 2018; Kirichenko et al., 2018b
		Красноярск, городские насаждения, 2008, 2012	50–75	Данная статья
		Новосибирск, городские насаждения, 2010	25–49	Кириченко и др., 2018; Kirichenko et al., 2018b
		Там же, 2013	50–75	
<i>Phyllocnistis labyrinthella</i> (Bjerkander) [M]	Осина	Красноярск, лес, 2009	50–75	Данная статья
		Новосибирск, ЦСБС, 2009	25–49	Кириченко и др., 2018; Kirichenko et al., 2018b
		Там же, 2013	50–75	
		Томск, пригород, 2017	50–75	
		Кызыл, городские насаждения, 2016	25–49	
		Красноярский край, предгорье Западного Саяна, осинник, 2017	> 75	

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
<i>Ph. unipunctella</i> (Stephens) [M]	Тополь бальзамический † [CA], т. сибирский	Улан-Удэ, городские насаждения, 2015	50–75	Кириченко и др., 2018; Kirichenko et al., 2018b
		Чита, городские насаждения, 2015	25–49	
<i>Sauterina hofmanniella</i> (Schleich) [M]	Чина (<i>Lathyrus</i> sp.; Fabaceae)	Новосибирск, лесной массив около ЦСБС, 2016	25–49	Данная статья
	Ч. Гмелина (<i>L. gmelinii</i> Fritsch; Fabaceae)	Красноярск, пригород, лес, 2017–2018	25–49	
<i>Acrocercops brongniardella</i> Fabricius [M]	Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.; Fagaceae) † [E]	Омск, парк Победы, 2015	25–49	» »
<i>Gracillaria syringella</i> (Fabricius) [O]	Сирень венгерская (<i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. ex Rchb.; Oleaceae) †, с. обыкновенная (<i>S. vulgaris</i> L.; Oleaceae) † [E]	Тобольск, городские насаждения, 2015	50–75	» »
<i>Phyllonorycter issikii</i> (Kumata) [M]	Липа сибирская (<i>Tilia sibirica</i> Bayer; Malvaceae), л. сердцевидная (<i>T. cordata</i> Mill.; Malvaceae)	От Тюмени до Красноярска, ботанические сады, лес, 2006–2018	1–24 (2006 г.); > 75 (2018 г.)	» »
	Липа амурская (<i>T. amurensis</i> Rupr.; Malvaceae) † [BA], л. американская (<i>T. americana</i> L.; Malvaceae) † [CA], л. маньчжурская (<i>T. mandshurica</i> Rupr. & Maxim.; Malvaceae)	Новосибирск, Академгородок, ЦСБС, 2010	50–75	
		Барнаул, НИИ СС, 2012	1–24	
		Новосибирск, ЦСБС, 2016	25–49	
<i>Ph. lantanella</i> (Schrank) [M]	Калина гордовина (<i>Viburnum lantana</i> L.; Adoxaceae)	Новосибирск, ЦСБС, 2008	1–24	Данная статья
		Там же, 2016	25–49	
<i>Ph. medicaginella</i> (Gerasimov) [O]	Люцерна (<i>Medicago</i> sp.; Fabaceae)	Омск, парк Победы, 2015	25–49	Kirichenko et al., 2017a
	Клевер (<i>Trifolium</i> sp.; Fabaceae)	Сосновоборск, пригород, 2012	25–49	Акулов и др., 2018; Akulov et al., 2018

Примечание. Здесь и в табл. 2: трофическая специализация: М – монофаг, О – олигофаг. Растения со значком † – неместные виды в Сибири; регион их происхождения: [E] – Европа, [BA] – Восточная Азия, [CA] – Северная Америка; прочие растения – местные для Сибири. Пункты учетов: ЦСБС – Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (Новосибирск), НИИ СС – НИИ садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко (Барнаул). Степень освоения растений: слабая (1–24 %), средняя (25–49 %), сильная (50–75 %), сплошная (> 75 %); — нет данных.

В 2006–2018 гг. 5 видов (*Phyllocnistis labyrinthella*, *P. unipunctella*, *Phyllonorycter apparella*, *Ph. comparella*, *Ph. populifoliella*) существенно вредили тополям как в Западной, так и в Восточной Сибири (табл. 1).

Среди местных видов насекомых регулярные вспышки массового размножения на древесных растениях-интродуцентах давала тополевая моль-пестрянка (*Phyllonorycter populifoliella*) (табл. 1, рис. 3). В сибирских городах популяции этого вида способны в значительной степени увеличивать численность и вредить бальзамическим

(Тасаманаса) и дельтовидным (Aigeiros) тополям. Моль значительно повреждает североамериканский тополь бальзамический и его гибриды.

Прочие виды молей массово повреждали в Западной Сибири другие древесные растения: *Micrurapteryx caraganella* – карагану древовидную, дубовая широкоминирующая моль (*Acrocercops brongniardella*) – дуб черешчатый, сиреневая моль (*Gracillaria syringella*) – ясень (*Fraxinus* sp.; Oleaceae) и сирени обыкновенную и венгерскую, липовая моль (*Phyllonorycter issikii*) – липы (табл. 1, рис. 1, 2).



Рис. 1. Множественные повреждения листьев лип липовой молью-пестрянкой *Phyllonorycter issikii* в ЦСБС СО РАН, Новосибирск, 01.VII.2016.

a – роща липы сибирской в нижнем дендрарии ЦСБС; *б–г* – нижнесторонние пятновидные мины, деформировавшие листовые пластинки; *д–е* – листья липы маньчжурской с минами; *е* – в средней части мин на просвет видны куколки (мина с куколкой показана во врезке) (фото Н. И. Кириченко).

Три вида молей (*A. brongniardella*, *G. syringella* и *Ph. issikii*) – чужеродны для Сибири. Все они впервые выявлены в Западной Сибири сравнительно недавно – в 2006–2009 гг. (табл. 1). За считанные годы с момента обнаружения степень вреда, причиняемая этими видами молей растениям, значительно возрасла (табл. 1). Европейские дубовая и сиреневая моли вредят в Сибири исключительно растениям-интродуцен-

там (дубу черешчатому, сиреням обыкновенной и венгерской и ясеню). Напротив, чужеродная (восточноазиатская) липовая моль-пестрянка дает в Сибири подъемы численности в основном на местных липах (табл. 1, рис. 1), которые являются для моли новыми растениями-хозяевами (Kirichenko et al., 2017b). Повреждения *Ph. issikii* также зафиксированы в Сибири на интродуцированных видах лип: амурской (вид



Рис. 2. Многочисленные повреждения листьев древесных растений молями-пестрянками в населенных пунктах Сибири.

Листья: а-б – караганы древовидной с белыми пятновидными минами моли *Micrurapteryx caraganella*, парк Победы, Омск, 23.VII.2015; в-г – сирени обыкновенной с крупными коричневыми пятновидными минами *Gracillaria syringella*, городские насаждения, Тобольск, 25.VII.2015; д-е – тополя бальзамического с туннелевидными минами *Phyllocnistis unipunctella*, Улан-Удэ, 10.VIII.2015 (фото Н. И. Кириченко).

липы из природного ареала моли – Дальнего Востока) и американской (из Северной Америки) (табл. 1). Два вида – местная моль *Sauterina hofmanniella* и вид неясного происхождения в Сибири *Phyllonorycter medicaginella* – способны размножаться в массе на травянистых бобовых

(Fabaceae): первый – на чине, второй – на люцерне, клевере и стальнике (*Ononis* L.).

Моли люцерновая (*Phyllonorycter medicaginella*) и калиновая (*Ph. lantanella*) отнесены к видам с неясным происхождением в Сибири. На сегодняшний день недостаточно фактов,



Рис. 3. Массовое размножение тополевой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* на тополе бальзамическом в Иркутске, 8.VIII.2015.

а – тополя со сплошным повреждением кроны (поврежденные деревья с усыхающими листьями контрастируют с зелеными кронами прочих древесных растений); *б* – пожелтение поврежденных листьев; *в*, *г* – листья со множественными минами; *д* – бабочка (фото Н. И. Кириченко).

которые бы позволили говорить о том, что эти виды – чужеродны для данного макрорегиона.

Прочие виды молей-пестрянок, известные в Сибири и за ее пределами в качестве вредителей. В отечественных работах отмечено, по крайней мере, 5 видов молей-пестрянок – вредителей древесных растений в разных регионах Сибири, среди них – плодовая нижнесторонняя (*Phyllonorycter blancardella* (Fabricius)), тополевая (*Ph. populifoliella*), осиновые (*Ph. sagitella* (Bjerkander) и *Phyllocnistis labyrinthella*) и дубовая широкоминирующая (*Acrocercops brong-*

niardella) моли (Томилова, 1958, 1962; Колмакова, 1962; Баранник, 1981; Тарасова и др., 2004; Чурсина и др., 2016) (табл. 1). Два вида (*Phyllonorycter blancardella* и *Ph. sagitella*), указанные в литературе как вредители, нами в 2006–2018 гг. в Сибири при повышенной численности не отмечались.

Плодовая нижнесторонняя моль-пестрянка известна в качестве садового вредителя. Повышение численности данного вида отмечалась во второй половине XX в. на яблонях в Забайкалье (Колмакова, 1962). Массовые повреждения ли-

Таблица 2. Вредоносные виды молей-пестрянок, известные для сибирских регионов из работ других авторов

Вид моли, трофическая специализация	Кормовое растение	Регионы и пункты, в которых было отмечено повышение численности, год(ы)	Степень дефолиации, %	Источник
<i>Acrocercops brongniardella</i> [M]	Дуб черешчатый † [E]	Омск, парк Омского государственного аграрного университета, 2015	50–75	Чурсина и др., 2016
<i>Phyllonorycter blancardella</i> [M]	Яблоня	Республика Бурятия, яблоневые насаждения, 1960-е	25–49	Колмакова, 1962
<i>Ph. populifoliella</i> [M]	Тополь лавролистный (<i>Populus laurifolia</i> Ledeb.), т. душистый (<i>P. suaveolens</i> Fisch.; Salicaceae)	Иркутск, городские насаждения	> 75	Флоров, 1948
	Тополь сибирский, т. бальзамический † [CA]	Красноярск, городские насаждения, с 1980-х	24–75	Тарасова и др., 2004
<i>Ph. sagitella</i> [M]	Осина	Иркутская область, лесопитомники, 1960–1970-е	—	Томилова, 1958, 1962
<i>Phyllocnistis labyrinthella</i> [M]	»	Кемеровская обл., городские насаждения, 1970-е	—	Баранник, 1981

ствы со снижением урожая яблок в последующие годы фиксировались также в Западной Европе и Северной Америке, куда этот вредитель проник в первой половине прошлого столетия (Maier, 2001). На ранних сортах яблонь повреждение листьев минером стимулирует преждевременное созревание и опадение яблок и негативно влияет на размер плодов (Кузнецов, 1999; Агроэкологический атлас..., 2022).

Массовые повреждения древесных растений тополевой, осиновыми молями и дубовой широколинейной молью были отмечены разными авторами в 1958–2004 гг. в Красноярском крае, Кемеровской и Омской областях (табл. 1, 2). Нами эти виды также отмечались при повышенной численности в отдельные годы в период 2006–2018 гг.

Пять видов молей-пестрянок – *Phyllocnistis saligna* (Zeller), *Phyllonorycter cerasicolella* (Herrich-Schaffer), *Ph. corylifoliella* (Hübner), *Ph. pyrifoliella* (Gerasimov) и *Ph. ringoniella* (Matsumura), обитающих в Сибири (Барышникова, 2019), известны в качестве вредителей за пределами этого макрорегиона. Повышения их численности в Сибири ни нами, ни другими исследователями не отмечалось. Вместе с тем ивовая минирующая моль (*Phyllocnistis saligna*) вредит молодым ивам (*Salix* L.; Salicaceae) в лесопитомниках в Литве (Noreika, Smaliukas, 2005). Прочие 4 вида (*Phyllonorycter cerasicolella*, *Ph. corylifoliella*, *Ph. pyrifoliella*) – садовые вредители в Западной Палеарктике, *Ph. ringoniella* –

в Японии (Кузнецов, 1999). Вишневая минирующая моль-пестрянка (*Ph. cerasicolella*) известна локальными вспышками массового размножения в Восточной Европе, Европейской части России (Белгородской области) и Армении (Кузнецов, 1999). Плодовая верхнесторонняя моль-пестрянка (*Ph. corylifoliella*) вредит плодовым растениям, преимущественно семечковым (яблоне, айве (*Cydonia* Mill.; Rosaceae), груше (*Pyrus* L.; Rosaceae), боярышнику (*Crataegus* Tourn. ex L.; Rosaceae), рябине (*Sorbus* L.; Rosaceae), мушмеле (*Mespilus* L.; Rosaceae), ирге (*Amelanchier* Medik.; Rosaceae) и кизильнику (*Cotoneaster* Medik.; Rosaceae)) в Казахстане (Вредители леса, 1955), Восточной и Центральной Европе (Молдавии, Украине, Венгрии, Швейцарии) и Европейской части России (Верещагина и др., 1968; Кузнецов, 1999; Крюкова, 2004). Яблонная нижнесторонняя моль-пестрянка (*Ph. pyrifoliella*) повреждает листья яблонь, реже груш в центральной и южной территориях Европейской части России (Крюкова, 2004), Закавказье и Восточной Европе (Крыжановский, 2013). В очагах массового размножения плодовых молей-пестрянок отмечаются усыхание и ранний опад листьев, что отрицательно сказывается на урожайности плодовых (Верещагина и др., 1968). В Сибири, в силу неблагоприятного климата, садоводство и плодоводство – ограниченно развитые отрасли. В связи с этим данные виды молей не проявляют себя здесь в качестве вредителей.

Комплексная характеристика хозяйственно значимых молей-пестрянок в Сибири.

Обобщение оригинальных и литературных данных (табл. 1) позволило комплексно охарактеризовать хозяйственно значимых молей-пестрянок Сибири с точки зрения их таксономической принадлежности, степени трофической специализации, трофических связей с древесными растениями, подъемов численности в определенных типах экосистем с разной степенью повреждения растений (рис. 4). В совокупности 15 видов молей-пестрянок (включая виды *Phyllonorycter blancardella* и *Ph. sagitella*, которые в период 2006–2009 гг. нами при повышенной численности не фиксировались) способны причинять значительный вред древесным, реже травянистым растениям

В Сибири 65 % хозяйственно значимых видов молей-пестрянок (включая как местные, так и чужеродные виды) – относятся к двум родам – *Phyllonorycter* и *Phyllocnistis* (из подсемейства Lithocolletinae) (рис. 4, а).

Согласно нашим наблюдениям в 2006–2018 гг. и некоторым литературным сведениям, в Сибири наибольший вред древесным и травянистым растениям наносят представители подсемейства Lithocolletinae.

Это одно из крупнейших подсемейств Gracillariidae в Палеарктике; его представители связаны с многими видами растений (De Prins J., De Prins W., 2022), и именно среди его представителей встречается больше всего вредоносных и инвазионных видов (Kirichenko et al., 2018a).

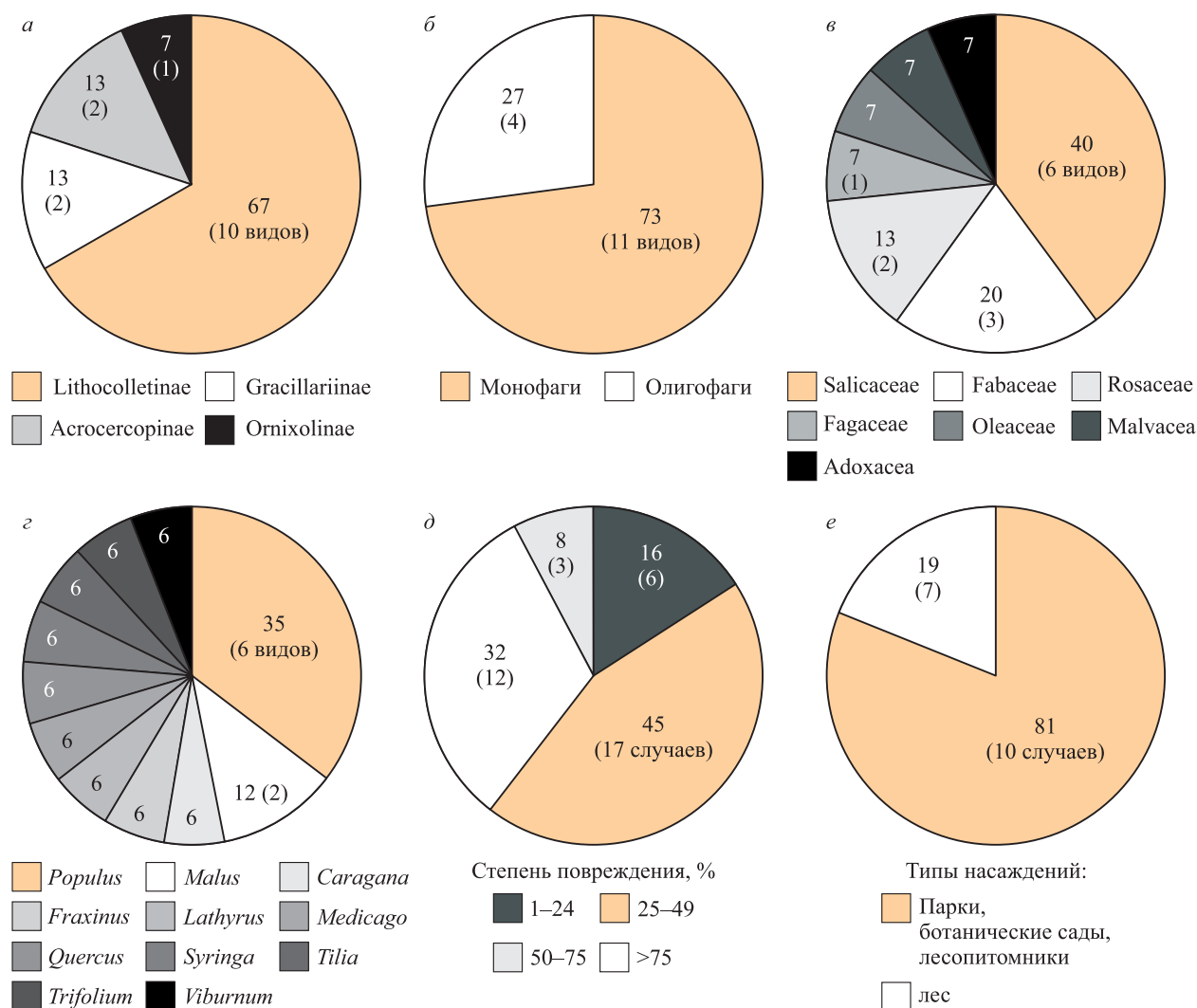


Рис. 4. Комплексная характеристика хозяйственно значимых молей-пестрянок в Сибири (показатели выражены в %). а – доля вредоносных видов в подсемействе (от всего числа вредоносных видов); б – соотношение моно- и олигофагов среди видов-вредителей; в, г – доля видов-вредителей на растениях разных семейств и родов; д – соотношение случаев с разным уровнем повреждения растений; е – соотношение случаев массовых размножений в искусственных и природных экосистемах.

