

Насекомые, минирующие листья растений семейства ивовых (Salicaceae) в Сибири: распространение, трофические связи и вредоносность

Н. И. КИРИЧЕНКО^{1,2,3}, М. В. СКВОРЦОВА², В. М. ПЕТЬКО¹, М. Г. ПОНОМАРЕНКО^{4,5},
К. ЛОПЕЗ-ВААМОНДЕ^{3,6}

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН
ФИЦ “Красноярский научный центр СО РАН”
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28
E-mails: nkirichenko@yahoo.com, vladpetko@gmail.com

² Сибирский федеральный университет
660041, Красноярск, просп. Свободный, 79
E-mail: marina.skvorcova.95@mail.ru

³ Французский национальный институт сельскохозяйственных исследований ИНРА
F-45075 Орлеан, Франция, авеню Пом де пин 2163
E-mail: carlos.lopezvaamonde@inra.fr

⁴ Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
690022, Владивосток, просп. 100 лет Владивостоку, 159
E-mail: margp@biosoil.ru

⁵ Дальневосточный федеральный университет
690922, Владивосток, о. Русский

⁶ Институт исследований биологии насекомых, университет Тура Франсуа-Рабле,
Национальный центр научных исследований
37200, Тур, Франция Парк Грандмонт, просп. Монжа

Статья поступила 20.03.2018

Принята к печати 20.04.2018

АННОТАЦИЯ

Проведена оценка видового состава комплекса листовых минирующих насекомых, повреждающих ивы (*Salix* spp.) и тополя (*Populus* spp.) в Сибири. С учетом литературных данных комплекс насчитывает 50 видов минирующих насекомых из отрядов Lepidoptera (24 вида), Coleoptera (15), Diptera (6) и Hymenoptera (5). С помощью морфологических и молекулярно-генетических методов в проведенных сборах диагностировано 32 вида минеров (т. е. 64 % от всего списка), из которых 26 видов впервые

отмечены для ряда регионов Сибири, чаще всего по находкам в ботанических садах и парках. В результате исследований в Томской обл., Алтайском крае и Республике Тыва список насекомых, минирующих листья ивовых, увеличен в 2 и более раз. Впервые приводятся сведения о минирующих насекомых ивовых в Ханты-Мансийском автономном округе. Недавно описанная из Японии ивовая моль-пестрянка *Phyllocnistis gracilistylella* впервые обнаружена на территории России (по находке с юга Красноярского края) на новом кормовом растении – *Salix caprea*.

Восемь видов, среди которых пять видов молей – *Phyllocnistis labyrinthella*, *Ph. unipunctella*, *Phyllonorycter apparella*, *Ph. sagitella*, *Ph. populifoliella* (Gracillariidae), два вида жуков – *Zeugophora scutellaris* (Megalopodidae) и *Isochnus sequensi* (Curculionidae) и один вид пилильщиков – *Heterarthrus ochropoda* (Tenthredinidae), способны увеличивать численность и вредить тополям в урбоэкосистемах, ботанических садах и лесопитомниках Сибири, реже в лесах.

Сорок пять из 50 видов насекомых, минирующих ивы и тополя в Сибири, также известны в Центральной и Восточной Европе. Прочие пять видов (*Phyllocnistis gracilistylella*, *Phyllonorycter sibirica*, *Heterarthrus fasciatus*, *Tachyerges dauricus*, *Isochnus arcticus*) отмечены только в Азии. По видовому составу семейства молей-пестрянок Gracillariidae, наиболее богатому на ивовых, Сибирь на 80 % близка к европейской части России и на 71 % к Российскому Дальнему Востоку. В статье затрагивается вопрос о сходстве фаун минирующих насекомых этих регионов и отмечается важность применения интегративного подхода, сочетающего экологические, морфологические и молекулярно-генетические методы для изучения фауны насекомых в малоизученных регионах азиатской части России.

Ключевые слова: минирующие насекомые, ДНК-баркодинг, распространение, региональные находки, вредители, *Salix*, *Populus*, Сибирь.

Среди представителей семейства ивовых (Salicaceae) на территории Сибири естественное распространение имеют представители трех родов – тополь *Populus*, ива *Salix* и чозения *Chosenia* [Коропачинский, Встовская, 2012]. Последний род монотипный, представлен чозенией толокнянколистной (*C. arbutifolia* Pall.), которая имеет ограниченный естественный ареал в Восточной Сибири [Коропачинский, Встовская, 2012]. Представители первых двух родов отличаются значительным видовым разнообразием, встречаются в Сибири практически повсеместно, имеют важное экологическое и хозяйственное значение [Черепанов, 1995; Коропачинский, Встовская, 2012] и служат трофической нишей для значительного числа видов насекомых, многие из которых способны наращивать численность и вредить [Вредители леса, 1955; Миняйло, Миняйло, 1965].

Ива – самый крупный род семейства, виды которого представлены различными жизненными формами – деревьями, кустарниками или кустарничками; многие из них тяготеют к влажным местообитаниям [Коропачинский, Встовская, 2012]. В Сибири отмечено 79 видов ив, среди которых наибольшее распространение имеют ивы козья *S. caprea* L., пепельная *S. cinerea* L. и прутовидная *S. viminalis* L. [Коропачинский, Встовская, 2012]. Род тополь представлен исключительно деревьями. В Сибири известно восемь видов тополей [Коропачинский, Встовская,

2012]. Среди них тополь дрожащий, или осина *P. tremula* L. является лесообразующей породой, входящей в состав лиственных, хвойных или смешанных лесов; на гарях и вырубках образует чистые насаждения – осинники [Коропачинский, Встовская, 2012]. Тополь белый *P. alba* L. в Западной Сибири образует пойменные леса – белотопольники [Бакулин и др., 2008]. Здесь также встречаются тополь черный *P. nigra* L. [Бакулин, 2007], душистый *P. suaveolens* Fisch. и лавролистный *P. laurifolia* Ledeb. [Бакулин, 2004, 2010]. Тополь бальзамический *P. balsamifera* L. – интродуцент из Северной Америки, натурализовался в Сибири и образует здесь гибриды с местными видами тополей [Скворцов, 2007; Бакулин и др., 2008].

Благодаря способности ив и тополей к быстрому росту и вегетативному размножению их используют в защитном лесоразведении [Коропачинский, Лоскутов, 2014]. Высокая пыле-, дымо- и газостойчивость, а также декоративность растений этих родов позволяет успешно применять их для озеленения населенных пунктов [Бакулин и др., 2008; Коропачинский, Лоскутов, 2014]. Тополя культивируют для бумажного, фанерного и спичечного производства, а также для получения биотоплива [Коропачинский, Встовская, 2012]. Ивы используют для ремесленных работ, а также в качестве источника дубильных, красящих веществ и салициловой кислоты [Коропачинский, Встовская, 2012].