Примечательно, что 73 % видов (11 из 15 видов) – узко специализированные в отношении трофики (рис. 4, б). По нашим наблюдениям и литературным данным, 40 % видов (т. е. 6 из 15 вредоносных) молей-пестрянок вредят ивовым, преимущественно местным видам тополей (рис. 4, в, г). В 85 % случаев моли-пестрянки наносят растениям заметный ущерб: в 45 % случаев степень повреждения растений составляла 25–49 %; в 40 % случаев – 50–75 % и > 75 % (рис. 4, д).

Примечательно, что массовые размножения молей-пестрянок в Сибири приурочены в основном к искусственным экосистемам – городским насаждениям, паркам, ботаническим садам и лесопитомникам. На такие экосистемы приходится 81 % всех зафиксированных случаев подъема численности вредоносных молей-пестрянок в Сибири (рис. 4, е). В искусственных посадках древесных растений (особенно в питомниках) преобладают монокультуры (множественные посадки одного вида растения), которые благоприятствуют локальным подъемам численности вредителей (Noreika, Smaliukas, 2005; Raupp et al., 2010; Barantal et al., 2019). В городской среде растения испытывают антропогенную и техногенную нагрузки, ослабевают и становятся мишенью для вредителей, в особенности для скрытоживущих филофагов (Баранчиков, Ермолаев, 1998; Бондаренко, 2008; Еремеева, 2008; Селиховкин, 2010; Meineke et al., 2013; Miles et al., 2019; Moreira et al., 2019). Питание в толще листовой пластинки позволяет минерам избегать неблагоприятных внешних воздействий (Селиховкин, 2010). Минеры способны проявлять трофическую пластичность даже при выборе места откладки яиц на листе и питания в тканях листа, избегая наиболее загрязненных участков, что максимизирует выживание популяции (Kozlov, Zvereva, 2016). Наконец, в урбоэкосистемах зачастую отмечается недостаточный контроль со стороны естественных врагов (паразитоидов и хищников), что может также способствовать массовым размножениям минирующих насекомых (Girardoz et al., 2007; Бондаренко, 2008).

С учетом происхождения чужеродных видов молей-пестрянок Европейская часть России выступает их основным донором для Сибири. Так, в Сибирь проникли виды, которые в Европейской части России являются аборигенными (дубовая (*Acrocercops brongniardella*) и сиреневая (*Gracillaria syringella*)). Другой вид – липовая моль-пестрянка (*Phyllonorycter issikii*) – является для европейской части страны чужеродным

(происходит из Восточной Азии). Вместе с тем наши недавние исследования филогеографии вида указывают на то, что в Сибири – это вторичная инвазия, первичный же занос *Ph. issikii* происходил на запад страны из Восточной Азии (Kirichenko et al., 2022). Далее посредством ступенчатой инвазии вредитель распространился в страны Восточной Европы и в Западную Сибирь (Kirichenko et al., 2022).

Наличие благоприятного кормового субстрата – значимый фактор для становления популяций насекомых-инвайдеров (Roques et al., 2006; Liebhold et al., 2018). Даже если абиотические условия будут благоприятными для обоснования чужеродных видов, отсутствие подходящих кормовых объектов будет лимитировать их распространение. Отсутствие растений-хозяев, на которых могут развиваться чужеродные моли-пестрянки, сдерживает продвижение из Европейской части России в Сибирь большинства видов молей-пестрянок, проникших в западные регионы России. Чужеродные моли-пестрянки, в частности *Macrosaccus robiniella* (Clemens), *Parectopa robiniella* Clemens (оба вида повреждают робинию (*Robinia* L.; Fabaceae)), *Phyllocnistis vitegenella* Clemens (основное кормовое растение – виноград (*Vitis* spp., Vitaceae)), *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (каштан конский (*Aesculus hippocastanum* L.; Sapindaceae)), *Phyllonorycter platani* (Staudinger) (платаны (*Platanus* spp., Platanaceae)), *Ph. leucographella* (пираканта (*Pyracantha* M. Roem.; Rosaceae)) и *Caloptilia roscipennella* (гречский орех (*Juglans regia* L.; Juglandaceae)), – преимущественные монофаги, проникшие в Европейскую часть России, вторгнуться в Сибирь не смогут из-за крайне низкой встречаемости (или отсутствия) кормовых растений.

Вместе с тем наличие подходящей кормовой базы для развития других видов молей-пестрянок, известных из Европейской части России, может благоприятствовать их проникновению в сибирские регионы. Среди таковых, например, местные для запада страны моли-пестрянки, обитающие там на растениях семейства розоцветных (*Parornix anguliferella* (Zeller), *P. finitimella* (Zeller), *P. torquillella* (Zeller), *Phyllonorycter cydoniella* (Denis & Schiffermüller)), березовых (*Caloptilia falconipennella* (Hübner), *Phyllonorycter froelichiella* (Zeller), *Phyllonorycter rajella* (Linnaeus), *Ph. stettinensis* (Nicelli)), ивовых (*Callisto coffeella* (Zetterstedt), *Phyllonorycter viminetorum* (Stainton)). Кроме того, невозможно исключить проникновение в Сибирь видов,

способных переключиться на чужеродные виды древесных растений, широко используемых в озеленении в Сибири. Натурализовавшийся в Сибири интродуцент – североамериканский клен ясенелистный (*Acer negundo* L.; Sapindaceae), имеющий здесь повсеместное распространение, может служить мишенью для европейской моли-пестрянки *Caloptilia rufipennella* (Hübner), встречающейся в Европейской части России и связанной с этим видом клена в странах Центральной Европы (Ellis, 2022).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные полевые исследования и анализ региональной литературы позволили уточнить видовой состав вредоносных видов молей-пестрянок в Сибири. В результате дана комплексная эколого-хозяйственная оценка видов с учетом их таксономической принадлежности, трофических связей с местными и интродуцированными видами древесных и/или травянистых растений в Сибири, степени трофической специализации и уровня повреждения растений в разных типах насаждений. Как местные, так и чужеродные виды молей-пестрянок проявляют в Сибири тенденцию к повышенному повреждению растений в искусственных насаждениях различного целевого значения в сравнении с природными экосистемами. Европейская часть России, по всей видимости, является основным регионом-донором чужеродных молей-пестрянок, которые проникают в Сибирь напрямую из этого региона или путем ступенчатой инвазии (с заносом видов сначала на запад страны с их дальнейшим проникновением в Западную и Восточную Сибирь). Отсутствие соответствующих кормовых растений будет лимитировать внедрение в Сибирь многих видов, имеющих аборигенное или чужеродное происхождение на западе страны. Вместе с тем нельзя исключать проникновение в Сибирь вредоносных видов, способных переключаться на уже интродуцированные древесные растения, используемые в озеленении сибирских городов. Отсутствие устойчивости к ним у растений-интродуцентов могут приводить к массовым повреждениям таких растений в первую очередь в искусственных насаждениях.

Авторы признательны сотрудникам сибирских арборетумов и ботанических садов за содействие в проведении исследований. Особую благодарность выражаем профессору П. Трибери (*P. Triberti*, Италия) за подтверждение

видовой принадлежности некоторых молей-пестрянок и доктору биологических наук М. А. Томошевич (Новосибирск) за возможность проведения регулярных исследований на базе коллекции древесных растений Центрального сибирского ботанического сада «Коллекция живых растений в открытом и закрытом грунте» USU_440534.

Исследования выполнены при частичной поддержке РФФ (грант № 22-16-00075).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения / А. Н. Афонин, С. Л. Грин, Н. И. Дзюбенко, А. Н. Фролов (ред.), 2022. <http://www.agroatlas.ru/ru/>
- Акулов Е. Н., Кириченко Н. И., Пономаренко М. Г. К фауне молевидных чешуекрылых (Microlepidoptera) юга Красноярского края и Республики Хакасия // Энтомологический обзор. 2018. Т. 97. Вып. 1. С. 110–146.
- Баранник А. П. Насекомые зеленых насаждений промышленных городов Кемеровской области. Кемерово: Кемеровский гос. ун-т, 1981. 191 с.
- Баранчиков Ю. Н., Ермолаев И. В. Факторы динамики популяций насекомых-минеров // Энтомологические исследования в Сибири. Красноярск: КФ СО РАН, 1998. Вып. 1. С. 4–32.
- Барышникова С. В. Сем. Gracillariidae // Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России / С. Ю. Синёв (ред.). 2-е изд. СПб.: Зоол. ин-т РАН, 2019. С. 36–43.
- Бондаренко Е. А. Массовое размножение тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Lepidoptera, Gracillariidae) на территории г. Санкт-Петербурга // Изв. СПбГЛТА. 2008. Вып. 182. С. 45–55.
- Верецагина В. В., Верецагин Б. В., Савов Д. И. Минирующие моли *Lithocolletis corylifoliella* Haw. и *Lithocolletis pyrifoliella* Grsm., вредящие плодовым культурам в Молдавии // Зоол. журн. 1968. Т. 47. № 3. С. 387–394.
- Вредители леса. Справочник / Е. Н. Павловский, А. А. Штакельберг (ред.). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. Вып. 2. 1097 с.
- Еремеева Н. И. Факторы регуляции состояния городских популяций тополевой моли *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Lepidoptera, Gracillariidae) // Изв. СПбГЛТА. 2008. Вып. 182. С. 104–113.
- 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.
- 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: СФУ, 2021. 460 с.
- Кириченко Н. И., Баранчиков Ю. Н. О находке липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera: Gracillariidae) в Новосибирске и Барнауле // XIV съезд Рус. энтомолог. об-ва. СПб: Галаника, 2012. С. 180.

- 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.
- Колмакова В. Д. Чешуекрылые, повреждающие плодовые растения в Забайкалье // Вредители леса и плодово-ягодных культур Забайкалья / В. О. Болдаруев (ред.). Улан-Удэ: Бурят. компл. НИИ, 1962. С. 96–140.
- Крыжановский А. Б. Влияние инсектицидов на основе *Bacillus thuringiensis* на вредную энтомофауну в яблоневом саду // Агроэкол. журн. 2013. № 4. С. 127–129.
- Крюкова А. В. Минирующие моли – вредители яблони на северо-западе России и биозкологическое обоснование мер борьбы с ними: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11. СПб.: Всерос. НИИ защиты раст., 2004. 157 с.
- Кузнецов В. И. Семейство Gracillariidae – моли-пестрянки // Определитель насекомых Европейской части СССР / Г. С. Медведева (ред.). Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1981. Т. 4: Чешуекрылые. Ч. 2. С. 149–311.
- Кузнецов В. И. Семейство Gracillariidae (Lithocolletidae) – моли-пестрянки // Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур / В. И. Кузнецов (ред.). СПб.: Наука, 1999. Т. 3: Чешуекрылые. Ч. 2. С. 9–45.
- Масляков В. Ю., Ижевский С. С. Инвазии растительноядных насекомых в Европейскую часть России. М.: Ин-т геогр. РАН, 2011. 272 с.
- Селиховкин А. В. Особенности популяционной динамики тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Gracillariidae) // Изв. СПбГЛТА. 2010. Вып. 192. С. 220–235.
- Тарасова О. В., Ковалев А. В., Суховольский В. Г., Хлебопрос Р. Г. Насекомые-филлофаги зеленых насаждений городов: видовой состав и особенности динамики численности. Новосибирск: Наука, 2004. 180 с.
- Томилова В. Н. Осинковая минирующая моль *Lithocolletis tremulae* L. – вредитель тополя некоторых населенных пунктов Приангарья // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. 1958. № 2. С. 46–49.
- Томилова В. Н. Энтомофауна зеленых насаждений г. Иркутска // Энтомол. обозр. 1962. Т. 41. № 1. С. 125–141.
- Флоров Д. Н. Топлевая моль – вредитель зеленых насаждений Иркутска // Тр. Иркут. гос. ун-та им. А. А. Жданова. Сер. биол. 1948. Т. 3. Вып. 2. С. 1–20.
- Чурсина В. А., Вохтанцева К. В., Гайвас А. А. Основной вредитель дуба черешчатого на территории города Омска – дубовая широкоминирующая моль // Инновационные технологии в сельском хозяйстве: Материалы II Междунар. науч. конф., СПб, июль 2016 г. СПб.: Свое изд-во, 2016. С. 21–25.
- Akulov E. N., Kirichenko N. I., Ponomarenko M. G. Contribution to the Microlepidoptera fauna of the South of Krasnoyarsk Territory and the Republic of Khakassia // Entomol. Rev. 2018. V. 98. N. 1. P. 49–75 (Original Rus. Text © E. N. Akulov, N. I. Kirichenko, M. G. Ponomarenko, 2018, publ. in Entomologicheskoe Obozrenie. 2018. V. 97. N. 1. P. 110–146).
- Barantal S., Castagnayrol B., Durka W., Iason G., Morath S., Korableva Yu. Contrasting effects of tree species and genetic diversity on the leaf-miner communities associated with silver birch // Oecologia. 2019. V. 189. N. 3. P. 687–697.
- Connor E. F., Taverner M. P. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit // Oikos. 1997. V. 79. N. 1. P. 6–25.
- De Prins J., De Prins W. Global taxonomic database of Gracillariidae (Lepidoptera). Belgian Biodiversity Platform BELSPO, 2022. <http://www.gracillariidae.net/>
- Ellis W., Pitkin B., Plant C., Edmunds R. The leaf and steam mines of British flies and other insects. 2022. <http://www.ukflymines.co.uk/>
- Girardoz S., Quicke D., Kenis M. Factors favouring the development and maintenance of outbreaks in an invasive leaf miner *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae): a life table study // Agr. For. Entomol. 2007. V. 9. Iss. 2. P. 141–158.
- Hering E. M. Biology of the leaf miners. Springer Dordrecht, 1951. 490 p.
- 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. № 1. P. 114–121 (Original Rus. text © N. I. Kirichenko, 2013, publ. in Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal. 2013. N. 6. P. 813–822).
- Kirichenko N. I., Akulov E. N., Triberti P., Ponomarenko M. G. New records of the leaf mining Gracillariid moths (Lepidoptera: Gracillariidae) from Asian part of Russia // Far East. Entomol. 2017a. N. 346. P. 1–12.
- Kirichenko N., Augustin S., Kenis M. Invasive leafminers on woody plants: a global review of pathways, impact and management // J. Pest Sci. 2018a. V. 92. N. 1. P. 93–106.
- Kirichenko N. I., Skvortsova M. V., Petko V. M., Ponomarenko M. G., Lopez-Vaamonde C. Salicaceae-feeding leaf-mining insects in Siberia: distribution, trophic specialization, and pest status // Contemp. Probl. Ecol. 2018b. V. 11. Iss. 6. P. 576–593 (Original Rus. text © N. I. Kirichenko, M. V. Skvortsova, V. M. Petko, M. G. Ponomarenko, C. Lopez-Vaamonde, 2018, publ. in Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal. 2018. V. 25. N. 6. P. 677–699).
- Kirichenko N., Triberti P., Mutanen M., Magnoux E., Landry J.-F., Lopez-Vaamonde C. Systematics and biology of some species of *Micrurapteryx* Spuler (Lepidoptera, Gracillariidae) from the Holarctic Region, with re-description of *M. caraganella* (Hering) from Siberia // Zookeys. 2016. V. 579. P. 99–156.
- 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. 2017b. V. 12. N. 2. P. 1–22.
- Kirichenko N. I., Zakharov E. V., Lopez-Vaamonde C. Tracing the invasion of a leaf-mining moth in the Palearctic through DNA barcoding of historical herbaria // Sci. Rep. 2022. V. 12. № 1. Article number: 5065. 16 p.
- Kozlov M. V., Zvereva E. L. Industrial pollution affects behaviour of the leaf-mining moth *Stigmella lapponica* // Entomol. Experiment. Appl. 2016. V. 158. Iss. 1. P. 69–77.
- Liebold A. M., Yamanaka T., Roques A., Augustin S., Chown S. L., Brockhoff E. G., Pyšek P. Plant diversity drives global patterns of insect invasions // Sci. Rep. 2018. V. 8. Article number: 12095. 5 p.
- Lopez-Vaamonde C., Kirichenko N., Ohshima I. Collecting, rearing, and preserving leaf-mining insects. Chapter 17 //

- Measuring arthropod biodiversity: A handbook of sampling methods / J. C. Santos, G. W. Fernandes (Eds.). Springer Cham, 2021. Part III. P. 439–466.
- Maier C. T. Exotic Lepidopteran leaf miners in North American apple orchards: rise to prominence, management, and future threats // Biol. Invas. 2001. V. 3. Iss. 3. P. 283–293.
- Meineke E. K., Dunn R. R., Sexton J. O., Frank S. D. Urban warming drives insect pest abundance on street trees // PLOS ONE. 2013. V. 8. N. 3. P. 1–7.
- Miles L. S., Breitbart S. T., Wagner H. H., Johnson M. T. Urbanization shapes the ecology and evolution of plant-arthropod herbivore interactions // Front. Ecol. Evol. 2019. V. 7. Article 310. 14 p.
- Moreira X., Abdala-Roberts L., Mier y Teran J. C., Covelo F., Mata de la R., Francisco M., Hardwick B., Pires R. M., Roslin T., Schigel D. S., Hoopen ten J. P., Timmermans B. G., Dijk van L. J., Castagnayrol B., Tack A. J. Impacts of urbanization on insect herbivory and plant defences in oak trees // Oikos. 2019. V. 128. Iss. 1. P. 113–123.
- Noreika R., Smaliukas D. Phytophagous insects – pests of industrial plantations of willows *Salix* L. (Salicaceae) in Lithuania // Ekologija. 2005. N. 2. P. 11–14.
- Raupp M. J., Shrewsbury P., Herms D. Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes // Annu. Rev. Entomol. 2010. V. 55. N. 1. P. 19–38.
- Roques A., Auger-Rozenberg M.-A., Boivin S. A lack of native congeners may limit colonization of introduced conifers by indigenous insects in Europe // Can. J. For. Res. 2006. V. 36. N. 2. P. 299–313.
- Salleo S., Nardini A., Raimondo F., Lo Gullo M. A., Pace F., Giacomich P. Effects of defoliation caused by the leaf miner *Cameraria ohridella* on wood production and efficiency in *Aesculus hippocastanum* growing in northeastern Italy // Trees. 2003. V. 17. Iss. 4. P. 367–375.
- Šefrová H. *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) – bio-nomics, ecological impact and spread in Europe (Lepidoptera, Gracillariidae) // Acta Univ. Agr. Silv. Mendel. Brunensis. 2002. V. 50. N. 3. P. 99–104.

TROPHIC ASSOCIATIONS AND HARMFULNESS OF NATIVE AND ALIEN LEAF MINING MOTH SPECIES IN SIBERIA

N. I. Kirichenko^{1,2}, M. A. Ryazanova², A. A. Efremenko¹

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-mail: nkirichenko@yahoo.com, madam.rayzanova@yandex.ru, efremenko2@mail.ru

In 2006–2018, 13 species of leaf mining gracillariid moths (Gracillariidae) caused noticeable damage to plants (mainly trees and shrubs) in Siberia, i. e. about six of all moth species known in this part of Russia. Relative damage levels of 50–75 % and > 75 % were recorded for 9 moths, of which 5 species are native pests of poplars (*Populus* L.): *Phyllonorycter apparella* (Herrich-Schäffer), *Ph. comparella* (Duponchel), *Ph. populifoliella* (Treitschke), *Phyllocnistis labyrinthella* (Bjerkander), and *Ph. unipunctella* (Stephens). Three moth species, namely *Acrocercops brongniardella* Fabricius, *Gracillaria syringella* (Fabricius) and *Phyllonorycter issikii* (Kumata) are alien to Siberia. Their numerous mines were found on leaves of woody plants (oaks (*Quercus* L.), lilacs (*Syringa* L.), ash (*Fraxinus* L.) and lime (*Tilia* L.) trees) in Western Siberia (Omsk, Tyumen and Novosibirsk Oblast). Alien origin of *Phyllonorycter medicaginella* (Gerasimov) and *Ph. lantanella* (Schrank) in Siberia requires confirmation. Both native and alien moth species showed a tendency to cause significant damage to the plants in artificial (manmade) stands, i. e. in urban green plantings, parks, arboreta, botanical gardens, tree nurseries. Overall 81 % of cases of significant damage by gracillariids was documented in artificial plantings vs. 19 % in forests. The European part of Russia remains the main donor of alien gracillariid species for Siberia. Alien species distribute to Siberia directly or through bridge-effect invasions from the west of Russia.

Keywords: leaf mining insects, invaders, woody plants, harm, Western and Eastern Siberia.

How to cite: Kirichenko N. I., Ryazanova M. A., Efremenko A. A. Trophic associations and harmfulness of native and alien leaf mining moth species (Lepidoptera: Gracillariidae) in Siberia // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 85–97 (in Russian with English abstract and references).

УДК 574.34+630*4+571.513

ИСТОРИЯ МАССОВЫХ РАЗМНОЖЕНИЙ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА В ВОСТОЧНЫХ ПРЕДГОРЬЯХ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ: ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ

Д. А. Демидко^{1,2}, А. А. Ефременко¹, 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 государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
660037, Красноярск, проспект имени газеты «Красноярский рабочий», 31

E-mail: sawer_beetle@mail.ru, efremenko2@mail.ru, baranchikov_yuri@yahoo.com

Поступила в редакцию 10.11.2022 г.

Реконструирована история массовых размножений сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetverikov, 1908) в лиственничниках лесостепи восточных предгорий Кузнецкого Алатау (запад Чулымо-Енисейской котловины, юг Восточной Сибири, Республика Хакасия). Вспышки массового размножения этого вида неоднократно охватывали леса от Урала до Дальнего Востока на площади более 1 млн га. Однако имеется недостаток продолжительных рядов наблюдений за изменениями численности популяций сибирского шелкопряда. Данные об истории нанесенной им дефолиации позволяют хотя бы частично восполнить этот пробел. Для реконструкции нами был изучен радиальный прирост в шести лиственничных древостоях, в прошлом подвергавшихся массовым размножениям сибирского шелкопряда. С помощью алгоритма Outbreak в рядах радиального прироста обнаружены специфические признаки (резкие, глубокие и продолжительные спады прироста), указывающие на дефолиацию в прошлом. Всего в 1740–2017 гг. был обнаружен 31 такой период. Исследование частотных характеристик хронологии дефолиации показало, что после завершения Малого Ледникового периода интервал между дефолиациями постепенно снижался с 10–11 в конце XIX в. до 7 лет в 1930-х годах. С 1940-х годов этот интервал уменьшился до 4–6 лет, что мы связываем с антропогенным воздействием (массированные рубки и, видимо, участвовавшие низовые пожары). Следствием этого стали фрагментация древостоев и периодическое уничтожение пожарами зимующих энтомофагов. В результате частота появления очагов сибирского шелкопряда в районе исследований возросла или за счет выхода его из-под контроля энтомофагов, или в результате образования системы существующих в разное время миграционных очагов в фрагментированных древостоях.

Ключевые слова: *Dendrolimus sibiricus*, лиственница сибирская, дефолиация, дендрохронология, Республика Хакасия.

DOI: 10.15372/SJFS20230109

ВВЕДЕНИЕ

Сибирский шелкопряд (*Dendrolimus sibiricus* Tschetverikov, 1908 (= *superans* Butler, 1877)) (Lepidoptera, Lasiocampidae) – один из наиболее экономически значимых филлофагов на территории России. Для него характерны эруптивные массовые размножения, то есть, способность временно уходить из-под контроля лимитирующих факторов и резко наращивать плотности по-

пуляции (Исаев и др., 2001). Высокая амплитуда колебаний численности его популяций приводит к периодическому возникновению очагов массового размножения на площадях до нескольких миллионов гектаров на пространстве от Урала и Рудного Алтая до Якутии и Сахалина (Кондаков, 1974, 2002).

Для исследований динамики численности сибирского шелкопряда необходимы продолжительные временные ряды наблюдений. Одна-

ко в настоящее время их длина равна 24 годам для Дальнего Востока и 17 – для Красноярского края (Суховольский и др., 2020). Учитывая, что средняя продолжительность градационного цикла сибирского шелкопряда составляет 14 лет (южная тайга Красноярского края) (Кондаков, 1974), такая длина рядов наблюдений явно недостаточна.

Для решения некоторых задач, связанных с анализом динамики популяций лесных филлофагов, достаточным приближением может служить временной ряд датировок наносимых ими повреждений. По крайней мере, этот подход дает материалы для изучения продолжительности их градаций (Кондаков, 1974) и связи массовых размножений с абиотическими факторами (Пальникова и др., 2002; Demidko et al., 2022).

В отличие от непосредственных данных о плотности популяций, история повреждений может быть восстановлена ретроспективно с помощью дендрохронологических методов. Так были датированы массовые размножения ряда филлофагов на весьма протяженных (в некоторых случаях более 1000 лет) временных отрезках: *Zeiraphera griseana* (Hübner, 1799) (= *diniana* Guenée, 1845) (Büntgen et al., 2009), *Choristoneura fumiferana* (Clemens, 1865) (Boulanger et al., 2012), *Ch. freemani* Razowski, 2008 (= *occidentalis* Freeman, 1967) (Swetnam, Lynch, 1993; Alfaro et al., 2018) и *Coloradia pandora* C. A. Blake, 1863 (Clark et al., 2017). Аналогичные реконструкции для сибирского шелкопряда (Кондаков, 1965; Костякова и др., 2021; Kostyakova et al., 2021) были вполне успешны, но использованные методы подразумевали применение метеоданных, что обусловило их небольшую (десятки лет) протяженность.

Наилучшим объектом для таких исследований стала лиственница (*Larix* Mill.). Поскольку ее хвоя восстанавливается ежегодно, она сравнительно легко переносит дефолиацию, и массивы лесов с преобладанием этой породы могут повреждаться неоднократно (Плешанов, 1982). Одним из регионов, где сибирский шелкопряд дает периодические массовые размножения в лиственничниках, является север Республики Хакасия (Галкин, 1960).

Данная работа посвящена попытке реконструкции истории массовых размножений сибирского шелкопряда в лиственничных лесах предгорий Кузнецкого Алатау (Северная Хакасия) методами дендрохронологии. Построение временного ряда вспышек массового размно-

жения в этом регионе представляется перспективным для уточнения особенностей динамики численности этого вида и влияния на неё внешних факторов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Регион исследования. Работа выполнена в лиственничниках восточных предгорий Кузнецкого Алатау на западе Чулымо-Енисейской котловины (рис. 1, а). Рельеф холмисто-грядовый, абсолютные высоты до 600–700 (на вершинах кряжей) м над ур. м. Центр котловины занят степями, периферия – лесостепью. Основные древесные виды – лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) и березы (*Betula* spp.) (Лиханов, Хаустова, 1964). Сумма температур за период с температурой выше 10 °C – 1550–1875 °C, продолжительность этого периода – 100–110 дней, осадков не более 450 мм/год (Лиханов, Хаустова, 1964). Такие характеристики климата оптимальны для развития вспышек массового размножения сибирского шелкопряда (Рожков, 1965; Кондаков, 2002), очаги которого возникают на границе леса с открытыми биотопами, по шлейфам и в нижних частях склонов (Галкин, 1960).

Отбор образцов, измерение прироста и первичная обработка данных. Исследованные древостои находятся в окрестностях Черного Озера (54.66° с. ш., 89.44° в. д., Ширинский район Республики Хакасия) (рис. 1, б, табл. 1).

Это низкополнотные лиственничники или редины, разновозрастные, с перестойным старшим поколением (рис. 1, в), с нагаром на стволах. Для трех из них (Физплощадка, Дом рыбака, Рейнголь) ранее была известна дефолиация сибирским шелкопрядом, но не непарным шелкопрядом (*Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758)) (данные многолетних наблюдений на стационаре Черное Озеро).

В каждом древостое выбирали наиболее старые деревья, без обширной гнили, сильных механических повреждений ствола, сильного наклона (Methods..., 1990). На высоте 0.5–2.0 м отбирали один-два керны, в древостое Перевал взяли также спилы с трех пней. Высушенные керны монтировали на подложки и шлифовали, спилы также шлифовали.

Ширину годовичных колец (ШГК) измеряли на комплексе LinTab (Rinntech, Германия). Древесно-кольцевые ряды перекрестно датировали в программе CDendro (Cybis, Швеция) для поиска пропущенных колец и отбраковки нетипичных

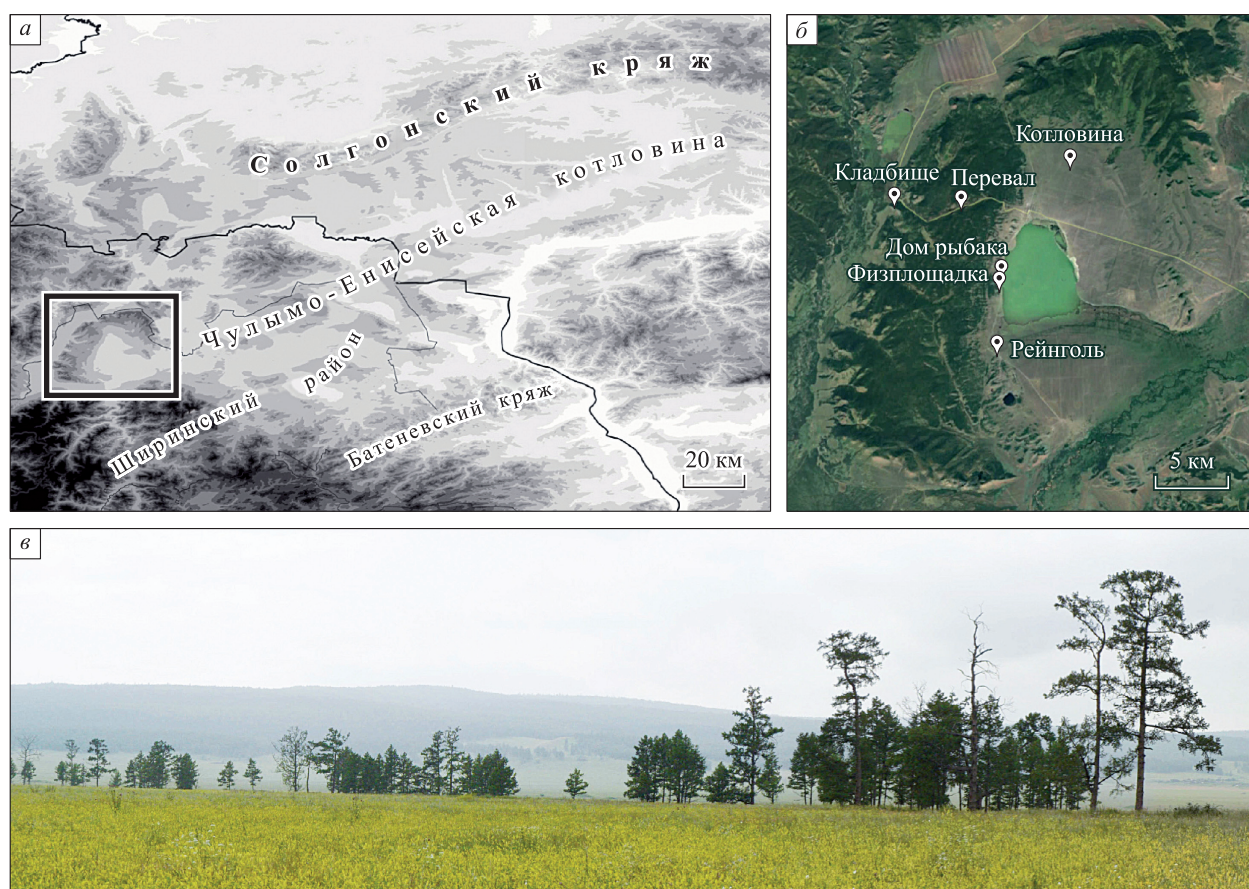


Рис. 1. Район и объекты исследований.

а – положение района в Чулымо-Енисейской котловине; *б* – местоположение исследованных древостоев; *в* – пример исследованного древостоя (котловина).

рядов. Индивидуальные ряды усредняли для каждого дерева.

В пакете dplR 1.7.2 (Bunn, 2008) рассчитывали древесно-кольцевые статистики, характеризующие интенсивность роста (средняя ширина годовичного кольца), пригодность для реконструкций (чувствительность) и согласованность хода прироста (эффективная корреляция, SNR

(signal-to-noise ratio), EPS (expressed population signal)). Обобщенную хронологию строили используя робастную среднюю и удаляли из нее тренд сплаженным сплайном (Methods..., 1990; Bunn, 2008). Между хронологиями древостоев рассчитывали коэффициент корреляции Пирсона. Исследовали интервалы, в которых число деревьев было не менее 7, а EPS не менее 0.85.

Таблица 1. Характеристика древостоев, в которых был отобран материал для дендрохронологического исследования

Местоположение древостоя	Координаты, °с. ш., °в. д.	Краткая характеристика древостоя
Кладбище	54.6876, 89.2852	Лиственнично-березовый древостой внизу крутого северо-западного склона с единичными старыми деревьями лиственницы
Котловина	54.7144, 89.4707	Низкополотный лиственничник в котловине вдоль временного водотока
Дом рыбака	54.6444, 89.3998	Лиственнично-березовый пройденный рубкой древостой внизу восточного склона с единичными старыми деревьями лиственницы
Физплощадка	54.6420, 89.3938	Низкополотный лиственничник на шлейфе восточного склона
Перевал	54.6867, 89.3547	Единичные старые деревья и пни лиственницы среди культур сосны (<i>Pinus</i> L.) (около 40 лет) в нижней части западного склона
Рейнголь	54.5996, 89.3972	Лиственничная редина на гребне низкой гряды, приподнятой над шлейфом восточного склона

Реконструкция истории дефолиации.

Предварительно из древесно-кольцевых рядов удалили тренд кубическим сплайном (Bunn, 2008). Для поиска следов дефолиации использовали алгоритм Outbreak (Swetnam et al., 1995), модифицированный для работы без сопоставления с неповреждаемым видом деревьев (Speer et al., 2001). Он ищет в древесно-кольцевых рядах деревьев кормовой породы специфические сигнатуры – резкие, глубокие и длинные спады прироста, соответствующие следующим условиям:

$$\begin{aligned} RWI_i / RWI_{i-1} &< abrupt, \\ RWI_{i...i+n} &< \overline{RWI} - std \times \sigma, \\ n &\geq length, \end{aligned} \quad (1)$$

где RWI_i – индексированный прирост в первый год влияния дефолиации на радиальный прирост; $\overline{RWI}$ и σ – среднее арифметическое и стандартное отклонение индексированного радиального прироста для данного древесно-кольцевого ряда; n – длительность спада прироста, $abrupt$, std и $length$ – значения параметров (рис. 2).

Если такие сигнатуры появлялись одновременно у многих деревьев, мы предполагали их причиной дефолиацию.

Ранее (Speer, 2001; Clark et al., 2017) значения $abrupt$, std и $length$ назначались произвольно

и были равны для всех древостоев. Мы подбирали для каждого древостоя несколько наборов их значений, оптимальных в том смысле, что их использование должно выявлять как можно больше деревьев с признаками дефолиации после известных вспышек массового размножения (Галкин, 1960, 1971; Баранчиков, Харитонченко, 1983; Яновский и др., 1998; Баранчиков и др., 2010; Ермолаев, 2014; Ermolaev, 2014).

Из этих наборов мы находили такой, который позволял легко разделять смежные дефолиации, и в дальнейшем использовали именно его.

Частотные характеристики вспышек массового размножения исследовали с помощью вейвлетов Морле (WaveletComp 1.1) (Roesch, Schmidbauer, 2018).

Реконструкция влияния пожаров и погоды на радиальный прирост. Серьезной проблемой стала необходимость отделять спады прироста, вызванные дефолиацией, от спадов, связанных с пожарами и погодными явлениями (Pohl et al., 2006). Из-за отсутствия пожарных подсушин мы использовали данные о пожарах, полученные с помощью дистанционного зондирования Земли (FIRMS, 2022) за 2001–2017 гг. Для этого периода исследовали изменения ШПК в попытке найти признаки, отличающие сигнатуры пожаров от сигнатур дефолиации. Данные

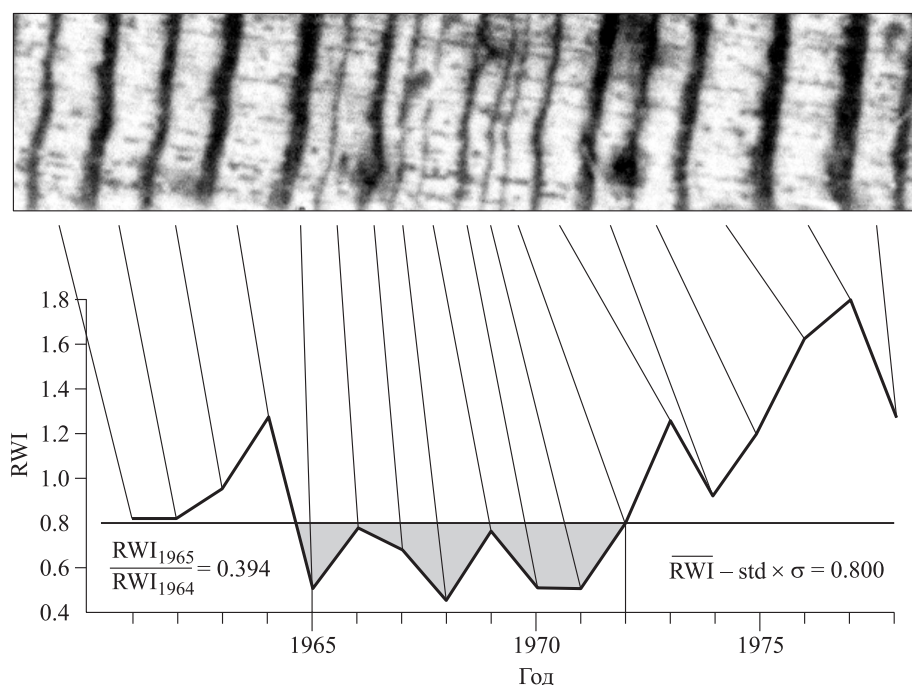


Рис. 2. Сигнатура дефолиации сибирским шелкопрядом.

Линии соединяют кольца с соответствующими им индексами (RWI). Вертикальными линиями и заливкой выделен период спада после потери хвои. Слева на графике приведен расчет спада прироста в первый год после дефолиации, справа – расчет порогового значения спада прироста.

о месячных суммах осадков (P) и среднемесячных температурах (T) получены (Специализированные массивы..., 2022) для метеостанции Минусинск (53.67° с. ш., 91.67° в. д., данные с 1936 г. по настоящее время). Для летних месяцев рассчитаны значения гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК).