Изучению видового состава и экологии насекомых – вредителей ивовых посвящено огромное количество работ. Только по вредителям тополей в регионах России и стран ближнего зарубежья за период с 1883–1964 гг. опубликовано более 500 работ [Миняйло А. К., Миняйло В. А., 1965]. В Сибири ивовые повреждаются широким спектром видов насекомых, включая филлофагов – потребителей листьев. Исключительно на осине здесь известно около 100 видов чешуекрылых (Lepidoptera), развивающихся на листьях [Яновский, 2003а, б]. В Иркутской обл. на саженцах ив и тополей в лесопитомниках выявлено 55 видов насекомых [Томилова, 1977]. Схожее количество видов отмечено на этих породах в природных и городских экосистемах Кемеровской обл. [Баранник, 1981]. В г. Красноярск на ивовых в парках и скверах в совокупности обнаружено 106 видов насекомых [Тарасова и др., 2004]. При этом на тополя и ивы здесь приходилось 63 % от общего числа видов, отмеченных на кустарниково-древесной растительности. Во всех случаях отмечено преобладание группы насекомых-филлофагов [Томилова, 1977; Баранник, 1981; Тарасова и др., 2004].

Личинки минирующих насекомых, развивающиеся на ивах и тополях, ведут скрытый образ жизни – живут и питаются в хлорофиллоносных тканях. Подавляющее их большинство минируют листья, единичные виды – черешки листьев и молодые побеги растений [Hering, 1951]. Мины прокладывают гусеницы некоторых чешуекрылых, личинки ряда жуков, пилильщиков и мух [Hering, 1951; Ellis, 2018]. Как правило, такие насекомые имеют миниатюрные размеры, обусловленные особенностями образа жизни, и при низкой численности не оказывают заметного воздействия на растения [Connor, Taverner, 1997]. Тем не менее некоторые виды способны размножаться в массе, что нередко приводит к преждевременному сбросу листвы растениями, их ослаблению и повышению восприимчивости к различным инфекциям [Salleo et al., 2003; Langor et al., 2014]. Отдельные виды наносят существенный ущерб древесным насаждениям в искусственных и природных экосистемах [Kirichenko et al., 2018].

В статье обобщены сведения по распространению и трофическим связям малоизученной экологической группы листовых минирующих насекомых на ивах и тополях в Сибири. Рассмотрены представители из отрядов Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Diptera, чьи личинки стационарно обитают в минах на протяжении большей или всей части своего развития. В работе не учтены чехлоноски (Lepidoptera: Coleophoridae), гусеницы которых покидают мины в начале развития и продолжают питаться, передвигаясь по листьям в чехликах, а также видо-ксенофаги [Hering, 1951], для которых ивовые не известны в качестве кормовых растений, но на которых они в исключительных случаях могут встречаться. Помимо анализа литературных данных приводятся результаты личных сборов и наблюдений, позволивших уточнить видовой состав (в том числе с применением ДНК-баркодинга), ареал, кормовые растения и хозяйственную значимость минирующих насекомых в сибирских регионах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Регион исследования. Исследования осуществлялись в мае – сентябре 2008–2017 гг. в 14 административных регионах Сибири в диапазоне геокоординат 65–113° в. д., 50–62° с. ш. – от Тюменской обл. на западе до Забайкальского края на востоке и от Ханты-Мансийского автономного округа (ХМ АО) на севере до Республики Алтай на юге (рис. 1). Основными полигонами сбора материала являлись ботанические сады, парки, аллеи и прочие городские насаждения центральных городов административных регионов (см. рис. 1). В ряде случаев обследовались также насаждения пригородной и лесной зоны. В Новосибирской обл. и Красноярском крае сборы осуществлялись каждый сезон в мае – сентябре на протяжении 10 лет. Основными пунктами исследований в этих регионах являлись – дендрарий Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (г. Новосибирск) и дендрарий Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (г. Красноярск). В прочих регионах (ХМ АО, Тюменская, Омская, Томская области, Алтайский край, Республика Ал-



Рис. 1. Административные регионы Сибири, в которых проводился сбор образцов минерирующих насекомых в 2008–2017 гг. Во врезке в левом верхнем углу на карте России серым цветом обозначен полигон исследования. Точки сборов: 1 – г. Тюмень, Затюменский парк; 2 – г. Тобольск, парк Ермака; 3 – г. Омск, парк Победы; 4 – г. Сургут, парк Энергетиков; 5 – там же, зона Сургутского государственного университета; 6 – там же, парк Кедровый лог; 7 – Томская обл., научный стационар Кедр; 8 – г. Томск, Сибирский ботанический сад ТГУ; 9 – там же, Лагерный сад; 10 – там же, экспериментальный участок Сибирского ботанического сада ТГУ; 11 – г. Новосибирск, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН; 12 – г. Барнаул, Змеиногорский тракт, ленточный сосновый бор, 13 – там же, Изумрудный парк; 14 – там же, проспект Красноармейский; 15 – Чуйский тракт, перевал Чике-Таман; 16 – г. Кемерово, парк Антошка; 17 – с. Кузедеево, Кузедеевская липовая роща; 18 – окрестности пос. Ширы, 19 – г. Абакан, Центральный парк культуры и отдыха; 20 – г. Сосновоборск, окраина города, 21 – г. Красноярск, дендрарий ИЛ СО РАН и примыкающая лесная зона; 22 – станция Тростенцово, пригородный лес; 23 – пос. Танзыбей, лес; 24 – г. Кызыл, набережная р. Енисей; 25 – там же, Ботанический сад Тувинского государственного университета; 26 – г. Шелехов, центр города; 27 – г. Иркутск, Ботанический сад Иркутского государственного университета; 28 – г. Улан-Удэ, железнодорожный р-н; 29 – г. Чита, парк Победы

тай, Кемеровская обл., Республики Хакасия и Тыва, Иркутская обл., Республика Бурятия, Забайкальский край) сборы осуществлялись 1–3 раза в июне – августе за указанный период.

Регион исследования в целом характеризуется континентальным климатом с резкими колебаниями температур в течение года, с холодной длительной зимой (от 5 до 7 мес.) и жарким относительно коротким летом (2–3 мес.) [Средняя Сибирь..., 1964]. Среднемесячные температуры января достигают -36°C , а в северных регионах температура понижается до -45°C и ниже (в районе г. Якутск). Среднемесячная температура летом составляет $+17-20^{\circ}\text{C}$. Максимальные дневные температуры могут достигать $+35^{\circ}\text{C}$. Распределение годового количества осадков по территории Сибири варьирует. В северных регионах выпадает от 200 до 350 мм в год. На территории г. Красноярск – от 300 мм [Климат Красноярска, 1982]. Большое количество осадков наблюдается в наветренных частях горных районов – до 1000 мм в год [Средняя Сибирь..., 1964].