Перед моделированием ряды радиального прироста стандартизировали с помощью кубических сплайнов (50 % отсечение, 67 % длина волны), получая индексированные ряды радиального прироста для отдельных деревьев. Затем из них удаляли авторегрессионную компоненту и строили усредненный для древостоя ряд, используя робастную среднюю (Samahero et al., 2021).

Методической основой для построения моделей ширины годичного кольца служила агрегированная линейная модель Кука (Cook, 1985):

$$G = C + A + D_1 + D_2 + E, \quad (2)$$

где G – ширина годичного кольца; C – связанная с погодой изменчивость; A – возрастной тренд; D_1 и D_2 – изменчивость, внесённая эндогенными и экзогенными (в частности, дефолиация) возмущениями соответственно, E – случайная изменчивость. Поскольку возрастной тренд удалялся при стандартизации, а эндогенная изменчивость в конкретный момент времени затрагивала лишь небольшую часть деревьев, в отличие от экзогенной (Cook, 1985), мы принимали во внимание только C и D_2 .

Предикторами при моделировании радиального прироста служили метеоданные за период с начала предыдущего года по сентябрь текущего (уравнения 3 и 4) и результаты реконструкции дефолиации (уравнение 4).

$$RWI = \sum_{k=1}^n a_k x_k + c, \quad (3)$$

$$RWI = \sum_{k=1}^n a_k x_k + \sum_{l=1}^m b_l d_l + c, \quad (4)$$

где $x_{1...n}$ – характеризующие метеоусловия предикторы (соответствуют C в модели (2)), $d_{1...m}$ – фиктивные переменные, указывающие на количество лет с момента дефолиации (D_2 в модели (2)), c – свободный член, $a_{1...n}$ и $b_{1...m}$ – коэффициенты. Во избежание переобученности моделей наилучшие предикторы сначала выбирали с помощью процедуры случайного леса (пакет randomForest 4.6-14) (Liaw, Wiener, 2002), затем – используя критерий Акаике (пакет MASS 7.3-53) (Venables, Ripley, 2002).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Статистики древесно-кольцевых рядов и значения коэффициентов для Outbreak. Статистики древостоев указывают на достаточную представительность выборки (табл. 2).

Эффективная корреляция ($rbar_{eff}$), чувствительность (sens), EPS и SNR имеют достаточно высокие значения (Methods..., 1990). Коэффициенты корреляции Пирсона между усреднёнными рядами радиального прироста древостоев статистически значимы при $p = 0.001$, но их значения сравнительно невелики (в среднем 0.447 при размахе 0.249–0.724). Оптимальные значения коэффициентов abrupt, std и length для алгоритма Outbreak приведены в табл. 3.

Влияние пожаров и погодных условий на ширину годичного кольца. Все пожары в рассмотренный период произошли с февраля по май, что типично для лесостепи Хакасии (Бабушкина и др., 2013) из-за недостатка зимних осадков, облегчающего возгорание весной.

Из семи зарегистрированных пожаров только для двух был зафиксирован типичный для пожаров начала вегетационного периода (Pearson et al., 1972; Seifert et al., 2017) спад ШГК в год воздействия (рис. 3).

Один из них совпал по времени с дефолиацией, и однозначно утверждать, с чем именно связано уменьшение ШГК, невозможно. Второй случай характеризуется нетипичным для дефо-

Таблица 2. Статистические характеристики древесно-кольцевых рядов для изученных древостоев

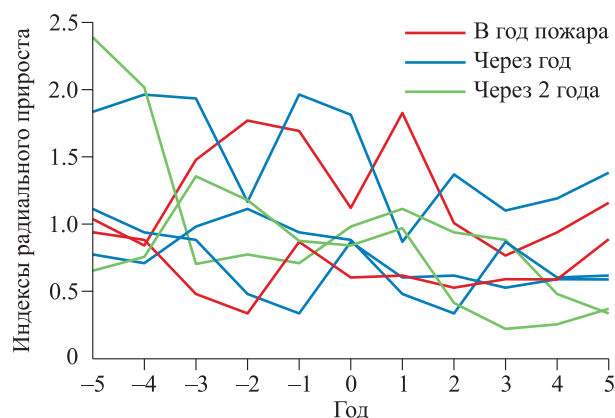
Местоположение древостоя	Число деревьев/рядов	Годы	Средний прирост, мм	sens	$rbar_{eff}$	EPS	SNR
Кладбище	10/20	1868–2017	1.097	0.345	0.550	0.919	11.400
Котловина	13/24	1789–2013	1.025	0.410	0.577	0.940	15.628
Дом рыбака	13/13	1741–2015	1.021	0.424	0.554	0.933	13.951
Физплощадка	15/30	1888–2012	2.031	0.381	0.622	0.945	17.324
Перевал	11/11	1740–1989	1.079	0.329	0.590	0.934	14.134
Рейнголь	14/16	1741–2015	0.815	0.512	0.600	0.949	18.746

Таблица 3. Значения коэффициентов алгоритма Outbreak, использованные при реконструкции истории дефолиации

Местоположение древостоя	abrupt	std	length
Кладбище	0.6	0.5	2
Котловина	0.5	0.5	2
Дом рыбака	0.7	0.6	2
Физплощадка	0.7	0.5	3
Перевал	0.7	1.1	2
Рейнголь	0.5	0.6	2

лиации восстановлением радиального прироста на следующий год. Трижды после пожара спад прироста произошёл в следующем году, что характерно для пожаров конца вегетационного периода (Peterson et al., 1994), а не весны (рис. 3). В двух случаях прирост начал снижаться на 2-й год после пожара, что тем более не свойственно для реакции на повреждение огнем (рис. 3).

Местные популяции лиственницы весьма устойчивы к пожарам (Санников, Санникова, 2009; Цветков, 2011). Огнестойкие виды деревьев значительно снижают прирост только в случае сильного (40 % и более) ожога кроны (Pearson et al., 1972; Кучеров, Кучерова, 2015). Подтверждается это и результатами для соседней Минусинской котловины (Бабушкина и др., 2013). Следовательно, при реконструкции дефолиации лиственничников вызванные пожарами ложноположительные результаты возможны только в самой ранней ее части реконструкции,

**Рис. 3.** Ход радиального прироста в течение ± 5 лет после низовых пожаров.

Кривые описывают усреднённый для пострадавшего от пожара древостоя ход индексов радиального прироста. Спады прироста выделяли по той же методике, что и для дефолиации. Цвет линии показывает наличие спадов прироста и их запаздывание относительно года повреждения.

Таблица 4. Результаты моделирования радиального прироста лиственницы

Местоположение древостоя	Модель (3)		Модель (4)		ΔR^2
	F	R^2	F	R^2	
Кладбище	9.77	0.184	8.40	0.289	0.105
Котловина	10.77	0.205	12.01	0.367	0.162
Дом рыбака	10.09	0.259	7.58	0.297	0.038
Физплощадка	10.13	0.328	10.50	0.432	0.104
Перевал	3.90	0.131	9.94	0.340	0.209
Рейнголь	9.88	0.313	8.17	0.356	0.043

Примечание. F – критерий Фишера; R^2 – скорректированный коэффициент детерминации.

когда небольшие толщина коры и высота кроны деревьев не обеспечивали достаточной устойчивости дерева к огню.

Построенные нами согласно формуле (3) модели, описывающие влияние погоды на ШГК, значимы статистически на уровне $p < 0.001$. Однако значения их коэффициентов детерминации R^2 указывают на слабое влияние погодных условий на радиальный прирост (табл. 4).

Большее значение имеют условия предыдущего года, что типично для листопадных видов (Carbone et al., 2013; Furze et al., 2019) (табл. 5).

Наиболее стабильна зависимость ШГК от температуры сентября предыдущего года. Это объясняется влиянием температуры на формирование пула запасных углеводов, происходящее у листопадных видов в конце вегетационного периода (Furze et al., 2019).

Рост температуры в этот период стимулирует обмен веществ за его счет пула запасных углеводов, а значит, за счет прироста следующего сезона. Это подтверждается положительным влиянием на ШГК температур сентября текущего года в древостое местоположения Рейнголь.

Влагообеспеченность влияет на рост древесных растений через комплекс физиологических процессов (Vilagrosa et al., 2010; Limousin et al., 2010). У лиственницы наиболее интенсивная эвапотранспирация приходится на начало вегетационного периода (Urban et al., 2019), поэтому осадки июня текущего года также значимы для ШГК (табл. 5).

По ряду особенностей (отрицательная зависимость от T конца предыдущего и положительная от P начала текущего вегетационного периода) наши результаты схожи с таковыми для лиственницы (Belokopytova et al., 2021) и сосны (Бабушкина и др., 2018; Babushkina et al., 2018) южных предгорий Кузнецкого Алатау.

Таблица 5. Предикторы моделей радиального прироста лиственницы

Местоположение древостоя	Модель (3)	Модель (4)
Кладбище	(–): $T_{\text{сен}}$; $T_{\text{май}}$	(–): $T_{\text{сен}}$; $T_{\text{май}}$; 1-й год п. д.; 2-й год п. д.
Котловина	(–): $T_{\text{сен}}$; (+): $P_{\text{ноя}}$	(–): $T_{\text{сен}}$; 1-й год п. д.; 2-й год п. д.; (+): $P_{\text{ноя}}$
Дом рыбака	(–): $T_{\text{сен}}$; $T_{\text{июл}}$; (+): $P_{\text{Июн}}$	(–): $T_{\text{сен}}$; $T_{\text{июл}}$; 1-й год п. д.; 2-й год п. д.; (+): $P_{\text{Июн}}$
Физплощадка	(–): $T_{\text{авг}}$; $T_{\text{сен}}$; (+): $T_{\text{Фев}}$; $P_{\text{Июн}}$	(–): $T_{\text{сен}}$; 1-й год п. д.; 2-й год п. д.; 3-й год п. д.; (+): $T_{\text{Фев}}$; $P_{\text{Июн}}$
Перевал	(–): $P_{\text{июл}}$; (+): $T_{\text{апр}}$; ГТК июл; $P_{\text{Июн}}$	(–): $P_{\text{июл}}$; 1-й год п. д.; 2-й год п. д.; (+): ГТК июл
Рейнголь	(–): $T_{\text{июл}}$; $T_{\text{сен}}$; (+): ГТК авг; $T_{\text{Сен}}$	(–): $T_{\text{июл}}$; $T_{\text{сен}}$; 1-й год п. д.; 2-й год п. д.; (+): ГТК авг; $T_{\text{сен}}$

Примечание. (+) и (–) – знаки при коэффициенте в линейной модели; с прописной буквы начинаются сокращения месяцев года формирования годичного кольца, со строчной – предыдущего года; п. д. – после дефолиации; T – температура; P – осадки; ГТК – гидротермический коэффициент.

Повреждение фотосинтезирующего аппарата лиственниц ведет к уменьшению ШГК на протяжении 2 лет и более (Baltensweiler et al., 2008; Arbella et al., 2018). Введение в линейные модели последствий дефолиации в виде фиктивных переменных (формула (4)) позволило увеличить их предсказательную способность (табл. 4, рис. 4).

Спады прироста, выделенные нами как последствия дефолиации, продолжаются не менее 2 лет и не могут быть удовлетворительно объяснены только погодными условиями. Это сводит к минимуму вероятность появления в реконструкции ложноположительных результа-

тов, связанных с погодными явлениями, хотя и не исключает их совершенно. То, что продолжительное снижение ШГК более свойственно воздействиям дефолиации, чем погоды, отмечали и ранее (Speer et al., 2001).

Периодичность дефолиации. За период с 1740 по 2017 г. был выделен 31 период со следами дефолиации (рис. 5, а).

Ложноположительными (слабый сигнал, промежуток времени < 3 лет от предыдущей дефолиации) есть основания считать 12 сигнатур. Пять массовых размножений сибирского шелкопряда подтверждены сообщениями, касающимися Черного Озера или хотя бы Ширинского

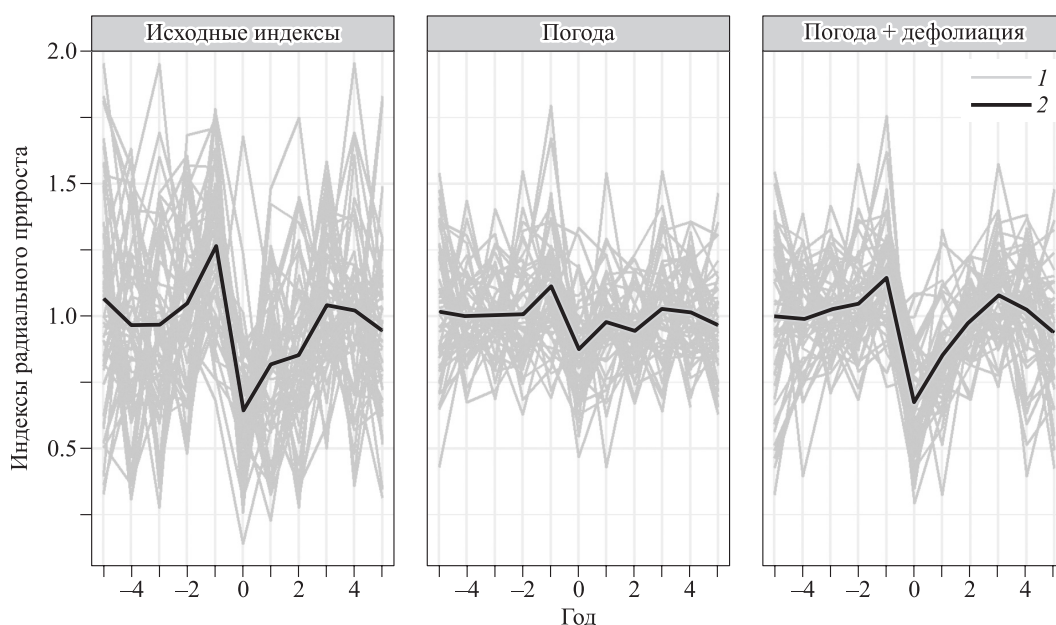


Рис. 4. Реальные (слева) и реконструированные по формулам (3) (в центре) и (4) (справа) значения радиального прироста до и после дефолиации.

1 – отдельные участки древесно-кольцевых рядов; 2 – усредненные данные.

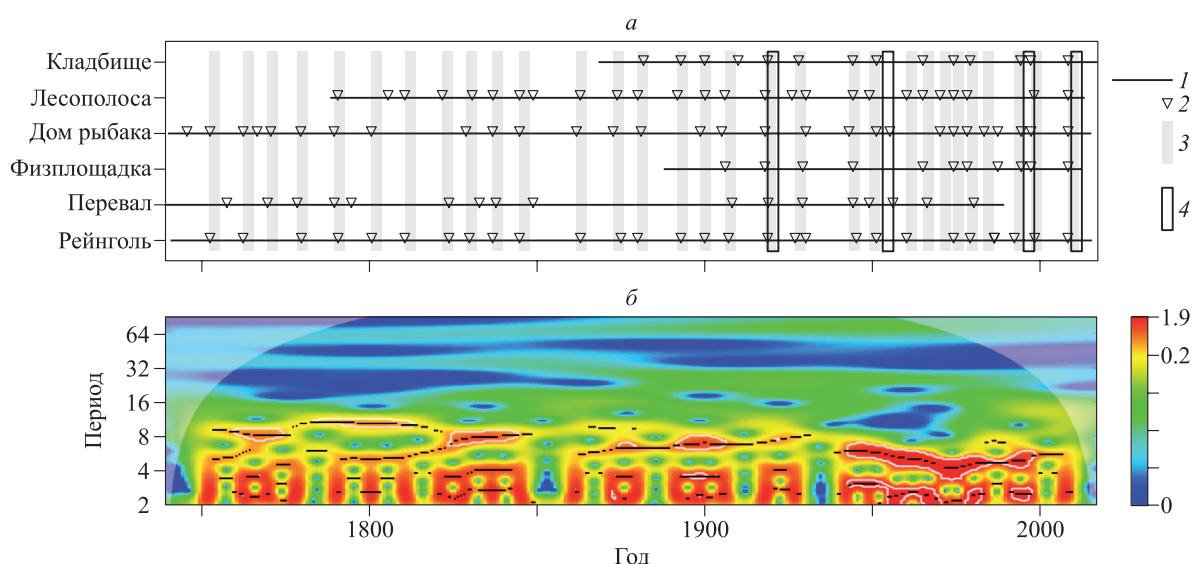


Рис. 5. Анализ частотных характеристик дефолиации древостоев.

а – результаты реконструкции истории дефолиации: 1 – протяженность каждой хронологии, 2 – первый год дефолиации, 3 – реконструированные случаи дефолиации, 4 – вспышки массового размножения, известные из литературных источников; *б* – результаты вейвлет-анализа реконструированной хронологии дефолиации: цвет заливки отражает мощность сигнала, черные линии – локальные максимумы мощности, белыми линиями ограничены области, внутри которых мощность сигнала статистически значимо отличается от нуля на уровне ≤ 0.1 .

района, еще одно – указанием на обширный регион, включающий в себя восточные предгорья Кузнецкого Алатау (Рожков, 1965).

Средняя длина периода между двумя случаями дефолиации 8.5 лет, однако она значительно меняется во времени (рис. 5, *а*).

Вейвлет-анализ показал, что максимальная длина промежутка между дефолиациями была достигнута в ~ 1775 –1825 гг. и составляла 10–11 лет (рис. 5, *б*). Затем она снижалась, достигнув минимума (~ 7 лет) в 1890-х годах, до конца 1920-х годов наблюдался небольшой рост. С 1940-х годов период между повреждениями начал сокращаться до минимума (~ 4 года) в середине 1970-х годов. Это сокращение не объясняется увеличением числа хронологий, представленных на данном отрезке (Swetnam, Lynch, 1993): изменения найдены в пределах периода с данными из всех изученных древостоев (рис. 5).

Уменьшение протяженности градационного цикла до 1930-х годов – следствие роста теплообеспеченности. Последний локальный минимум температур мая – августа зафиксирован в начале 1800-х годов (Anchukaitis et al., 2017), что соответствует наибольшему периоду между вспышками (рис. 5, *б*). Малый Ледниковый период в Алтае-Саянском регионе завершился к 1825–1850 гг. (Chernykh et al., 2013; Баринов и др., 2017). Потепление способствует более частым подъемам численности насекомых, что показано для ряда чешуекрылых филофагов

(Haynes et al., 2014), включая соснового шелкопряда (*Dendrolimus pini* (Linnaeus, 1758)) (Skrzecz et al., 2020). Оно способствует и переходу популяций сибирского шелкопряда к однолетней генерации (Кондаков, 1957, 2002), а это, в свою очередь, приводит к вспышкам массового размножения (Исаев и др., 2001).

Картина, сложившаяся после 1940-х годов, противоречит теоретическим описаниям динамики численности (Исаев и др., 2001) и результатам наблюдений за популяциями сибирского шелкопряда (Кондаков, 1974, 2002). Градационный цикл сибирского шелкопряда при эруптивной вспышке состоит из нескольких фаз, которые не могут выпадать или значительно сокращаться (Исаев и др., 2001). В регионе исследований в 1920–1997 гг. произошло семь массовых размножений сибирского шелкопряда (Кондаков, 2002), что соответствует ~ 8 годам продолжительности градации. Согласно нашим результатам (рис. 5, *б*), ее длительность после 1940 г. равна ~ 4 –6 годам. Иногда периоды сильных дефолиаций вспышки почти накладываются друг на друга, что даже вызывает трудности в сопоставлении их с массовыми размножениями, описанными в литературных источниках (рис. 5, *а*).