Сбор материала. В исследования были вовлечены растения двух родов – *Salix* и *Populus*, что объясняется их широким ареалом, экологической и практической значимостью в Сибири. Чозения, имеющая лимитированное естественное распространение на востоке Сибири и практически не используемая в озеленении в сибирских регионах, в работе не учитывалась. Сбор минирующих насекомых и учет их трофических связей проводился на восьми видах ив – белой *S. alba*, козьей *S. caprea*, ломкой *S. fragilis* L., Коха *S. kochiana* Trautv., росистой *Salix rorida* Lacksch., трехтычинковой *S. triandra* L., удской *S. udensis* Trautv. & C. A. Mey., прутьевидной *S. viminalis* и шести видах тополей – белом *P. alba*, лавролистном *P. laurifolia*, черном *P. nigra*, душистом *P. suaveolens*, дрожащем *P. tremula*, на бальзамическом *P. balsamifera* и его гибридах, в том числе с тополем черным. Гибрид с последним сравнительно недавно был признан самостоятельным видом (нотовидом) *Populus × sibirica* G. Krylov et Grigoriev ex Skvortsov [Скворцов, 2007]. Каждый вид растения в исследованиях был представлен 3–35 деревьями (высота растений от 7 до 25 м, возраст – от 10 лет и старше), допол-

нительно обследовались также молодые деревца тополей (от 3 до 5 м высотой). На растениях проводился осмотр листьев в нижней части кроны со всех сторон света на наличие повреждений (мин), оставленных минирующими насекомыми. Фиксировались случаи повышения численности данных насекомых и достижения степени повреждения (дефолиации) растений: средней (25–49 % поврежденных листьев на деревьях, в исследованном случае – листьев с минами), сильной (50–75 %), а также сплошной ($> 75\%$) [Приказ..., 2017]. Оценка базировалась на осмотре минимум 20 индивидуумов растений в пункте изучения. О степени повреждения растений судили, исходя из соотношения поврежденных листьев к интактным при осмотре четырех ветвей первого порядка на уровне 2 м от основания ствола с четырех сторон света (молодые деревца высотой до 5 м обследовали полностью).

Листья с минами собирали в гербарную коллекцию; личинок и куколок, обнаруженных в минах, фиксировали 96%-м раствором спирта для лучшей сохранности ДНК и хранили в 1,5 мл герметичных пробирках. Личинок и куколок отдельных видов содержали в инсектарии при постоянных условиях (температура 22°C , относительная влажность 55 %, фотопериод 18 : 6) до выхода имаго. Листья с минами и находящимися в них личинками помещали в прозрачные пластиковые контейнеры (объемом 200 мл), черешок листа регулярно пропитывали 2%-м раствором глюкозы [Ohshima, 2005]. Это предотвращало быстрое увядание листа и позволяло дорастить до окукливания молодых личинок, находившихся в минах в I–II возрастах. Окукливание происходило в тех же контейнерах. Листья с минами, в которых на момент сбора уже находились куколки, содержали до появления имаго в чашках Петри. Взрослых насекомых накалывали на минуции и монтировали в сухие коллекции. При массовом отрождении имаго часть материала также фиксировали в 96%-м спиртовом растворе. Образцы насекомых, а также листья с характерными минами хранятся в коллекции Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (г. Красноярск).

Видовая диагностика. Идентификацию минирующих насекомых (по имаго, кукол-

кам, личинкам и морфологии мин) проводили по определительным ключам [Hering, 1957; Определитель..., 1978, 1997; Гусев, 1984; Насекомые..., 1999; Gregor, Patočka, 2001; Ellis, 2018]. При определении представителей отдельных семейств получены консультации специалистов: П. Триберти (Италия) – Gracillariidae, Э. ван Ньюкеркена (Нидерланды) – Nepticulidae, Э. Альтенхофера (Австрия) – Tenthredinidae, С. А. Кривец и А. Б. Коротяева – Curculionidae. Шестнадцать видов насекомых, представленных 42 образцами, из отрядов Lepidoptera (10 видов, 32 образца), Coleoptera (четыре вида, семь образцов) и Hymenoptera (два вида, три образца), диагностировали с применением ДНК-баркодинга – расшифровки фрагмента (658 пар нуклеотидов) гена цитохромоксидазы I (COI) митохондриальной ДНК. Этот метод позволяет надежно детерминировать виды членистоногих, включая минирующих насекомых. Тридцать три образца подверглись молекулярно-генетическому анализу в лаборатории лесной зоологии Французского национального института сельскохозяйственных исследований INRA (Орлеан, Франция). Выделение и очистка ДНК осуществлялись из тел гусениц и куколок с использованием набора реагентов QIAGEN DNeasy Blood & Tissue Kit. В работе использовали стандартные праймеры: LCO (5' GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G 3') и HCO (5' TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA 3') [Folmer et al., 1994]. Условия проведения амплификации и секвенирования подробно описаны в недавних работах [Kirichenko et al., 2016, 2018]. Девять образцов минирующих насекомых секвенировались в Канадском центре ДНК-баркодинга при университете Гуэлфа, следуя стандартному протоколу [Ivanova et al., 2006].

Нуклеотидные последовательности редактировали в программе CodonCode Aligner V.3.7.1, выравнивали в программе BioEdit 7.0.5.3 [Hall, 1999] и сравнивали с референсными данными генетической базы BOLD [Ratnasingham, Hebert, 2013]. Для разграничения видов использовали алгоритм расчета генетических дистанций между видами, реализованный на платформе BOLD, придерживаясь минимального 2%-го порога, которому чаще всего следуют при определении ряда групп насекомых

по их ДНК-баркодам [Hebert et al., 2010; Rougerie et al., 2014]. О детерминации видов также судили по принадлежности их ДНК-баркодов к соответствующим БИН (BIN) – уникальным числовым кодам (аналогам видов) в генетической базе BOLD [Ratnasingham, Hebert, 2013]. Филогенетическое древо, иллюстрирующее родство сибирских образцов с ранее опубликованными в генетической базе BOLD, строили в программе MEGA 7.0 с помощью метода максимального правдоподобия с применением модели Кимура и бутстреп-метода с реализацией 2500 итераций [Kumar et al., 2011]. Полученные сиквенсы сибирских образцов хранятся в генетической базе BOLD и открыты для свободного доступа по ссылке: dx.doi.org/10.5883/DS-SALICIM.

Анализ видового разнообразия, распространения видов и трофических связей гусениц. Сведения о распространении видов насекомых, минирующих листья ив и тополей в Сибири и данные об их трофических связях проанализированы по литературным источникам [Флоров, 1948; Митлюченко, 1951; Вредители, 1955; Золотаренко, 1957, 1959; Томилова, 1958, 1962, 1973, 1977; Довнар-Запольский, 1969; Вержуцкий, 1974; Определитель..., 1978, 1999; Довнар-Запольский, Томилова, 1978; Баранник, 1981; Кузнецов, 1981; Сексяева, 1981; Строганова, 1982; Гусев, 1984; Яновский, 1996, 2003а, б; Кузнецов, Барышникова (Сексяева), 1998; Тарасова и др., 2004; Кривец, 2007; Каталог... России, 2008; Легалов, 2010; Kirichenko et al., 2017; Акулов и др., 2018; Князев и др., 2018; De Prins J., De Prins W., 2018; Ellis, 2018]. Данные по распространению и кормовым растениям также дополнены личными наблюдениями в урбанизированных и природных экосистемах Сибири. Под региональной находкой понимается первый случай обнаружения вида в том или ином административном регионе Сибири (см. рис. 1). Эти данные позволили судить о распространении видов и, косвенно, о степени изученности фауны минирующих насекомых на ивовых в отдельных сибирских регионах. В работе минеры разделены на моно-, олиго- и полифагов согласно принятой классификации [Hering, 1951; Ellis, 2018]. Монофаги развиваются на растениях одного ботанического рода, олигофаги – на растениях одного семейства, полифаги – на

широком спектре растений из разных семейств.

Для сравнительного анализа богатства фауны минирующих насекомых из отрядов Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera и Diptera на ивовых в Сибири и Европе анализировали видовые списки минеров из Восточной и Центральной Европы (где эта группа насекомых изучена очень подробно), полученные из современных источников [Kirichenko et al., 2015; De Prins J., De Prins W., 2018; Edmunds, 2018; Ellis, 2018; Fauna..., 2018; Pitkin et al., 2018]. Отрывочность сведений о видовом составе минеров на ивовых в европейской части России и на Российском Дальнем Востоке (РДВ) не позволила провести подобные аналогии с Сибирью. Сравнительный анализ запада и востока страны с Сибирью проведен только на примере минирующих молей-пестрянок Gracillariidae (наиболее изученной и самой богатой группы минеров на Salicaceae в России), с привлечением фаунистических списков европейской части России [Барышникова, 2008; De Prins J., De Prins W., 2018] и РДВ [Барышникова, 2016]. Видовой состав минирующих насекомых для регионов сравнивали с помощью индекса сходства Серенсена – Чекановского: $K_{CS} = 2C / (A + B)$, где C – число видов, общих для сравниваемых списков; A , B – число видов в каждом списке [Magurran, 2004].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Таксономическое разнообразие минирующих насекомых на ивах и тополях в Сибири. Согласно литературным данным и сборам, выполненным в Сибири авторами данной статьи, листья ив и тополей минируют насекомые 50 видов, из которых 24, 15, шесть и пять видов – представители отрядов Lepidoptera, Coleoptera, Diptera и Hymenoptera соответственно (табл. 1). Наибольшим видовым разнообразием характеризуются моли-пестрянки Gracillariidae (18 видов). Из отряда чешуекрылых в сибирских регионах также встречаются моли-малютки Nepticulidae (пять видов) и моли-крохотки Lyonetiidae (один вид). Среди представителей отряда Coleoptera выявлены минирующие долгоносики Curculionidae (10 видов), большеноги Megapodiidae

(четыре вида) и один вид из семейства златок Buprestidae. Минирующие насекомые из прочих двух отрядов – Diptera и Hymenoptera представлены на ивовых в Сибири каждый одним семейством – Agromyzidae (шесть видов) и Tenthredinidae (пять видов) соответственно.

В сборах из разных сибирских регионов установлено 32 вида минеров, развивающихся на ивах и тополях (т. е. 64 % от всего списка) (см. табл. 1). Шестнадцать видов определены по морфологии имаго, куколок и мин, прочие 16 – диагностированы с помощью ДНК-баркодинга с высокой достоверностью (рис. 2). При сравнении с референсными образцами сиквенсы сибирских образцов минирующих насекомых безошибочно отнесены к соответствующим БИН (BIN) в BOLD (см. рис. 2). Среди видов, установленных по их ДНК-баркодам, диагностировано 10 представителей молей-пестрянок Gracillariidae – *Caloptilia stigmatella*, *Phyllocnistis labyrinthella*, *Ph. gracilistylella*, *Phyllonorycter apparella*, *Ph. comparella*, *Ph. connexella*, *Ph. dubitella*, *Ph. pastorella*, *Ph. populifoliella*, *Ph. salictella*. Они определены на основании сравнения с референсными образцами из Англии, Германии, Японии, Норвегии, Финляндии и Чехии. Четыре вида – представители отряда Coleoptera (*Isochnus sequensi*, *Trachys minutus*, *Zeugophora subspinosus*, *Z. scutellaris*) имели максимальное сходство с образцами из Европы (Финляндия, Эстония) и Канады. ДНК-баркоды двух видов из семейства Hymenoptera – *Heterarthrus microcephalus* и *H. fasciatus* из Сибири совпадали с таковым референсных образцов из Финляндии и Японии соответственно (см. рис. 2).

Из 32 видов, собранных в Сибири авторами данной статьи, 31 вид здесь ранее был известен по литературным данным. Один вид – минирующая моль *Phyllocnistis gracilistylella* (Gracillariidae) – впервые зарегистрирован в фауне России на территории Сибири в предгорьях Восточного Саяна (рис. 3).