Рост теплообеспеченности как причина более частых дефолиаций не выдерживает критики. Глобальный подъем температуры воздуха зафиксирован приблизительно с 1910 г. (Mann et al., 1999). Данные по метеостанции Минусинск

синск (с 1885 г.) указывают на подъём температур мая – сентября с конца 1920-х годов, причём это лишь возврат к нормам конца XIX – начала XX в. (средняя температура 1885–1929 гг. равна 15.07 °С, 1930–2020 гг. – 15.06 °С) (Специализированные массивы..., 2022). Недостаточно потепление и по масштабу. В среднем за одну градацию развивается семь поколений сибирского шелкопряда (Кондаков, 1974), что при промежутках между смежными дефолиациями в 4–6 лет указывает на переход большей части поколений сибирского шелкопряда с 1940-х годов на развитие по бивольтинному циклу. Но согласно предложенным для этого вида нормам (Кондаков, 1957), тепла для этого недостаточно даже после начала современного потепления.

Увеличение частоты случаев дефолиации из-за повреждения крон другими филлофагами также маловероятно. Массовое размножение античной волнянки (*Orgyia antiqua* (Linnaeus, 1758)) проходило южнее (Прозоров и др., 1963), а у листовенничной чехлоноски (*Protocryptis sibiricella* Falkovitsh, 1972) и листовенничной углокрылой пяденицы (*Semiothisa pumila* Kusnetzov, 1929) оно было сопряжено с очагами сибирского шелкопряда (Кондаков, 1959; Ермолаев, 2014; Ermolaev, 2014). Вспышки непарного шелкопряда, охватывающие значительные площади листовенничников, также нередко совпадают во времени и пространстве со вспышками сибирского шелкопряда (Кондаков, 1959, 1963; Фомин и др., 2022) или начинаются на 1–2 года раньше (Галкин, 1962). Незначительное влияние возможной в прошлом дефолиации непарным шелкопрядом на наши результаты подтверждает и отсутствие совпадений наших датировок со временем большинства вспышек непарного шелкопряда в Хакасии (Кондаков, 1963). С 1974 г. в рассматриваемом районе вспышек массового размножения непарного шелкопряда не было (Ю. Н. Баранчиков, личное сообщение).

Антропогенный фактор как причина более частой дефолиации. Наиболее обоснованным нам представляется увеличение частоты случаев дефолиации как следствие антропогенного изменения среды обитания филлофагов (Swetnam, Lynch, 1993; Speer et al., 2001; Alfaro et al., 2018). До конца 1930-х годов хозяйственная деятельность не оказывала заметного влияния на лесные экосистемы района исследований (Бутанаев и др., 2008; Малыгина, 2020). В 1938 г. был образован трест «Хакаслес», к 1940 г. создан ряд деревообрабатывающих предприятий и началась интенсивная заготовка леса, особенно

лиственницы (Малыгина, 2020). Рост лесной промышленности замедлился только к 1980-м годам (Дроздов, 2006).

О масштабных заготовках леса в районе исследований свидетельствуют листовенничные пни, повсеместно встречающиеся вокруг Черного Озера. Их нахождение в одних и тех же древостоях со старовозрастными деревьями указывает на выборочный характер рубок. Вероятно, активизация рубок и хозяйственной деятельности в целом привела к повышению частоты лесных пожаров, что могло иметь двойные последствия.

Первое из них заключается в стимулировании подъёмов численности сибирского шелкопряда. Известны указания на то, что преобладающие в районе исследований весенние низовые пожары уничтожают находящиеся в подстилке паразитоидов сибирского шелкопряда, приводя к ослаблению контроля численности сибирского шелкопряда (Галкин, 1960, 1962; Болдаруев, 1969), а выборочные рубки улучшают микроклимат для него (Галкин, 1960, 1962). Изменение режима хозяйствования в районе исследований с начала 1940-х годов могло привести к переходу популяций сибирского шелкопряда от эруптивного типа динамики численности к продромальному, когда ослабление контроля со стороны естественных врагов кратковременно, а подъёмы численности менее масштабны и продолжительны. Ведущая роль в возникновении продромальных вспышек принадлежит модифицирующим (без обратной связи со стороны популяций насекомых) факторам (Исаев и др., 2001), в качестве которых в данном случае могли выступать выборочные рубки и низовые пожары (Галкин, 1960, 1962; Болдаруев, 1969). Кратковременность таких подъёмов численности вполне объясняет выросшую в обсуждаемый период частоту дефолиации.

Надо отметить, что эти соображения вкупе с нашими данными не подтверждают гипотезу Тальмана – Гродницкого, согласно которой активность человека стала основной причиной массовых размножений сибирского шелкопряда (Гродницкий и др., 2002; Гродницкий, 2004). В частности, ей противоречит присутствие сигнатур дефолиации в период до 1940-х годов (рис. 5, а). Однако сам факт изменения частоты массовых размножений из-за действия антропогенного фактора вполне вероятен.

Второе возможное последствие связано с фрагментацией лесных массивов. Так, для *Choristoneura fumiferana* показано возрастание частоты, снижение амплитуды и рассинхронизация

зация колебаний численности популяций из-за уменьшения площади древостоев кормовых видов и их связности между собой после массированных рубок (Robert et al., 2018). Аналогичное утверждение, хотя и с оговорками, сделано относительно *Choristoneura freemani* (Alfaro et al., 2018).

Фрагментация может привести к тому, что вспышки массового размножения сибирского шелкопряда в районе исследований приобретут перманентный характер, когда популяция не стабилизирует численность на низком уровне после завершения грации, но повреждения не приводят к разрушению древостоев. В этом случае по окончании вспышка легко переходит к началу новой (Исаев и др., 2001). Описана ситуация, когда сибирский шелкопряд поддерживал высокую численность длительное время, сформировав систему из миграционных очагов. Из-за значительного расстояния между ними и неоднородности растительного покрова влияние паразитоидов на численность сибирского шелкопряда значительно ослабло (Болдаруев, 1969). Комплекс защитных реакций лиственницы на дефолиацию, снижающий кормовое качество хвои следующего года для гусениц шелкопряда (Плешанов, 1982) способствует восстановлению древостоев. Похожая картина (мозаичность и высокая частота появления очагов, большое значение миграций) описана в лиственничниках Тувы как для сибирского, так и для непарного шелкопрядов (Фомин и др., 2019, 2022). Фактическими наблюдениями подтверждена мозаичность очагов сибирского шелкопряда и в окрестностях Черного Озера (Яновский и др., 1998). В результате постоянного образования новых миграционных очагов один и тот же древостой может быть поврежден через сравнительно небольшое время, что согласуется с результатами выполненной нами реконструкции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенная за период 1740–2017 гг. дендрохронологическая реконструкция позволила установить наличие в прошлом свыше 30 периодов высокой численности сибирского шелкопряда, приведших к дефолиации лиственницы в районе исследований. Вейвлет-анализ показал постепенное снижение протяженности интервалов между случаями дефолиации по мере увеличения теплообеспеченности после завершения Малого Ледникового периода. Однако это медленное изменение с начала 1940-х годов смени-

лось резким спадом, после которого следы дефолиации стали появляться в рядах радиального прироста приблизительно раз в 5 лет. Мы связываем это явление с интенсификацией лесозаготовок на современной территории Республики Хакасия, которые привели к разреживанию древостоев и, косвенно, к увеличению частоты низовых пожаров. Оба эти фактора благоприятствуют сибирскому шелкопряду, увеличивая поступление тепла в его местообитания и снижая влияние паразитоидов на его популяции. Кроме того, возникшая из-за рубок мозаичность древостоев способствовала превращению вспышек его массовых размножений в перманентные за счет образования системы возникающих в разное время миграционных очагов.

Работа выполнена при поддержке проекта «Фундаментальные основы защиты лесов от энтомо- и фитовредителей в Сибири» (№ FEFЕ – 2020-0014) и государственного задания ИЛ СО РАН № 0287-2021-0011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабушкина Е. А., Белокопытова Л. В., Костякова Т. В. Пирогенная депрессия радиального прироста хвойных в Республике Хакасия и ее использование для реконструкции лесных пожаров // Наука Красноярья. 2013. Т. 2. № 3. С. 5–23.
- Бабушкина Е. А., Белокопытова Л. В., Костякова Т. В., Кокова В. И. Характеристики ранней и поздней древесины *Pinus sylvestris* в семиаридных природных зонах Южной Сибири // Экология. 2018. № 3. С. 174–183.
- Баранчиков Ю. Н., Харитонченко Р. П. Суточная динамика поступления в подстилку экскрементов насекомых в очаге размножения сибирского шелкопряда // Роль подстилки в лесных биогеоценозах: тез. докл. М.: Наука, 1983. С. 18–19.
- Баранчиков Ю. Н., Петько В. М., Бабичев Н. С. Пространственно-временная динамика возрастной структуры популяции сибирского шелкопряда в дефолированном лиственничнике // Энтомологические исследования в Северной Азии: Материалы совещ. М.: КМК, 2010. С. 239–240.
- Баранов В. В., Мыглан В. С., Тайник А. В. Экстремальные климатические события в Центральном Алтае за последние 1500 лет по данным древесно-кольцевой хронологии Jelo // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 1. С. 91–102.
- Болдаруев В. О. Динамика численности сибирского шелкопряда и его паразитов. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1969. 165 с.
- Бутанаев В. Я., Амзараков П. Б., Бутанаева И. И., Бурнаков В. А., Буров В. Ф., Верник А. А., Грошева Г. В., Ивандаев В. И., Кыржинаков А. А., Тутаркова Н. В., Торбостаев К. М., Худяков Ю. С., Шавыркин О. В. Очерки истории Хакасии (с древнейших времен до современности. Абакан: Изд-во Хакас. гос. ун-та, 2008. 672 с.

- Веселов, И. Р. Прибыльская, О. А. Мирзеабасов. Специализированные массивы для климатических исследований / В. М. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2022. <http://aisori-m.meteo.ru/>
- Галкин Г. И. Некоторые вопросы формирования резерваций и первичных очагов сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края // Сибирский шелкопряд. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. С. 21–33.
- Галкин Г. И. О надзоре за сибирским шелкопрядом в лиственных лесах Красноярского края // Лиственница: сб. ст. Красноярск: СибТИ, 1962. Т. 29. С. 113–121.
- Галкин Г. И. Динамика численности сибирского шелкопряда в лиственных лесах Кузнецкого Алатау в 1958–1969 гг. // Проблемы защиты таёжных лесов. Красноярск, 1971. С. 30–32.
- Гродницкий Д. Л. Сибирский шелкопряд и судьба пихтовой тайги // Природа. 2004. № 11. С. 49–56.
- Гродницкий Д. Л., Разнобарский В. Г., Солдатов В. В., Ремарчук Н. П. Деградация древостоев в таежных шелкопрядниках // Сиб. экол. журн. 2002. Прил. 1. С. 3–12.
- Дроздов А. И. Развитие производственной сферы Хакасии в середине 1960-х – середине 1980-х гг. (на материалах промышленности и сельского хозяйства): автореф. дис. ... канд. ист. наук: 07.00.02. Абакан: Хакас. гос. ун-т им. Н. Ф. Катанова, 2006. 22 с.
- Ермолаев И. В. Непериодическая популяционная волна на примере лиственной чехлоноски *Protocryptis sibiricella* (Lepidoptera, Coleophoridae) // Зоол. журн. 2014. Т. 93. № 8. С. 967–981.
- Исаев А. С., Хлебопрос Р. Г., Недорезов Л. В., Кондаков Ю. П., Киселев В. В., Суховольский В. Г. Популяционная динамика лесных насекомых. М.: Наука, 2001. 374 с.
- Кондаков Ю. П. К вопросу биоэкологии сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tshtv) в пихтовых лесах Красноярского края // Учен. зап. КПИ. Красноярск, 1957. Т. 10. С. 144–153.
- Кондаков Ю. П. Сопряжённые очаги *Dendrolimus sibiricus* Tshtv., *Oscneria dispar* L. и *Semiothisa pumila* Kusn. в лиственных лесах Красноярского края // Учен. зап. КПИ. Красноярск: КПИ, 1959. Т. 15. С. 183–193.
- Кондаков Ю. П. Непарный шелкопряд (*Oscneria dispar* L.) в лесах Красноярского края // Защита лесов Сибири от насекомых-вредителей. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 30–77.
- Кондаков Ю. П. К изучению периодичности вспышек массового размножения сибирского шелкопряда // Исследования по защите лесов Сибири. М.: Наука, 1965. С. 98–111.
- Кондаков Ю. П. Закономерности массовых размножений сибирского шелкопряда // Экология популяций лесных животных Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. С. 206–265.
- Кондаков Ю. П. Массовые размножения сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края // Энтомологические исследования в Сибири. Красноярск: КФ РЭО, 2002. Вып. 2. С. 25–74.
- Костякова Т. В., Белокопытова Л. В., Журнова Д. Ф., Бабушкина Е. А., Ваганов Е. А. Дендрохронологическая индикация вспышек размножения филлофагов по радиальному приросту лиственницы в лесостепной зоне Республики Тыва // Сиб. экол. журн. 2021. № 1. С. 46–60.
- Кучеров С. Е., Кучерова С. В. Влияние пожаров на радиальный прирост лиственницы на Зилаирском плато // Изв. УНЦ РАН. 2015. Т. 4. № 1. С. 95–97.
- Лиханов Б. Н., Хаустова М. Н. Алтае-Саянское нагорье // Средняя Сибирь. М.: Наука, 1964. С. 359–380.
- Малыгина Е. Е. История развития промышленности Хакасии // Сиб. арх.: электрон. журн. 2020. <https://archivesiberia-journal.nso.ru/page/242>
- Пальникова Е. Н., Свищевская И. В., Суховольский В. Г. Сосновая пяденица в лесах Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2002. 232 с.
- Плешанов А. С. Насекомые-дефолианты лиственных лесов Восточной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. 209 с.
- Прозоров С. С., Коришанова Л. М., Земкова Р. И. Античная волнянка (*Orgyia antiqua* L.) – вредитель лиственницы сибирской // Защита лесов Сибири от насекомых-вредителей. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5–29.
- Рожков А. С. Массовое размножение сибирского шелкопряда и меры борьбы с ним. М.: Наука, 1965. 180 с.
- Санников С. Н., Санникова Н. С. Эволюционные аспекты пирологии светлых видов // Лесоведение. 2009. № 3. С. 3–10.
- Суховольский В. Г., Тарасова О. В., Ковалёв А. В. Моделирование критических явлений в популяциях лесных насекомых // Журн. общ. биол. 2020. Т. 81. № 5. С. 374–386.
- Фомин С. Н., Баранов В. В., Мыглан В. С. Сибирский шелкопряд в Республике Тыва, история исследований // Сиб. лесн. журн. 2019. № 5. С. 3–14.
- Фомин С. Н., Баранов В. В., Мыглан В. С. Вспышки массового размножения непарного шелкопряда *Lymantria dispar* (L.) в Республике Тыва: история исследований // Журн. СФУ. Биол. 2022. Т. 15. № 1. С. 48–71.
- Цветков П. А. Пирогенные свойства древесных пород // Лесоведение. 2011. № 2. С. 25–31.
- Яновский В. М., Баранчиков Ю. Н., Перевозникова В. Д., Новиков А. П., Ходыкина В. Н. Энтомофауна лиственничников, дефолированных сибирским шелкопрядом // Энтомол. иссл. в Сибири. Вып. 1. Красноярск: КФ РЭО, 1998. С. 33–43.
- Alfaro R. I., Akker L. van, Berg J., Hezewijk B. van, Zhang Q.-B., Hebdac R., Smith D., Axelson J. Change in the periodicity of a cyclical forest defoliator: An indicator of ecosystem alteration in Western Canada // For. Ecol. Manag. 2018. V. 430. P. 117–125.
- Anchukaitis K. J., Wilson R., Briffa K. R., Büntgen U., Cook E. R., D'Arrigo R., Davi N., Esper J., Frank D., Gunnarson B. E., Hegerl G., Helama S., Klesse S., Krusic P. J., Linderholm H. W., Mygland V., Osborn T. J., Zhang P., Rydval M., Schneider L., Schurer A., Wiles G., Zorita E. Last millennium Northern Hemisphere summer temperatures from tree rings: Part II, spatially resolved reconstructions // Quatern. Sci. Rev. 2017. V. 163. P. 1–22.
- Arbellay E., Jarvis I., Chavardès R. D., Daniels L. D., Stoffel M. Tree-ring proxies of larch bud moth defoliation: latewood width and blue intensity are more precise than tree-ring width // Tree Physiol. 2018. V. 38. Iss. 8. P. 1237–1245.
- Babushkina E. A., Belokopytova L. V., Kostyakova T. V., Kokova V. I. Earlywood and latewood features of *Pinus sylvestris* in semiarid natural zones of south Siberia // Rus. J. Ecol. 2018. V. 49. N. 3. P. 209–217 (Original Rus. text © 2018, E. A. Babushkina, L. V. Belokopytova,