Распространение видов минеров в регионах Сибири. В сибирских регионах на Salicaceae в совокупности отмечено 234 региональных находки минирующих насекомых (см. табл. 1). 70 % от этого числа находок известно из литературы, прочие 30 % нахо-

Распространение насекомых, минующих листья ив (*Salix* spp.) и тополей (*Populus* spp.), в регионах Сибири*

Но- мер	Вид насекомого	Регион Сибири ¹													Всего ре- гиональных находок		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Отряд Lepidoptera																	
Сем. Gracillariidae – Моли-пестрянки																	
1	<i>Caloptilia stigmatella</i> (Fabricius) †	x	x	0	x	0	x	x	0	0	+	x	+	x	0		13
2	<i>Ornixola caudulatella</i> (Zeller)			+									+				2
3	<i>Phyllocnistis extrematrix</i> Martynova †			+					+	+							3
4	<i>Ph. gracilistylella</i> Kobayashi, Jinbo & Hirowatari †									x							1
5	<i>Ph. labyrinthella</i> (Bjerkande) ² †				x	x	x	x	0	0	0	x	0	x	+		11
6	<i>Ph. saligna</i> (Zeller) †			x		x			+								3
7	<i>Ph. uni punctella</i> (Stephen) †					0	x					x	+		x		6
8	<i>Phyllonorycter apparella</i> (Herrich-Schäffer) †		0	0	0	0	0	+	+	0	+		+		+		9
9	<i>Ph. comparella</i> (Duponchel) †			0	x	0	x			0		0					6
10	<i>Ph. connexella</i> (Zeller) †									+	0	x	+				4
11	<i>Ph. dubitella</i> (Herrich-Schäffer) †								+								1
12	<i>Ph. hilarella</i> (Zetterstedt)												+		+		2
13	<i>Ph. pastorella</i> (Zeller) †	x	0	0	x	0	0			0	0	x	0	x			11
14	<i>Ph. populifoliella</i> (Treitschk) †		0	0	x	0	0	0	0	0	x	x	0	0	0		12
15	<i>Ph. sagittella</i> (Bjerkander)					+							+	+	+		4
16	<i>Ph. salicicolella</i> (Sircom) †									+							1
17	<i>Ph. salicetella</i> (Zeller) † [#]	x													+		1
18	<i>Ph. sibirica</i> Kuznetsov & Baryshnikova													+	+		2
Сем. Nepticulidae – Моли-малютки																	
19	<i>Ectoedemia hannoverella</i> (Glitz)		+	+		+	+										4
20	<i>Stigmella assimilella</i> (Zeller) †									x?		+	+	+			3
21	<i>S. obliquella</i> (Heinemann)												+				1
22	<i>S. salicis</i> (Stainton) †									x			+				2
23	<i>S. trimaculella</i> (Haworth) †		0	0		0	0	0	0	x		x	0	x	x		10

[illegible]

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Число видов																	
А) по литературным данным (сумма знаков + и о)	0	8	10	5	19	8	3	11	17	10	6	38	11	11	7	164	
Б) общих по литературе и проведенным сборам (о)	0	4	6	0	8	4	0	3	8	3	1	5	1	2	0	45	
С) впервые по проведенным сборам (х)	6	3	4	6	10	8	1	1	9	3	9	1	5	4	0	70	
Итого (сумма А и С)	6	11	14	11	29	16	4	12	26	13	15	39	16	15	7	234	

Примечание. *Составлено по литературным источникам (указаны в методике) и сборам авторов (виды минеров отмечены знаком †).

† Регионы: 1 – Ханты-Мансийский автономный округ, 2 – Тюменская обл., 3 – Омская обл., 4 – Томская обл., 5 – Новосибирская обл., 6 – Алтайский край, 7 – Республика Алтай, 8 – Кемеровская обл., 9 – Красноярский край, 10 – Республика Хакасия, 11 – Республика Тыва, 12 – Иркутская обл., 13 – Республика Бурятия, 14 – Забайкальский край, 15 – Республика Саха (Якутия).

+ – регионы, отмеченные для видов в литературе; о – общие регионы по сборам авторов и литературе; х – регионы, впервые указываемые по сборам авторов. ? – находки, требующие проверки. +¹ *Ischnus arcticus* в Красноярском крае известен только с п-ова Таймыр [Хрулева, Коротяев, 1999]; *вид *Phyllonorycter salicella* указан для Южной Сибири без уточнения регионов [Кузнецов, Барышников (Сексяева), 1998].

² По морфологии и биологии *Phyllosnistis labyrinthella* (Bjerkander, 1790) и *Ph. xenia* Hering, 1936 очень сходны, что часто является основанием для признания видового названия последнего таксона в качестве младшего синонима *Ph. labyrinthella* [Сексяева, 1981; Ellis, 2018].

док приводятся исключительно по личным сборам авторов. В последнем случае находки представлены 26 видами, впервые найденными в ряде регионов Сибири (см. табл. 1). Сорок пять случаев обнаружения (19 %) минирующих насекомых на ивовых, ранее упоминавшихся для регионов Сибири в литературных источниках, отмечены для тех же регионов и по сборам авторов данной статьи. Общие находки в основном относятся к фактическому подтверждению в сибирских регионах минирующих представителей чешуекрылых (41 из 45 случаев). В прочих четырех случаях также подтверждено нахождение двух видов минирующих жуков и двух видов минирующих мух в Красноярском крае, Новосибирской и Иркутской областях, известных в этих регионах по литературе (см. табл. 1).

Наибольшее число видов минирующих насекомых на ивах и тополях отмечено в Иркутской и Новосибирской областях и Красноярском крае – 39 видов (78 % от общего списка видов), 29 (58 %) и 26 (52 %) соответственно. В прочих регионах обнаружено менее 50 % видов из указанного списка (см. табл. 1). Наименьшее число видов на ивовых известно из Республики Алтай, ХМ АО и Якутии – четыре вида (8 % от общего списка видов), пять (10 %) и семь видов (14 %) соответственно. Сведения о находках минирующих насекомых в Томской обл., Алтайском крае и Республике Тыва – в значительной степени результат проведенных нами сборов (см. табл. 1). Список видов в этих регионах пополнился в 2 и более раз, а тогда как список видов минирующих насекомых ХМ АО (шесть видов) основан исключительно на находках авторов статьи.

Широта трофической специализации.

Среди минирующих насекомых, связанных с ивами и тополями, в Сибири отмечено 36 видов монофагов (72 % от общего списка). Исключительно монофаги отмечены среди представителей Nepticulidae (Lepidoptera) и Tenthredinidae (Hymenoptera) (табл. 2). Олигофагов и полифагов среди минеров ивовых найдено значительно меньше – 10 видов (20 %) и 4 вида (8 %) соответственно.