- T. V. Kostyakova, V. I. Kokova, publ. in *Ekologiya*. 2018. N. 3. P. 174–183).
- Baltensweiler W., Weber U. M., Cherubini P. Tracing the influence of larch-bud-moth insect outbreaks and weather conditions on larch tree-ring growth in Engadine (Switzerland) // *Oikos*. 2008. V. 117. N. 2. P. 161–172.
- Belokopytova L. V., Meko D. M., Zhirnova D. F. Babushkina E. A., Vaganov E. A. Spatial classification of moisture-sensitive pine and larch tree-ring chronologies within Khakass–Minusinsk depression, south Siberia // *Trees*. 2021. V. 35. Iss. 6. P. 2133–2139.
- Bunn A. G. A dendrochronology program library in R (dplR) // *Dendrochronologia*. 2008. V. 26. N. 2. P. 115–124.
- Büntgen U., Frank D., Liebhold A., Johnson D., Carrer M., Urbinati C., Grabner M., Nicolussi K., Levanic T., Esper J. Three centuries of insect outbreaks across the European Alps // *New Phytol.* 2009. V. 182. Iss. 4. P. 929–941.
- Boulanger Y., Arsenault D., Morin H., Jardon Y., Bertrand P., Dagneau C. Dendrochronological reconstruction of spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*) outbreaks in southern Quebec for the last 400 years // *Can. J. For. Res.* 2012. V. 42. N. 7. P. 1264–1276.
- Camarero J. J., Collado E., Martínez-de-Aragón J., de-Miguel S., Büntgen U., Martínez-Peña F., Martín-Pinto P., Ohenoja E., Romppanen T., Salo K., Oria-de-Rueda J. A., Bonet J. A. Associations between climate and earlywood and latewood width in boreal and Mediterranean Scots pine forests // *Trees*. 2021. V. 35. Iss. 1. P. 155–169.
- Carbone M. S., Czimczik C. I., Keenan T. F., Murakami P. F., Pederson N., Schaberg P. G., Xu X., Richardson A. D. Age, allocation and availability of nonstructural carbon in mature red maple trees // *New Phytol.* 2013. V. 200. Iss. 4. P. 1145–1155.
- Chernykh D. V., Galakhov V. P., Zolotov D. V. Synchronous fluctuations of glaciers in the Alps and Altai in the second half of the Holocene // *The Holocene*. 2013. V. 23. N. 7. P. 1074–1079.
- Clark P. W., Speer J. H., Winship L. J. Identifying and separating pandora moth outbreaks and climate from a 1500-year ponderosa pine chronology from central Oregon // *Tree-Ring Res.* 2017. V. 73. N. 2. P. 113–125.
- Cook E. R. A time series analysis approach to tree ring standardization. Tucson: The Univ. Arizona, 1985. 171 p.
- Demidko D. A., Sultson S. M., Mikhaylov P. V., Verkhovets S. V. Influence of weather conditions and climate oscillations on the pine looper *Bupalus piniaria* (L.) outbreaks in the forest-steppe of the West Siberian plain // *Forests*. 2022. V. 13. N. 1. Article number: 15.
- Ermolaev I. V. The nonperiodic population wave: a case study of the larch casebearer *Protocryptis sibiricella* (Lepidoptera, Coleophoridae) // *Entomol. Rev.* 2014. V. 94. Iss. 8. P. 1091–1105 (Original Rus. text © I. V. Ermolaev, 2014, publ. in *Zool. zhurn.* 2014. V. 93. N. 8. P. 967–981).
- FIRMS. Fire Information for Resource Management System. NASA, 2022. <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/>
- Furze M. E., Huggett B. A., Aubrecht D. M., Stolz C. D., Carbone M. S., Richardson A. D. Whole-tree nonstructural carbohydrate storage and seasonal dynamics in five temperate species // *New Phytol.* 2019. V. 221. N. 3. P. 1466–1477.
- Haynes K. J., Allstadt A. J., Klimetzek D. Forest defoliator outbreaks under climate change: Effects on the frequency and severity of outbreaks of five pine insect pests // *Glob. Change Biol.* 2014. V. 20. N. 6. P. 2004–2018.
- Kostyakova T. V., Belokopytova L. V., Zhirnova D. F., Babushkina E. A., Vaganov E. A. Dendrochronological indication of phyllophages' outbreaks by larch radial growth in the forest-steppe zone of the Republic of Tyva // *Contemp. Probl. Ecol.* 2021. V. 14. N. 1. P. 37–48 (Original Rus. text © 2021, T. V. Kostyakova, L. V. Belokopytova, D. F. Zhirnova, E. A. Babushkina, E. A. Vaganov, publ. in *Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal*. 2021. N. 1. P. 46–60).
- Liaw A., Wiener M. Classification and regression by random Forest // *R News*. 2002. V. 2. N. 3. P. 18–22.
- Limousin J.-M., Misson L., Lavoie A.-V., Martin N. K., Rambal S. Do photosynthetic limitations of evergreen *Quercus ilex* leaves change with long-term increased drought severity? // *Plant, Cell Environ.* 2010. V. 33. N. 5. P. 863–875.
- Mann M. E., Bradley R. S., Hughes M. K. Northern hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations // *Geophys. Res. Lett.* 1999. V. 26. Iss. 6. P. 759–762.
- Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences / E. R. Cook, L. A. Kairiukstis (Eds.). Springer Dordrecht, 1990. 394 p.
- Pearson H. A., Davis J. R., Schubert G. H. Effects of wildfire on timber and forage production in Arizona // *J. Range Manag.* 1972. V. 25. N. 4. P. 250–253.
- Peterson D. L., Sackett S. S., Robinson L. J., Haase S. M. The effects of repeated prescribed burning on *Pinus ponderosa* growth // *Int. J. Wildland Fire*. 1994. V. 4. N. 4. P. 239–247.
- Pohl K. A., Hadley K. S., Arabas K. B. Decoupling tree-ring signatures of climate variation, fire, and insect outbreaks in Central Oregon // *Tree-Ring Res.* 2006. V. 62. N. 2. P. 37–50.
- Robert L. E., Sturtevant B. R., Cooke B. J., James P. M. A., Fortin M. J., Townsend P. A., Wolter P. T., Kneeshaw D. Landscape host abundance and configuration regulate periodic outbreak behavior in spruce budworm *Choristoneura fumiferana* // *Ecography*. 2018. V. 41. Iss. 9. P. 1556–1571.
- Roesch A., Schmidbauer H. WaveletComp: Computational wavelet analysis. R package version 1.1. 2018. <https://CRAN.R-project.org/package=WaveletComp>
- Seifert T., Meincken M., Odhiambo B. O. The effect of surface fire on tree ring growth of *Pinus radiata* trees // *Ann. For. Sci.* 2017. V. 74. Iss. 2. Article number: 34. 11 p.
- Skrzecz I., Ślusarski S., Tkaczyk M. Integration of science and practice for *Dendrolimus pini* (L.) management – A review with special reference to Central Europe // *For. Ecol. Manag.* 2020. V. 455. Article number: 117697.
- Speer J. H., Swetnam T. W., Wickman B. E., Youngblood A. Changes in Pandora moth outbreak dynamics during the past 622 years // *Ecology*. 2001. V. 82. N. 3. P. 679–697.
- Swetnam T. W., Lynch A. M. Multicentury, regional-scale patterns of western spruce budworm outbreaks // *Ecol. Monogr.* 1993. V. 63. N. 4. P. 399–424.
- Swetnam T. W., Wickman B. E., Paul H. G., Baisan C. H. Historical patterns of western spruce budworm and Douglas-fir tussock moth outbreaks in the northern Blue Mountains, Oregon, since A. D. 1700. Portland, OR: USDA For. Serv., Pacific Northwest Res. St., 1995. 27 p.

Urban J., Rubtsov A. V., Urban A. V., Shashkin A. V., Benkova V. E. Canopy transpiration of a *Larix sibirica* and *Pinus sylvestris* forest in Central Siberia // Agr. For. Meteorol. 2019. V. 271. P. 64–72.

Venables W. N., Ripley B. D. Modern applied statistics with S. Springer New York, NY: 2002. 498 p.

Vilagrosa A., Morales F., Abadía A., Bellot J., Cochard H., Gil-Pelegrin E. Are symplast tolerance to intense drought conditions and xylem vulnerability to cavitation coordinated? An integrated analysis of photosynthetic, hydraulic and leaf-level processes in two Mediterranean drought-resistant species // Environ. Exp. Bot. 2010. V. 69. Iss. 3. P. 233–242.

HISTORY OF THE SIBERIAN MOTH OUTBREAKS AT THE EASTERN FOOTHILLS OF KUZNETSKIY ALATAU MOUNTAINS: DENDROCHRONOLOGICAL RECONSTRUCTION

D. A. Demidko^{1,2}, A. A. Efremenko¹, 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 Reshetnev Siberian State University of Science and Technology Prospekt Krasnoyarskiy Rabochi, 31, Krasnoyarsk, 660037 Russian Federation

E-mail: sawer_beetle@mail.ru, efremenko2@mail.ru, baranchikov_yuri@yahoo.com

The outbreaks history of the Siberian moth (*Dendrolimus sibiricus* Tschetveraikov, 1908) in larch forests of the forest-steppe at the eastern foothills of the Kuznetsk Alatau mountains (West of the Chulym-Yenisei basin, South of Eastern Siberia, Republic of Khakassia) is reconstructed. Outbreaks of this species have repeatedly covered forests from the Urals to the Far East on an area of more than 1 million hectares. However, there is a lack of long series of observations of changes in the size of the Siberian moth populations. Data on the history of the defoliations caused by it will at least partially fill this gap. For reconstruction, we studied the radial growth in six larch stands, which in the past were subjected to intensive defoliation by the Siberian moth. Using the OUTBREAK algorithm, specific features (abrupt, deep, and prolonged declines in growth) were found in the series of radial growth, indicating defoliation in the past. In total 31 such periods were found in 1740–2017. A study of the frequency characteristics of the chronology of defoliation showed that after the end of the Little Ice Age, the interval between defoliations gradually decreased from 10–11 years at the end of the 19th century to 7 years in the 1930s. Since the 1940s, this interval has decreased to 4–6 years, which we attribute to anthropogenic impact (massive logging and, apparently, more frequent ground fires). The consequence of this was the fragmentation of forest stands and the periodic eliminations of overwintering entomophages by fires. As a result, the frequency of occurrence of the Siberian moth foci in the study area increased either due to its escape from the control of entomophages, or because of the formation of a system of migration foci that existed at different times in fragmented forest stands.

Keywords: *Dendrolimus sibiricus*, Siberian larch, defoliation, dendrochronology, Republic of Khakassia.

How to cite: Demidko D. A., Efremenko A. A., Baranchikov Yu. N. History of the Siberian moth outbreaks at the eastern foothills of Kuznetskiy Alatau mountains: dendrochronological reconstruction // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 98–110 (in Russian with English abstract and references).

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

УДК 630*4

ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ ТОРИМУСА – СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПАРАЗИТОИДА ВОСТОЧНОЙ КАШТАНОВОЙ ОРЕХОТВОРКИ В РОССИИ

Ю. И. Гниненко¹, А. Г. Раков¹, А. Ю. Гниненко¹, Р. И. Гимранов¹,
У. А. Чернова¹, Е. А. Чилахсаева¹, 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: gninenko-yuri@mail.ru, rakoff.dom@mail.ru, gninenkoaj@vniilm.ru, r.i.gimranov@yandex.ru,
uliana_vasilieva@mail.ru, kchilahsaeva@yandex.ru, natshir@bk.ru

Поступила в редакцию 01.06.2022 г.

Восточная каштановая орехотворка (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu; Hymenoptera: Cynipidae), впервые обнаруженная в лесах с участием каштана посевного (*Castanea sativa* Mill.; Fagaceae) в районе г. Сочи, стала массовым вредителем и к настоящему времени заняла все те территории, на которых произрастает каштан посевной в Краснодарском крае. Состояние каштана в этом регионе уже в течение длительного времени нельзя считать удовлетворительным из-за развития крифонектриевого некроза (возбудитель болезни *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M. E. Barr). Меры борьбы с восточной каштановой орехотворкой не разработаны, а применение пестицидов во многих случаях невозможно, поскольку ее очаги расположены в особо охраняемых природных территориях, а также вблизи рек, ручьев и населенных пунктов. Использование внутривидового инъецирования также невозможно в силу того, что есть угроза попадания пестицидов в мед и орешки. Для регулирования численности фитофага проведена интродукция торимуса (*Torymus sinensis* Kamijo; Hymenoptera: Torymidae), являющегося специализированным паразитоидом каштановой орехотворки. Данный энтомофаг широко применяется в тех странах, куда орехотворка проникла ранее. Его интродукция позволяет существенно снизить уровень численности вредителя и не нанести ущерба природным сообществам. Это первый случай в истории России целенаправленной интродукции в особо охраняемые природные территории биологического агента борьбы с вредителем леса. В статье описаны ход принятия официального решения, логистика и предварительные результаты интродукции паразитоида на территории Сочинского национального парка и Кавказского государственного природного биосферного заповедника им. Х. Г. Шапошникова.

Ключевые слова: каштан посевной, *Torymus sinensis* Kamijo, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, биологическая защита леса в ООПТ, Сочинский национальный парк, Кавказский биосферный заповедник, Краснодарский край.

DOI: 10.15372/SJFS20230110

ВВЕДЕНИЕ

Каштан посевной (*Castanea sativa* Mill.; Fagaceae) естественно произрастает в России только в Краснодарском крае и в Республике

Адыгея. Общая площадь лесов с его участием на Северном Кавказе в 2003 г. составляла 47 тыс. га (Государственный доклад..., 2004). На большей части этой площади каштан поражен крифонектриевым некрозом, возбуди-

телем которого является давний инвайдер из Восточной Азии, сумчатый гриб *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M. E. Burt, и состояние его насаждений неудовлетворительно (Ширяева и др., 2004; Лянгузов, 2005). Сравнительно недавно в регионе появился новый инвазивный организм, который оказался очень опасным для каштана – восточная каштановая орехотворка (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu; Hymenoptera: Cynipidae). Родина этого вредителя – Восточный Китай. Здесь орехотворка встречается на всем ареале китайского каштана (*Castanea mollissima* Blume). Вскоре после первого обнаружения в Японии ее завезли в Корею (Paik et al., 1963), а в недавнее время – в Непал (Aebi et al., 2006). На Североамериканском континенте она впервые была отмечена в 1974 г. в Джорджии (Payne et al., 1975) и затем распространилась на территории Алабамы, Северной Каролины и Теннесси (Anagnostakis, 1999). В Европе этот фитофаг впервые был обнаружен на севере Италии (провинция Пьемонт) в 2002 г. (Brussino et al., 2002; Melika et al., 2017). С этого времени орехотворка стала распространяться по Италии и в настоящее время освоила практически всю ее территорию, включая и о. Сардинию (Graziosi, Santi, 2008). Из Италии она проникла в Словению и Францию, где, благодаря экстренным фитосанитарным мероприятиям, очаги, по всей вероятности, были ликвидированы. В Словении в настоящее время орехотворка освоила также практически всю территорию страны и отмечена на границе с Хорватией (Seljak, 2006; Jurc et al., 2017). В 2008 г. орехотворка обнаружена в Венгрии (Csóka et al., 2009).

В момент обнаружения в России очаги каштановой орехотворки отмечены в 7 участковых лесничествах Сочинского национального парка. Наиболее высокая численность фитофага наблюдалась в нижнегорном поясе (до высоты 100 м над ур. м.), а в древостоях, произрастающих на высоте более 300 м над ур. м., она встречается единично.

Появление нового опасного вредителя каштана в таких особо охраняемых территориях, как Сочинский национальный парк и Кавказский государственный природный биосферный заповедник им. Х. Г. Шапошникова сделало невозможным применение против нее пестицидов. Местные энтомофаги не оказывали заметного влияния на численность орехотворки, поэтому было принято решение интродуцировать ее специализированного энтомофага, како-

вым является торимус (*Torymus sinensis* Kamijo; Hymenoptera: Torymidae).

Ранее интродукция торимуса была проведена в Японии (Kamijo, 1981), затем во многих странах Европы (Moriya et al., 1990; Matošević et al., 2014; Kos et al., 2015; Jurc et al., 2017 и др.). Повсеместно, где торимус натурализовался, он через несколько лет после интродукции эффективно регулировал численность орехотворки, и она переставала наносить сколько-нибудь заметный вред каштану (Matošević et al., 2014; Melika et al., 2017).

Цель работы – показать ход и предварительные результаты интродукции этого паразитоида в леса с участием каштана на Черноморском побережье Северного Кавказа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в очагах массового размножения восточной каштановой орехотворки в лесах с участием каштана посевного на территории Сочинского национального парка и Кавказского государственного природного биосферного заповедника им. Х. Г. Шапошникова. Каштан произрастает здесь в смешанных лиственных древостоях с участием в составе в количестве не более 5 ед. Обычно в древостое имеется главный полог каштана в возрасте старше 69 лет и подрост в возрасте 5–10 лет. У большинства деревьев в кроне есть многочисленные восстановительные побеги, формирующиеся в результате хронических поражений крифонектриевым некрозом.

Биологический материал в виде галлов орехотворки, собранных в очаге ее массового размножения в провинции Пьемонт (Италия) в последних числах марта 2021 г., получен нами 09.04.2021 г. Для обеспечения выхода особей торимуса из галлов и их сохранности в период выхода до выпуска в природную среду в лаборатории ВНИИЛМа выполнены следующие работы:

- все вылетевшие особи выловлены с помощью эксгаустера и помещены в специальные сосуды, обеспечены кормом и поставлены в климокамеру с температурой 12 °С (рис. 1, а);

- обеспечивался контроль выхода других насекомых, случайно завезенных с галлами.

Все вышедшие особи энтомофага по согласованию с итальянской стороной содержались по следующей схеме:

- ежедневно в течение 4 ч при температуре 20–23 °С их кормили раствором чистого ака-



Рис. 1. Этапы содержания имаго торимуса в лаборатории.

а – имаго торимуса в эксгаустерах; *б* – садок, подготовленный к нанесению раствора мёда; *в* – ватный тампон, смоченный раствором мёда в садке; *г* – питание имаго торимуса медовым раствором, нанесенным на стенки сосуда (по центру хорошо видны питающиеся особи вокруг капли).

циевого мёда, разведенного в соотношении 1 : 1 стерильной водой;

– после кормления их содержали в климокамере при температуре 12 °С, световом дне продолжительностью 12 ч и тусклом освещении.

При кормлении первоначально медовый раствор давали путем помещения в садок смоченного им ватного тампона (рис. 1, *в*). Однако такой способ кормления привел к тому, что многие севшие на тампон особи прилипали к нему и быстро погибали, поэтому в дальнейшем медовый раствор наносили ватной палочкой на стенки садка (рис. 1, *б*). При такой подаче корма наездники активно и без отпада питались, скапливаясь вокруг капель раствора (рис. 1, *г*).

В описанном режиме их сохраняли до конца апреля и как только фенологические условия (распускание листьев на каштане посевном в местах выпуска) позволили, все вышедшие и содержащиеся в лаборатории особи торимуса были доставлены в Сочи и выпущены в очаги массового размножения орехотворки в каштановых лесах (рис. 2).

Всего в результате выведения из присланных галлов получено 7602 особи торимуса, из них 5.2 тыс. особей были выпущены в Сочинском национальном парке и 1.8 тыс. особей в Кавказском государственном природном биосферном заповеднике им. Х. Г. Шапошникова в 15 и в 4 заранее подобранных пунктах соответственно (табл. 1).



Рис. 2. Побег каштана с формирующимися галлами на молодом листе.



Рис. 3. Выпуск торимуса в каштановый древостой.

Таблица 1. Число особей торимуса в местах его выпуска в особо охраняемых природных территориях (ООПТ) Северного Кавказа

ООПТ (суммарное число выпущенных особей, шт.)	Лесничество	Квартал	Выдел	Число выпу- щенных особей, шт.
Сочинский национальный парк (5200)	Марьинское	66	8	200
		68	36	200
		68	19	800
		72	10	200
		68	19	100
		68	19	100
	Головинское	37	3	800
		37	29	800
		37	29	100
		37	29	100
	Дагомыское	37	14	400
		37	16	400
		33	15	400
		37	1	400
		37	14	200
Кавказский заповедник (1800)	Западное	8	55	450
		8	47	450
	Сочинский заказник	17	44	450
	Южное	30	38	450

Выпуск состоялся 27–29 апреля 2021 г. В ходе этой процедуры пластиковые сосуды с определенным числом особей торимуса с открытыми крышками вешивали в древостое и оставляли там, пока все наездники не покидали сосуд (рис. 3).

На пробных площадях до выпуска (в 2018 г.) и в год выпуска энтомофага (летом 2021 г.) проведен подсчет числа галлов на 1 пог. м ветви каштанов и соотношения на ветви числа галлов и общего числа листьев.

Предварительный учет зараженности личинок орехотворки паразитоидами после выпуска торимусов проведен в конце сезона 2021 г. На каждом пункте выпуска было вскрыто не менее 20 галлов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Случай с восточной каштановой орехотворкой, когда инвазия началась с территории двух особо охраняемых территорий, мог повторить историю с инвазией самшитовой огневки (*Neoglyphodes perspectalis* (Walker); Lepidoptera, Pyralidae, Crambidae). Этот инвайдер впервые появился на территории России в лесах с участием самшита (*Buxus sempervirens* ssp. *kolchica*) также в Сочинском национальном парке и в Кавказском заповеднике и стал причиной полного уничтожения самшита как древесного растения, формирующего своеобразные лесные сообщест-

ва на территории его произрастания (Гниненко и др., 2014; Карпун и др., 2014; Щуров, 2014 и др.). Невозможность проведения мер по предотвращению развития ситуации в подобном направлении была предопределена тремя факторами:

- высокой скоростью распространения и высоким уровнем вредоносности огневки – впервые ее выявили на завезенных саженцах в 2012 г., а уже в 2014–2015 гг. она уничтожила почти все самшитники;

- непониманием опасности большей частью специалистов, многие из которых считали, что появилась новая красивая бабочка и нет нужды делать что-то срочное для ограничения ее распространения;

- отсутствием нормативной базы для проведения мер по уничтожению вселенца, поскольку, появившись на территории ООПТ, инвайдер по факту становится объектом охраны, а вовсе не борьбы с ним.

При появлении восточной каштановой орехотворки встал вопрос о правомерности проведения мер защиты от нее на территориях Сочинского национального парка и Кавказского заповедника.

Первоначально среди практических работников ООПТ возобладаало мнение о том, что п. 2 ст. 15 действующего Федерального закона № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (1995) запрещал интродукцию энтомофагов на территорию ООПТ. В этом пункте записано, что «запрещается любая деятельность, которая может нанести ущерб природным комплексам и объектам растительного и животного мира, в том числе интродукция живых организмов в целях их акклиматизации». Когда стало ясно, что никакими мерами не остановить вред, который наносит восточная каштановая орехотворка каштану посевному, на совещании, которое провел в Сочи в феврале 2021 г. министр природных ресурсов и экологии РФ А. А. Козлов, было принято во внимание, что все страны, куда проникла орехотворка, интродуцировали торимуса и добились полного прекращения вреда от галлообразователя. Однако в России это сделать было невозможно, поскольку формулировки в Федеральном законе «Об особо охраняемых природных территориях» (1995) допускали различное их трактование. Выяснилось, что МПР имеет право толковать и разъяснять формулировки федеральных законов, и эти толкования становятся основой для правоприменительной практики.

В результате уже в марте 2021 г. Министерством природных ресурсов и экологии РФ было выпущено «Разъяснение о возможности использования энтомофагов для борьбы с инвазивными организмами на ООПТ» (2021), разосланное всем заинтересованным организациям, что открыло возможность провести целенаправленную интродукцию торимуса.

Этим разъяснением установлено, что «обоснованием применения энтомофага на особо охраняемой природной территории должно быть:

- заключение специализированной научной организации об отсутствии отрицательного влияния применяемого энтомофага на окружающую среду и экосистему особо охраняемой природной территории;

- обоснование специализированной научной организации отсутствия иных способов борьбы с инвазивными видами на территории ООПТ, которые могут поражать объекты растительного мира, редких, ценных, находящихся под угрозой исчезновения и занесенных в Красную книгу РФ (2008) и Красные книги субъектов РФ.

Понимая, что без завоза торимуса невозможно решить проблему защиты каштана от орехотворки, нами за год перед началом работ по интродукции торимуса проведен анализ экологического риска завоза этого энтомофага на территорию России. Основанный на биологии энтомофага и большом зарубежном опыте проведения подобных работ, анализ показал, что интродукция торимуса в места инвазии восточной каштановой орехотворки сократит до хозяйственно незначительного уровня ущерб от инвайдера, это улучшит состояние каштана, позволит начать восстановление каштановых древостоев на Кавказе и не несет каких-либо неблагоприятных экологических последствий (Гниненко, 2020).

Результаты учетов плотности заселения каштанов галлами орехотворки летом 2018 и 2021 гг. приведены в табл. 2.

Учеты также показали, что в 2018 г. в среднем 1 галл приходился на 5.8 здоровых листьев, а в 2021 г. 1 галл приходился в разных пунктах на 5.7–22.0 листа. В конце лета 2018 г. было проведено изучение паразитированности орехотворки местными паразитоидами. Проведенный анализ показал, что доля паразитированных особей невелика (табл. 3).

Местным паразитоидом оказался *Eupelmus* sp., который, по-видимому, перешел на каштановую орехотворку с галлообразователей, связан-

Таблица 2. Сравнительная заселенность каштана галлами орехотворки

Лесничество	Среднее число			Соотношение галлов и здоровых листьев
	здоровых листьев, шт./ветвь	учтенных галлов, шт./пог. м ветви	галлов, шт./лист	
2018 г.				
Дагомысское	35.0 ± 7.5	9.0 ± 2.5	0.26	1/3.8
2021 г.				
Марьинское	23.9 ± 2.9	4.2 ± 1.7	0.18	1/5.7
Головинское	23.2 ± 1.7	3.0 ± 1.6	0.13	1/7.7
Дагомысское	22.0 ± 8.8	1.0 ± 1.0	0.04	1/22.0

Таблица 3. Состояние орехотворки в галлах в районе пос. Солох-аул в августе 2018 г.

Общее число проанализированных галлов, шт.	Число колыбелек в 1 галле, шт.			Состояние орехотворки, % от общего числа особей в галле		
	min	среднее	max	здоровые	паразитированные	погибшие от прочих причин
194	1	3.8 ± 0.2	13	80.8	10.8	8.4

Таблица 4. Результаты выпуска торимуса в древостои с участием каштана посевного на территории ООПТ

Место выпуска, лесничество	Квартал	Выдел	Доля паразитированных особей орехотворок в галле, %
<i>Сочинский национальный парк</i>			
Дагомысское	37	16	40.0
	33	15	9.2
	37	1	2.3
	37	14	9.6
Марьинское	72	10	30.5
	68	36	6.1
	66	8	15.0
	68	19	1.7
<i>Кавказский государственный природный биосферный заповедник им. Х. Г. Шапошникова</i>			
Западное	8	47	11.9
	8	55, пункт 1	2.5
	8	55, пункт 2	4.4
Сочинский заказник	17	44	25.9
Южное	30	38	71.4

ных с дубом (*Quercus* L.; Fagaceae). Повторные сборы осенью 2020 г., за год до выпуска, не показали наличия в галлах паразитированных особей галлообразователя.

По осенним 2021 г. сборам галлов, проведенным в каждом месте выпуска, установлена степень паразитирования отдельных личинок орехотворки внутри галла. Она сильно варьировала как между местообитаниями, так и между отдельными галлами внутри выборки из каждого местообитания (табл. 4).

Исходя из факта отсутствия паразитоидов в галлах учетов 2020 г., можно с высокой долей

вероятности предположить, что найденные в галлах в 2021 г. личинки паразитоидов принадлежат торимусу.

Таким образом, в настоящее время, несмотря на то что учеты осенью 2021 г. показали присутствие торимуса в местах его выпуска, пока преждевременно с уверенностью говорить об успешности проведенной интродукции. Только по результатам учетов, которые будут выполнены в течение 2022 г. и, что особенно важно, весной 2023 г. можно будет обоснованно судить о том, смог ли торимус успешно натурализоваться в новых для него местах обитания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2021 г. впервые в практике защиты леса в России проведена интродукция на территорию ООПТ биологического агента контроля насекомого-вредителя. В Сочинский национальный парк и в Кавказский государственный природный биосферный заповедник им. Х. Г. Шапошникова был выпущен торимус – специализированный энтомофаг восточной каштановой орехотворки, инвазивного вредителя каштана посевного. Первые результаты показали вероятную успешность интродукции, но необходимо с 2022 г. вести специальные исследования, которые позволят точно установить, насколько успешно этот наездник адаптировался к климатическим условиям новых для него мест обитания. Также важно отследить, как этот энтомофаг будет влиять на численность орехотворки.

Исследования проведены в рамках выполнения работ по государственному контракту Кавказского заповедника № 0318100008221000143 от 23.11.2022 г. и по договору с Сочинским национальным парком № ЮГ- 7/21 от 27.07.2021 г.

Авторы выражают свою искреннюю благодарность доктору Ambra Quacchia из компании Greenwood Service S.R.L. (Италия) за сбор биоматериала в Италии и его отправку в Россию, а также заместителю директора Сочинского национального парка Б. С. Туниеву, лесопатологу М. Е. Лянгузову, заместителю директора Кавказского государственного природного биосферного заповедника им. Х. Г. Шапошникова Н. Б. Ескину и всем работникам этих учреждений за помощь в проведении работ по интродукции торимуса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гниненко Ю. И. Анализ экологического риска *Torymus sinensis* – специализированного паразитоида восточной каштановой орехотворки *Dryocosmus kuriphilus* // Фитосанитария. Карантин растений. 2020. № 3. С. 41–51.

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.

Государственный доклад о состоянии и использовании лесных ресурсов Российской Федерации в 2003 г. М.: МПР РФ, 2004. 118 с.

Карпун Н. Н., Игнатова Е. А., Журавлева Е. Н. Новые виды вредной энтомофауны на декоративных древесных растениях во влажных субтропиках Краснодарского края // VIII Чтения памяти О. А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений России:

Материалы Междунар. конф., Санкт-Петербург, 18–20 ноября 2014 г. СПб: СПбГЛТУ, 2014. С. 36.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.

Лянгузов М. Е. Состояние древостоев каштана посевного *Castanea sativa* Mill. в лесах Северного Кавказа // Бюл. № 5 Постоянной комиссии по биол. защите леса «Биологическая защита леса: проблемы и задачи развития». Пушкино: МОББ ВПРС, 2005. С. 39–41.

Разъяснение о возможности использования энтомофагов для борьбы с инвазивными организмами на ООПТ. Письмо Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 19.03.2021 № 01-15-53/7201. М.: МПР РФ, 2021.

Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 № 33-ФЗ (с изм. на 28 июня 2022 г.). М., 1995.

Ширяева Н. Д., Гаришина Т. Д., Пиньковский М. Д. Фитосанитарное состояние каштановых лесов Северного Кавказа, мероприятия по их оздоровлению и восстановлению. Сочи: НИИгорлескол, 2004. 50 с.

Щуров В. И. Самшитовая огневка *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) на российском Кавказе – хроника трех лет инвазии // VIII Чтения памяти О. А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений России: Материалы Междунар. конф., Санкт-Петербург, 18–20 ноября 2014 г. СПб: СПбГЛТУ, 2014. С. 99–100.

Aebi A., Schönrogge K., Melika G., Alma A., Bosio G., Quacchia A., Picciau L., Abe Y., Moriya S., Yara K., Seljak G., Stone G. N. Parasitoid recruitment to the globally invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* // Galling arthropods and their associates. Ecology and evolution / K. Ozaki, J. Yukawa, T. Ohgushi, P. W. Price (Eds.). Springer Tokyo, 2006. P. 103–122.

Anagnostakis S. L. Chestnut research in Connecticut: breeding and biological control // Acta Horticult. 1999. V. 494. Iss. 59. P. 391–394.

Brussino G., Bosio G., Baudino M., Giordano R., Ramello F., Melika G. Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo // L'Inform. Agr. 2002. V. 37. P. 59–62 (in Italian).

Csóka G., Wittmann F., Melika G. Aszelídesztereny gubacs-darázs (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu 1951) megjelenése Magyarországon // Növényvédelem. 2009. V. 45. N. 7. P. 359–360 (in Hungarian).

Graziosi I., Santi F. Chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*): spreading in Italy and new records in Bologna province // Bull. Insectol. 2008. V. 61. N. 2. P. 343–348.

Jurc M., Bojovic S., Jurc D. Non-native insects in urban and forest areas of Slovenia and the introduction of *Torymus sinensis* with *Dryocosmus kuriphilus* // Open J. For. 2017. V. 7. N. 4. P. 416–427.

Kamijo K. Pteromalid wasps (Hymenoptera) reared from cynipid galls on oak and chestnut in Japan, with descriptions of four new species // Kontyu. 1981. V. 49. N. 2. P. 272–282.

Kos K., Kriston É., Melika G. Invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), its native parasitoid community and association with oak gall wasps in Slovenia // Europ. J. Entomol. 2015. V. 112. N. 4. P. 698–704.

Matošević D., Quacchia A., Kriston É., Melika G. Biological control of the invasive *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) – an overview and the first trials in Croatia // South-East Europ. For. 2014. V. 5. N. 1. P. 3–12.

- Melika G., Bozsó M., Schwéger Sz., Krocso G., Juhász E., Kriston É., Krizbai L. Biological control of the invasive *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in Hungary // Hung. Agr. Res. 2017. V. 26. N. 4. P. 16–23.
- Moriya S., Inoue K., Mabuchi M. The use of *Torymus sinensis* (Hymenoptera, Torymidae) for controlling the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Japan // FFTC-NARC Int. Sem. The use of parasitoids and predators to control agricultural pests. 1990. P. 21.
- Paik U. Pure black chestnut tree wasp // A study of the noxious insect pests harmful to crops and trees in our country. Hyang-Moon-Sa, Seoul, Korea. 1963. P. 391–392.
- Payne J. A., Menke A. S., Schroeder P. M. *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), an oriental chestnut gall wasp in North America. U.S. Dpt. Agr. Coop. Econ. Insect. Rep. 1975. N. 25 (49–52). P. 903–905.
- Seljak G. An overview of the current knowledge of jumping plant-lice of Slovenia (Hemiptera: Psyllodea) // Acta Entomol. Sloven. 2006. V. 14. N. 1. P. 11–34.

EXPERIENCE OF INTRODUCING THE TORYMID WASP AS THE SPECIALIZED PARASITOID AGAINST THE INVASIVE CHESTNUT GALL WASP IN RUSSIA

Yu. I. Gninenko¹, A. G. Rakov¹, A. Yu. Gninenko¹, R. I. Gimranov¹, U. A. Chernova¹, E. A. Chilakhsaeva¹, N. V. Shiryaeva²

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: gninenko-yuri@mail.ru, rakoff.dom@mail.ru, gninenkoaj@vniilm.ru, r.i.gimranov@yandex.ru, uliana_vasilieva@mail.ru, kchilakhsaeva@yandex.ru, natshir@bk.ru

The chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu; Hymenoptera: Cynipidae) was first found in forests with the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.; Fagaceae) in the area of Sochi, where it became the worst pest of chestnut. By now, the chestnut gall wasp has spread to all territories in which the sweet chestnut grows in the Krasnodar Krai. Besides, the condition of chestnut orchards and forests in this region for a long time cannot be considered satisfactory to chestnut due to the development of cryphonectric necrosis (*Cryphonectria parasitica* (Murrill) M. E. Barr) is causative agent of the disease). Control measures against the chestnut gall wasp have not been developed. A treat with pesticides are generally not effective because the chestnut gall wasp take cover inside the galls. And also pesticides can hurt honey bees and other beneficial insects. Moreover, pesticides use unacceptable in specially protected natural territories (SPNT), as well as near rivers, streams and settlements. The use of trunk injections is also impossible because the chemicals can make localize into the honey and nuts. To control the density of this phytophagous insect, the torymid wasp (*Torymus sinensis* Kamijo; Hymenoptera: Torymidae), which is its effective specialized parasitoid, was introduced. This entomophage is used as an agent of biological pest control against the gall wasp in countries where entered earlier. The introduction of the torymid wasp allowed to significantly reduce the pest's population density, at the same time it did not harm natural ecosystems. This is the first case in the history of Russia of targeted introduction of a biological pest control agent into SPNT. The article describes the process of making an official decision, logistics and preliminary results of the introduction of a parasitoid in the territory of the Sochi National Park and the H. G. Shaposhnikov Caucasian State Natural Biosphere Reserve.

Keywords: sweet chestnut, *Torymus sinensis* Kamijo, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, biological forest protection in specially protected natural territories, Sochi National Park, Caucasian Biosphere Reserve, Krasnodar Krai.

How to cite: Gninenko Yu. I., Rakov A. G., Gninenko A. Yu., Gimranov R. I., Chernova U. A., Chilakhsaeva E. A., Shiryaeva N. V. Experience of introducing the torymid wasp *Torymus sinensis* Kamijo as the specialized parasitoid against the invasive chestnut gall wasp in Russia // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 111–118 (in Russian with English abstract).

ХРОНИКА

УДК 630*4

ТРЕТЬЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «МОНИТОРИНГ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ВРЕДИТЕЛЕЙ И ПАТОГЕНОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ», 11–15 АПРЕЛЯ 2022 г., МОСКВА

Ю. Н. Баранчиков¹, Л. Г. Серая²

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 обл., Одинцовский р-н, р. п. Большие Вяземы, ул. Институт, владение 5

E-mail: baranchikov_yuri@yahoo.com, lgseraya@gmail.com

Поступила в редакцию 21.11.2022 г.

Представлен обзор и основное содержание докладов Третьей Всероссийской конференции с международным участием «Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике», состоявшейся 11–15 апреля 2022 г. в Москве.

Ключевые слова: Всероссийская конференция, контроль вредителей и патогенов древесных растений.

DOI: 10.15372/SJFS20230111

Первое десятилетие текущего века в России ознаменовано резким увеличением конгрессной активности лесных энтомологов и фитопатологов. Так, в 2007 г. на базе Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета (СПбГЛТУ, г. Санкт-Петербург) стартовала международная конференция «Чтения памяти О. А. Катаева», по сей день самое крупное по числу участников периодическое научное мероприятие по защите леса в Российской Федерации. Последние, XII чтения, прошли в августе 2022 г. в Москве в рамках XVI съезда Русского энтомологического общества. Следом стартовали (с 2008 г.) Чтения памяти А. И. Ильинского во Всероссийском НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ, Пушкино, Московская обл., далее МО) и (с 2009 г.), Чтения памяти А. И. Воронцова в Московском государственном университете леса (МГУЛ, Мытищи, МО). К сожалению, последние после 2011 г. бо-

лее не возобновлялись, в то время как ВНИИЛМ продолжает проводить свои мероприятия, имеющие сугубо камерный характер, каждые 4 года.

Лесные фитопатологи периодически встречаются на международной конференции «Проблемы лесной фитопатологии и микологии», последняя (XI) из которых прошла в 2022 г. в Петрозаводске и на лесной секции Съезда микологов России (последний, V съезд прошел в октябре 2022 г. в Москве). С 2018 г. фитопатологические проблемы древесных растений обсуждаются и на ежегодной конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты продовольственной безопасности» в рамках Международного военно-технического форума «АРМИЯ». Большой популярностью пользуется ежегодный семинар «Вопросы организации борьбы с опасными вредными организмами древесных растений на урбанизированных территориях», который с 2014 г. проводят ВНИИЛМ,

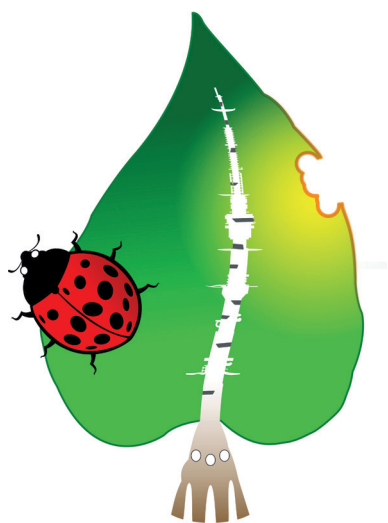


Рис. 1. Логотип конференций «Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике».