Тридцать два вида минирующих насекомых обитают в Сибири на тополях, 30 видов – на ивах (см. табл. 2). Из них 10 видов-оли-

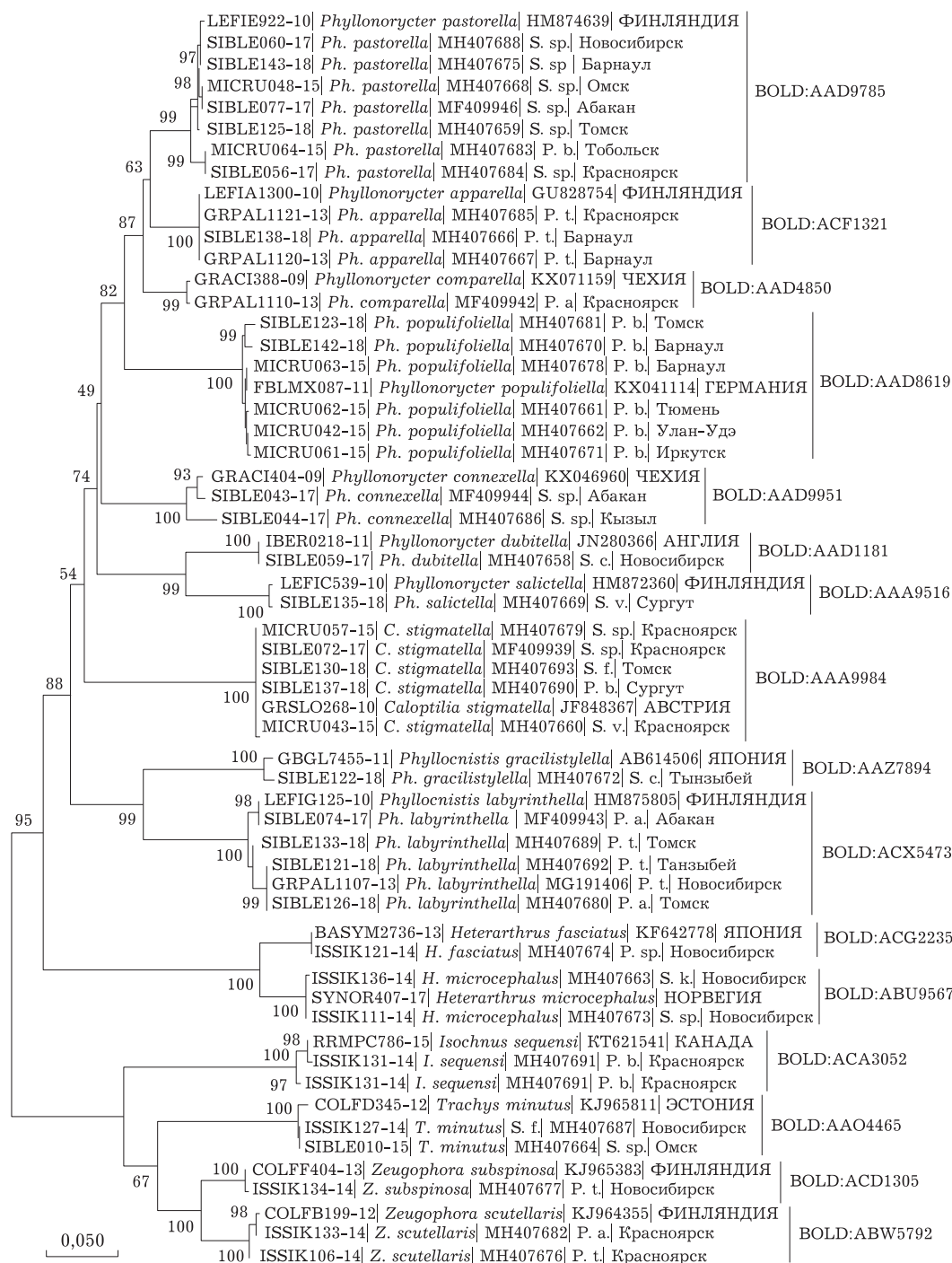


Рис. 2. Филогенетическое дерево, отображающее степень родства сибирских образцов 16 видов минирующих насекомых из отрядов Lepidoptera, Coleoptera и Hymenoptera, собранных на преимагинальной стадии на ивах и тополях в различных регионах Сибири в 2008–2017 гг., с ранее опубликованными в генетической базе BOLD. Древо построено на основе анализа последовательностей гена COI мтДНК с применением метода максимального правдоподобия. Метки на базальных ветвях варьируют от 49 до 100 % (надежность топологии высокая при значении ≥ 70 %). В строках слева направо: номер образца в базе BOLD | вид насекомого | номер сиквенса в генбанке | кормовое растение (S.sp. – *Salix* sp., S.c. – *Salix caprea*, S.f. – *S. fragilis*, S.k. – *S. kochiana*, S.v. – *S. viminalis*, P.a. – *Populus alba*, P.b. – *P. balsamifera*, P.t. – *P. tremula*) | страна (заглавными буквами) или населенный пункт в Сибири. Индексные номера кластеров (BINs), соответствующие видам насекомых в генетической базе BOLD, указаны после вертикальной линии | BOLD:AAD9785 и т. д. Референсные образцы приведены под полным названием вида (*Phyllonorycter pastorella* и т. д.), сравниваемые с ним – под сокращенными (*Ph. pastorella* и т. д.)