Ключевые слова при его создании: вредители и патогены древесных растений, Россия, Москва, Главный ботанический сад РАН. Останкинская телевышка, знаковый элемент московского ландшафта, отлично видный с любого места территории ГБС, стилизована на логотипе под ствол березы – самой распространенной породы в России.

Всероссийский НИИ фитопатологии (ВНИИФ, Большие Вяземы, МО) и Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН (ГБС РАН, Москва).

На этом фоне свою значимую «экологическую нишу» с 2016 г. занимает Всероссийская конференция с международным участием «Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от

теории к практике» (рис. 1), которую проводят четыре организации: Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (ИЛ СО РАН, Красноярск), ВНИИФ, ГБС РАН, и ВНИИЛМ. Конференция традиционно проходит в Москве на базе ГБС РАН. Ее основные направления включают:

- мониторинг состояния древесных растений – морфофизиологические и инструментальные подходы;
- идентификацию патогенов и вредителей древесных растений: от классических определителей до интернет-технологий и молекулярной генетики;
- биотехнологические подходы к повышению устойчивости древесных растений к болезням и вредителям;
- использование биоагентов и веществ биогенного происхождения для контроля вредных организмов: реалии, возможности и перспективы;
- методы мониторинга популяций и модификации поведения насекомых-фитофагов.

Третья конференция состоялась 11–15 апреля 2022 г. и собрала 154 участника из 5 стран, 32 городов и 52 учреждений (рис. 2).

Кроме институтов Российской академии наук и Национальной академии наук Белоруссии в работе конференции в очном и дистанционном режимах принимали участие высшие учебные заведения России, Армении, Белоруссии, Украины и Сербии, подведомственные учреждения Рослесхоза и Россельхознадзора, Минприроды, ряд государственных и частных компаний.



Рис. 2. Участники пленарного заседания конференции. Большая их часть присутствует дистанционно – на экране (фото С. А. Сенатора).



Рис. 3. Материалы Первой (2016 г.), Второй (2019 г.) и Третьей (2022 г.) конференций.

Кроме институтов-организаторов проведение конференции было поддержано спонсорами: НПСА «Здоровый лес», ООО «Верум-Агро», ООО «Русмедторг» и Центром защиты растений «Гартенбург». На интернет-странице конференции (http://forest.akadem.ru/Konf/2022/IF/IF_2022.html) помещена ее программа и 160-страничный том материалов (рис. 3).

В ходе пленарного заседания Ю. И. Гниненко (ВНИИЛМ, Пушкино Московская область) проанализировал состояние технологического прогресса в защите леса; А. В. Селиховкин (СПбГЛТУ, Санкт-Петербург) остановился на недостатках современных санитарно-оздоровительных мероприятий в лесах РФ; И. В. Митрофанова с соавторами (Главный ботанический сад РАН (ГБС РАН), Москва) осветила современные геномные технологии в диагностике фитопатогенных вирусов; Н. И. Кириченко (ИЛ СО РАН, Красноярск) с соавт. рассмотрели системы предотвращения инвазий лесных насекомых; Н. Н. Карпун с соавторами (Субтропический научный центр РАН (СНЦ РАН), Сочи) рассказали о роли посадочного материала в инвазии фитофагов; Б. А. Борисов с соавт. (ООО «АгроБио Технология», Москва) и В. Б. Звягинцев (Белорусский государственный технологический университет (БГТУ), Минск, Беларусь) доложили соответственно о примерах использования энтомопатогенных грибов в контроле насекомых-инвайдеров и об использовании агродронов в защите древесных растений.

В ходе работы секции «Хозяйственно важные беспозвоночные-дендрофаги и механизмы

устойчивости древесных растений» были представлены доклады о локальных фаунах и биологических особенностях паутиных клещей (Tetranychidae) (И. О. Камаев, Всероссийский НИИ карантина, Быково, МО), возбудителей вилта ясеней (*Fraxinus* L.) (Г. Б. Колганихина и др., Институт лесоведения РАН (ИЛ РАН), с. Успенское, МО), трипсов (Thysanoptera) (В. И. Рожина и др., Калининградская межобластная ветеринарная лаборатория (КМВЛ), Калининград и Е. В. Устюгова и др., ООО «Агропрогресс», Краснодар).

Важность учета особенностей экологии отдельных видов вредителей была раскрыта на примере листовенной почковой галлицы (*Dasineura rozhkovi* Mam. et Nik.) (Ю. Н. Баранчиков и Г. А. Авраменко, ИЛ СО РАН, Красноярск), сосновой пяденицы (*Bupalus piniaria* Linnaeus) (Д. А. Демидко и др., СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск), самшитовой огневки (*Cydalima perspectalis* (Walker)) (А. М. Дротикина и др., КМВЛ, Калининград) и азиатской огневки (*Haritalodes derogata* (Fabricius)) (Е. Н. Журавлена, Н. Н. Карпун (СНЦ РАН, Сочи), а также охридского минера (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic) (Н. И. Кириченко и др., ИЛ СО РАН, Красноярск и О. Б. Ткаченко и др., ГБС РАН, Москва), коричнево-мраморного клопа (*Halyomorpha halys* (Stål)) (Е. И. Шошина и др., СНЦ РАН, Сочи и И. М. Митюшев, РГАУ, МСХА, Москва) и агрессивных короедов (Scolytinae) лиственных пород (А. В. Петров, ИЛ РАН, Успенское МО).

Секция «Мониторинг состояния древесных растений – морфофизиологические и инструментальные подходы» объединила доклады об успехах и недостатках мониторинга нового для Сибири инвайдера – союзного короеда (*Ips amitinus* (Eichhoff)) (С. А. Кривец и И. А. Керчев, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (ИМКЭС СО РАН), Томск), мониторинге состояния спелых древостоев сосны (*Pinus* L.) (А. Г. Молчанов, ИЛ РАН, Успенское МО) и компенсационных посадок самшита колхидского (*Buxus colchica* Rojark.) (Е. Б. Спивакова, Сочинский национальный парк, Сочи), об использовании прироста ранней древесины для оценки состояния дуба (*Quercus* L.) (Н. Ф. Каплина, ИЛ РАН, Успенское, МО). В. Г. Суховольский и др. (ИЛ СО РАН, Красноярск) рассказали о фрактальной структуре очагов вредителей, А. В. Ковалев (ИЛ СО РАН, Красноярск) оценил риски возникновения очагов вредителей с помощью дистанци-

онных методов, а Е. И. Федченко и др. (ВНИИФ, Б. Вяземы, МО) представили фитопатологический анализ урбанизированной среды Вологды. Наконец, Н. В. Вендило и др. («Щелково Агрохим», Щелково, МО) рассказали о перспективах феромонного мониторинга средиземноморского соснового лубоеда (*Tomicus destruens* (Wollaston)), а В. Н. Колобов и Н. И. Лямцев (ВНИИЛМ, Пушкино, МО) проанализировали состояние популяций короеда-типографа (*Ips typographus* Linnaeus) в Подмоскowie.

На секции «Фитопатогены и механизмы устойчивости древесных растений» обсуждался состав ксилотрофных грибов кедровников (Э. М. Бисирова, ИМКЭС СО РАН, Томск), фитоплазм на древесных растениях России (Т. Б. Кастальева и др., ВНИИФ, Б. Вяземы, МО), грибов и насекомых в Летнем саду (Е. А. Жукова, Русский музей, Санкт-Петербург), фитотрофных микромицетов Детского парка (И. Б. Просянникова, Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь), микобиоты винограда (*Vitis* L.) в Екатеринбурге (А. Г. Ширяев и др., Институт экологии растений и животных УрНЦ РАН, Екатеринбург). Вопросы мониторинга микобиоты были рассмотрены на примере фитопатогенов на роде слива (*Prunus* L.) (Т. С. Булгаков, СНЦ, Сочи), выделения стадий ксилоза древесины хвойных (С. Э. Некляев, ВНИИФ, Б. Вяземы, МО), острого ослабления дуба в Беларуси (А. А. Сазонов и др., БГТУ, Минск, Беларусь), очагах соснового вертуна (*Melampsora pinitorqua* Rostr.) в Московской области (А. А. Шишкина, «Рослесозащита», Пушкино, МО), ржавчины на различных сортах груши (*Pyrus* L.) (О. О. Белошапкина и И. А. Фесюнин, РГАУ, МСХА, Москва).

Доклады секции «Использование биоагентов и веществ биогенного происхождения для контроля вредных организмов» касались методик использования паразитоидов: трихограммы в очагах звездного пилильщика-ткача (*Acantholyda posticalis* (Matsumura)) (Ю. И. Гниненко и др., ВНИИЛМ, Пушкино, МО), жука родолии (*Rodolia cardinalis* (Mulsant)) против австралийского желобчатого червеца (*Icerya purchasi* Maskell) (Н. М. Стрюкова, Южный филиал ВНИИКР – Всероссийского НИИ карантина, Симферополь), наездника-птеромалиды (*Metacolus unifasciatus* Forster) против кипарисовой радужной златки (*Lamprodila festiva* (Linnaeus)) в Сербии (М. Главендекич, Белградский университет, Белград, Сербия), а также энтомопатогенов: вирусов против непарного шелкопряда

(*Lymantria dispar* (Linnaeus)) (Ю. А. Сергеева и др., ВНИИЛМ, Пушкино, МО) и энтомопатогенных грибов (Н. Л. Севницкая, Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь). Рассмотрены также опыт использования биопрепаратов в борьбе с монилиозом (Е. А. Варфоломеева и А. В. Волчанская, Ботанический институт РАН, Санкт-Петербург), антагонистические свойства микробиоты растений-хозяев *Erwinia amylovora* в России (Н. В. Дренова и др., ВНИИКР, Быково, МО), морфофизиологический отклик саженцев в системе биологизированного земледелия (И. О. Иванова и др., ВНИИФ, Б. Вяземы, МО).

В стендовой секции конференции было представлено 25 докладов.

Во время научной экскурсии по древесным насаждениям Выставки достижений народного хозяйства были подробно обсуждены вопросы применения современных методов диагностики состояния древесных растений в условиях мегаполиса (сотрудники ООО «Доктор Лес», Москва), а также последствия применяемых на различных древесных породах типов обрезки (Л. К. Самсоненко, ВДНХ, Москва) (рис. 4).

По окончании конференции сотрудники ГБС РАН провели обзорную экскурсию по экспозициям Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН. В рамках школы молодых ученых были заслушаны лекции Г. Е. Лариной (ВНИИФ, Б. Вяземы, МО) «Качество почвы для жизнеспособности древесных растений» и «Засоление почвы как природное явление и результат агротехники», а также проведен практикум по визуальному и инструментальному контролю состояния деревьев (НПСА «Здоровый лес», Москва).

Конференция традиционно объединила усилия российских ученых из разных ведомств (РАН, Рослехоза и Минобразования), специалистов-практиков по защите древесных растений и приехавших в Москву ведущих зарубежных специалистов из Международной организации по биологической борьбе с вредными животными и растениями (IOBS EPRS).

Участники конференции констатировали, что вредители и патогены – ведущие факторы ухудшения состояния древесных растений в природных и искусственных экосистемах. Мониторинг и контроль популяций известных видов вредителей и возбудителей заболеваний, раннее обнаружение и точная идентификация новых вредоносных организмов, изучение путей их распространения и адаптации к древесным растениям и другие задачи требуют привлечения современных научных подходов. Важным



Рис. 4. В ходе научной экскурсии по территории ВДНХ В. В. Борисов (ООО «Доктор Лес») демонстрирует участникам конференции оборудование и приемы современной диагностики состояния деревьев (фото Ю. Н. Баранчикова).

трендом в современной защите растений является ограничение использования химических пестицидов и их замена биопрепаратами, организмами-агентами биологического контроля вредителей и патогенов, повышение устойчивости древесных растений.

Решение рассматриваемых вопросов соответствует современным международным трендам в совершенствовании защиты растений. Ее результаты послужат весомым вкладом в развитие отечественной и международной защиты растений, лесной энтомологии, энтомо- и фитопатологии.

Подводя итоги конференции, участники отметили:

- высокую значимость проводимых исследований по разработке и внедрению биологических методов защиты древесных растений для развития экономики России и экологической безопасности территорий;
- очевидный недостаток финансирования для модернизации приборной базы, проведения базовых поисковых исследований, притока новых квалифицированных кадров, содействия созданию малых инновационных предприятий,

обеспечивающих внедрение технологий в практику, дефицит стабильного спроса на инновации в области биометода в лесном и садово-парковом хозяйстве;

- необходимость дальнейшего развития сотрудничества, кооперации и координации при проведении фундаментальных и прикладных исследований;
- важность междисциплинарных, международных и межведомственных исследований в области биометода;
- необходимость более широкого вовлечения институтов РАН при активном участии Рослесхоза и других заинтересованных ведомств в разработку практических рекомендаций по совершенствованию мониторинга и защиты древесных растений от вредителей и патогенов;
- важность координации исследований академической и отраслевой науки в области биометода для более успешного внедрения достижений в практику лесного и садово-паркового хозяйства.

Следующая, четвертая конференция, намечена на апрель 2025 г.

THIRD ALL-RUSSIAN CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION «MONITORING AND BIOLOGICAL METHODS FOR CONTROLLING PESTS AND PATHOGENS OF WOODY PLANTS: FROM THEORY TO PRACTICE», 11–15 APRIL, 2022, MOSCOW

Yu. N. Baranchikov², L. G. Seraya²

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*

E-mail: baranchikov_yuri@yahoo.com, lgseraya@gmail.com

An overview and the main content of the reports of the Third All-Russian Conference with international participation «Monitoring and biological methods for controlling pests and pathogens of woody plants: from theory to practice», held on 11–15 April, 2022 in Moscow, are presented.

Keywords: *All-Russian conference, control of pests and pathogens of woody plants.*

How to cite: *Baranchikov Yu. N., Seraya L. G. Third All-Russian Conference with international participation «Monitoring and biological methods for controlling pests and pathogens of woody plants: from theory to practice», 11–15 April, 2022, Moscow // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 1. P. 119–124 (in Russian with English abstract).*

CONTENTS

<i>Yu. N. Baranchikov</i> Foreword From the Scientific Editor for Thematic Issue of the Siberian Journal of Forest Science	3
LETTERS TO THE EDITORS	
<i>E. A. Shilkina, V. V. Soldatov</i> Bacterial Wetwood in Conifers: to Cut or Preserve?	7
SUMMARIZING ARTICLE	
<i>S. E. Neklyayev, V. A. Lipatkin</i> The Initial Stage of Formation of the Forest Protection Science in Russia	10
CONTEMPORARY PROBLEMS OF FOREST PROTECTION	
<i>A. V. Selikhovkin</i> Normative-Legal Basis of Forest Protection and Its Efficiency in Regulation of Pest Population Density in Taiga Forests	29
<i>S. A. Krivets, I. A. Kerchev, E. M. Bisirova, N. A. Smirnov, E. N. Pats</i> Small Spruce Bark Beetle) as a New Challenge for Forest Protection in Siberia	43
METHODOLOGY OF THE STUDIES	
<i>N. V. Pashenova, L. G. Seraya, Yu. N. Baranchikov</i> Using Ash Leaf Cut-Offs in Studying the Fungus <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> Phytopathogenic Properties	58
EXPERIMENTAL ARTICLES	
<i>I. D. Grodnitskaya, V. A. Senashova, M. Yu. Trusova, O. E. Pashkeeva, Yu. N. Baranchikov</i> Composition and Phytopathogenic Properties of Bacteria Isolated from <i>Pinus sibirica</i> Du Tour Wood Affected by Bacterial Wetwood in the Baikal Region	70
<i>N. I. Kirichenko, M. A. Ryazanova, A. A. Efremenko</i> Trophic Associations and Harmfulness of Native and Alien Leaf Mining Moth Species in Siberia	85
<i>D. A. Demidko, A. A. Efremenko, Yu. N. Baranchikov</i> History of the Siberian Moth Outbreaks at the Eastern Foothills of Kuznetskiy Alatau Mountains: Dendrochronological Reconstruction	98
SHORT COMMUNICATION	
<i>Yu. I. Gninenko, A. G. Rakov, A. Yu. Gninenko, R. I. Gimranov, U. A. Chernova, E. A. Chilakhsaeva, N. V. Shiryayeva</i> Experience of Introducing the Torymid wasp as the Specialized Parasitoid Against the Invasive Chestnut Gall Wasp <i>Dryocosmus kuriphilus</i> Yasumatsu in Russia	111
CHRONICLE	
<i>Yu. N. Baranchikov, L. G. Seraya</i> Third All-Russian Conference with International Participation «Monitoring and Biological Methods for Controlling Pests and Pathogens of Woody Plants: from Theory to Practice», 11–15 April, 2022, Moscow	119
* IN MEMORIAM	
* <i>Yu. N. Baranchikov</i> Discovered America: in Memory of William (Bill) Wollner, a Forest Entomologist	

* Article is published in online edition.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ю. Н. Баранчиков</i> Предисловие научного редактора тематического номера «Сибирского лесного журнала»	3
ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ	
<i>Е. А. Шилкина, В. В. Солдатов</i> Бактериальная водянка хвойных: рубить нельзя сохранить?	7
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	
<i>С. Э. Некляев, В. А. Липаткин</i> Начальный этап становления науки о защите леса в России	10
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ЛЕСА	
<i>А. В. Селиховкин</i> Нормативно-правовая база лесозащиты и её результативность в регуляции плотности популяций вредителей в таежных лесах	29
<i>С. А. Кривец, И. А. Керчев, Э. М. Бисирова, Н. А. Смирнов, Е. Н. Пац</i> Союзный короед – новый вызов для лесозащиты в Сибири	43
МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	
<i>Н. В. Пашенова, Л. Г. Серая, Ю. Н. Баранчиков</i> Использование высечек из листьев ясеня для изучения фитопатогенных свойств гриба <i>Hymenoscyphus fraxineus</i>	58
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ	
<i>И. Д. Гродницкая, В. А. Сенашова, М. Ю. Трусова, О. Э. Пашикева, Ю. Н. Баранчиков</i> Состав и фитопатогенные свойства бактерий, выделенных из пораженной бактериальной водянкой древесины сосны сибирской в Прибайкалье	70
<i>Н. И. Кириченко, М. А. Рязанова, А. А. Ефременко</i> Трофические связи и вредоносность местных и чужеродных видов минирующих молей-пестрянок в Сибири	85
<i>Д. А. Демидко, А. А. Ефременко, Ю. Н. Баранчиков</i> История массовых размножений сибирского шелкопряда в восточных предгорьях Кузнецкого Алатау: дендрохронологическая реконструкция	98
КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ	
<i>Ю. И. Гниненко, А. Г. Раков, А. Ю. Гниненко, Р. И. Гимранов, У. А. Чернова, Е. А. Чилахсаева, Н. В. Ширяева</i> Опыт интродукции торимуса – специализированного паразитоида восточной каштановой орехотворки в России	111
ХРОНИКА	
<i>Ю. Н. Баранчиков, Л. Г. Серая</i> Третья Всероссийская конференция с международным участием «Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике», 11–15 апреля 2022 г., Москва	119
* ПАМЯТИ УЧЕНОГО	
<i>* Ю. Н. Баранчиков</i> Открыл Америке: памяти Уильяма (Билла) Воллнера – лесного энтомолога	

* Статья публикуется в сетевом издании.