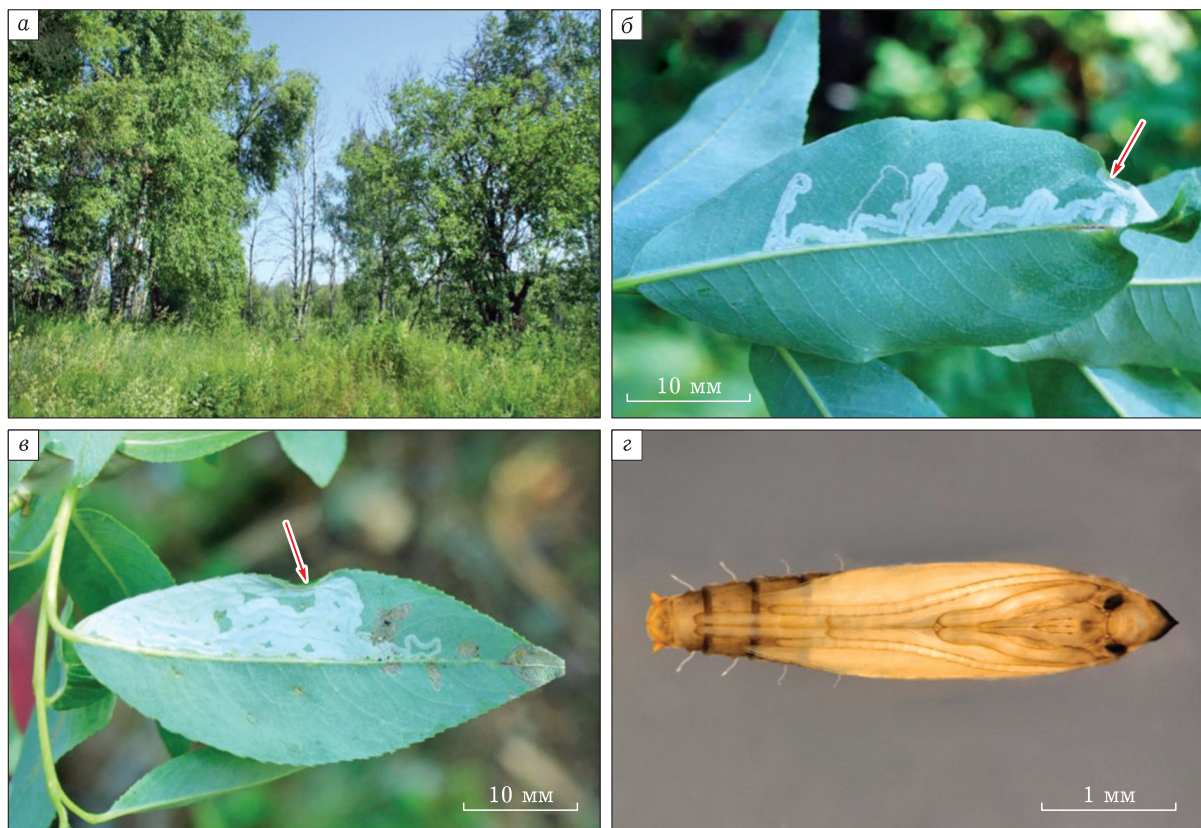


Рис. 3. Биология минирующей моли *Phyllocnistis gracilistylella* (Lepidoptera: Gracillariidae), впервые зарегистрированной на территории России. а – местообитание (юг Красноярского края, 20 км от пос. Танзыбей, кедровник с примесью осины, березы и ивы, вдоль лежневой дороги, 18.06.2017); б, в – туннельвидные мины на нижней стороне листа ивы козьей, *Salix caprea*; г – куколка (вентральная сторона). Красной стрелкой на рис. б и в отмечено место окукливания. Фото Н. И. Кириченко

гофагов встречается на растениях обоих родов. Среди политрофных видов в регионе отмечены моль-пестрянка *Caloptilia stigmatella* (Gracillariidae), долгоносики *Tachyerges stigma*, *Rhamphus pulicarius* (Curculionidae) и златка *Trachys minutus* (Buprestidae) (см. табл. 2). Кроме ив и тополей они способны заселять растения семейств Betulaceae, Myricaceae, Rosaceae, Sapindaceae и Ulmaceae [Ellis, 2018; Pitkin et al., 2018].

Для восьми видов минирующих насекомых – представителей Gracillariidae (шесть видов), Megalopodidae (один вид) и Tenthredinidae (один вид) в отечественной литературе указаны нехарактерные (вероятнее всего, ошибочные) кормовые растения [Hering, 1951, 1957; Edmunds, 2018; Ellis, 2018]. Политрофная моль *Caloptilia stigmatella* (известна с Salicaceae, Myricaceae, Betulaceae) упоминалась на жимолости *Lonicera* (Caprifoliaceae)

[Довнар-Запольский, Томилова, 1978]. Тополевые моли *Phyllocnistis labyrinthella* и *Phyllonorycter apparella* приводились на иве [Довнар-Запольский, Томилова, 1978; Баранник, 1981; Кузнецов, 1981], а *Phyllocnistis unipunctella* – на яблоне *Malus* (Malvaceae) [Колмакова, 1962]. Моль-пестрянка *Phyllonorycter populifoliella* – филлофаг тополей из секций дельтовидные (Aigeiros) и бальзамические (Tasamahasa) указана на осине *P. tremula* (секция Populus) [Вредители..., 1955; Кузнецов, 1981]. В качестве кормового растения для ивовой минирующей моли – *Phyllocnistis saligna* упоминался тополь белый *P. alba* [Баранник, 1981]. Личинки жука *Zeugophora subspinosus* и пилильщика *Heterarthrus fasciatus* (монофаги на тополе) отмечены на лещине *Corylus* и березе *Betula* (Betulaceae) соответственно [Вредители..., 1955; Томилова, 1973; Яновский, 2003а].

**Трофическая специализация насекомых, минующих листья ив (*Salix* spp.)
и тополей (*Populus* spp.) в Сибири***

Номер	Вид насекомого	ШТС	Кормовые растения в Сибири*
1	2	3	4
Lepidoptera, Gracillariidae			
1	<i>Caloptilia stigmatella</i> †	П	<i>Populus</i> , <i>Salix viminalis</i> , <i>S. udensis</i> , <i>Salix</i> sp., [<i>S. fragilis</i> , <i>S. ro-rida</i> , <i>S. triandra</i> , <i>P. balsamifera</i>]. Редко <i>Myrica</i> (Myricaceae), <i>Betula</i> (Betulaceae)
2	<i>Ornixola caudatella</i>	М	[<i>Salix caprea</i>]
3	<i>Phyllocnistis extrematrix</i> †	М	<i>P. balsamifera</i> , <i>P. nigra</i> , <i>P. suaveolens</i> , <i>P. × canadensis</i>
4	<i>P. gracilistylella</i> †	М	[<i>Salix caprea</i>]
5	<i>P. labyrinthella</i> †	М	<i>P. tremula</i> , <i>P. alba</i>
6	<i>P. saligna</i> †	М	<i>S. alba</i> , <i>S. babylonica</i> , <i>S. daphnoides</i> , <i>S. fragilis</i> , <i>S. lanata</i> , <i>S. mat-sudana</i> , <i>S. purpurea</i> , <i>S. × sepulcralis</i> , <i>S. triandra</i> , <i>S. viminalis</i> и др., [<i>S. kochiana</i>]
7	<i>P. unipunctella</i> †	М	<i>Populus</i>
8	<i>Phyllonorycter apparella</i> †	М	<i>P. tremula</i> , <i>Populus</i> sp.
9	<i>Ph. comparella</i> †	М	<i>P. nigra</i> , <i>P. alba</i>
10	<i>Ph. connexella</i> †	О	<i>Populus</i> sp., <i>S. fragilis</i> , <i>Salix</i> sp.
11	<i>Ph. dubitella</i> †	М	<i>Salix</i> , <i>S. caprea</i>
12	<i>Ph. hilarella</i>	М	<i>Salix</i>
13	<i>Ph. pastorella</i> †	О	<i>Populus</i> sp., <i>P. nigra</i> , <i>P. alba</i> , [<i>P. balsamifera</i> , <i>P. laurifolia</i>], <i>S. viminalis</i> , <i>Salix</i> sp., [<i>S. alba</i>]
14	<i>Ph. populifoliella</i> †	М	<i>Populus</i> spp., <i>P. balsamifera</i>
15	<i>Ph. sagitella</i>	М	<i>P. tremula</i>
16	<i>Ph. salicicolella</i> †	М	[<i>Salix</i> sp.]
17	<i>Ph. salictella</i> †	М	<i>Salix</i> [<i>S. viminalis</i>]
18	<i>Ph. sibirica</i>	М	<i>Populus</i> sp.
Nepticulidae			
19	<i>Ectoedemia hannoverella</i>	М	<i>Populus</i>
20	<i>Stigmella assimilella</i> †	М	<i>Populus</i> sp., <i>P. tremula</i>
21	<i>S. obliquella</i>	М	<i>Salix</i> sp.
22	<i>S. salicis</i> †	М	<i>Salix</i> sp., <i>S. viminalis</i>
23	<i>S. trimaculella</i> †	М	<i>Populus</i> sp., <i>P. nigra</i> , <i>P. balsamifera</i>
Lyonetiidae			
24	<i>Leucoptera sinuella</i> †	О	<i>P. tremula</i> , <i>Salix</i>
Coleoptera, Curculionidae			
25	<i>Isochnus arcticus</i>	М	<i>Salix</i>
26	<i>I. flagellum</i>	М	<i>Salix</i> sp.
27	<i>I. sequensi</i> †	О	<i>Populus</i> , <i>P. balsamifera</i> , <i>Salix</i>
28	<i>Rhamphus pulicarius</i>	П	<i>Betula</i> (Betulaceae), <i>Myrica</i> (Myricaceae), <i>Salix</i> (Salicaceae)
29	<i>Tachyerges dauricus</i>	М	<i>Salix</i>
30	<i>T. decoratus</i>	О	<i>Populus</i> , <i>Salix</i>
31	<i>T. pseudostigma</i>	М	<i>Salix</i> sp.
32	<i>T. rufitarsis</i>	О	<i>Populus</i> , <i>Salix</i>

1	2	3	4
33	<i>T. salicis</i>	O	<i>P. tremula</i> , <i>Salix</i> sp., <i>S. caprea</i> , <i>S. viminalis</i>
34	<i>T. stigma</i>	II	<i>Alnus</i> , <i>Betula</i> (Betulaceae), <i>Salix</i> (Salicaceae)
			Buprestidae
35	<i>Trachys minutus</i> †	II	<i>Populus</i> , [<i>P. tremulae</i>], <i>Salix</i> sp. [<i>Salix caprea</i> , <i>S. excelsa</i> , <i>S. fragilis</i> , <i>S. pentandra</i> , <i>S. pseudopentandra</i> , <i>S. schwerinii</i> , <i>S. viminalis</i>] (Salicaceae). Также <i>Acer</i> (Sapindaceae), <i>Betula</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Corylus</i> (Betulaceae), <i>Sorbus</i> (Rosaceae), <i>Ulmus</i> (Ulmaceae)
			Megalopodidae
36	<i>Zeugophora flavicollis</i> †	O	<i>Populus</i> , <i>P. balsamifera</i> , [<i>P. alba</i>], <i>Salix</i>
37	<i>Z. scutellaris</i> †	M	<i>Populus</i> sp., [<i>P. tremula</i> , <i>P. alba</i> , <i>P. nigra</i> , <i>P. balsamifera</i>]
38	<i>Z. subspinosa</i> †	M	<i>Populus</i>
39	<i>Z. turneri</i>	M	<i>P. tremula</i>
			Hymenoptera, Tenthredinidae
40	<i>Fenusella glaucopsis</i> †	M	<i>Populus</i> , <i>P. tremula</i>
41	<i>F. wuestnei</i>	M	<i>Salix lapponica</i> , <i>S. viminalis</i>
42	<i>H. fasciatus</i> †	M	[<i>Populus suaveolens</i>]
43	<i>Heterarthrus microcephalus</i> †	M	<i>Salix</i> , [<i>Salix</i> sp., <i>S. kochiana</i> , <i>S. fragilis</i>]
44	<i>H. ochropoda</i> †	M	<i>Populus</i>
			Diptera, Agromyzidae
45	<i>Agromyza albitarsis</i> †	O	<i>Populus</i> sp., <i>P. tremula</i> , <i>P. nigra</i> , <i>Salix</i> sp.
46	<i>Aulagromyza fulvicornis</i> †	M	<i>Salix</i> , <i>S. caprea</i>
47	<i>A. populi</i> †	M	<i>Populus</i> , <i>P. nigra</i> , [<i>P. tremula</i> , <i>P. balsamifera</i>]
48	<i>A. populicola</i> †	M	<i>Populus</i> sp., <i>P. balsamifera</i> , <i>P. tremula</i>
49	<i>A. tremulae</i> †	M	<i>P. tremula</i>
50	<i>Japanagromyza salicifolia</i>	O	<i>Populus</i> , <i>Salix</i>
Итого видов, развивающихся на			
тополях			32
ивах			30

П р и м е ч а н и е. ШТС – широта трофической специализации: М – монофаг на *Salix* или *Populus*; О – олигофаг; II – полифаг (см. разд. Материал и методы).

*Составлено по литературным источникам (указаны в методике) и по сборам авторов (виды минеров отмечены знаком †); кормовые растения по сборам авторов указаны в квадратных скобках, общие по сборам и ранним сведениям из литературы – подчеркнуты.

Хозяйственно значимые виды. В Сибири восемь видов насекомых представителей Lepidoptera (пять видов), Hymenoptera (два вида) и Coleoptera (один вид) способны в массе размножаться на тополях (табл. 3). Среди минирующих молей при повышенной численности известны исключительно представители семейства Gracillariidae – виды из родов *Phyllocnistis* и *Phyllonorycter*. Три из них – *Phyllocnistis labyrinthella*, *Phyllonorycter apparella* и *Ph. sagitella* массово вредят осине, другие два вида *Phyllocnistis unipunctella* и

Phyllonorycter populifoliella – тополям секции бальзамические и дельтовидные (см. табл. 3). Среди представителей других двух отрядов тополям наносят вред минирующие жуки – *Zeugophora scutellaris* и *Isochnus sequens* и пилильщик *Heterarthrus ochropoda* (см. табл. 3).

В период с 1940 по 2017 г., повышение численности отдельных видов минирующих насекомых на тополях регистрировалось в регионах Западной и Восточной Сибири (см. табл. 3). Как правило, массовые размножения

Т а б л и ц а 3

Хозяйственно значимые виды листовых минирующих насекомых на тополях в Сибири*

Но- мер	Вид насекомого ¹	Кормовое растение	Сибирские регионы, в которых отмечено повышение численности, год(ы), [степень дефолиации, %] ²	Источник
Lepidoptera, Gracillariidae				
1	<i>Phyllocnistis labyrinthella</i>	<i>Populus tremula</i>	Кемеровская обл., городские насаждения, природные осинники, 1970-е гг. [–] Красноярск, пригородный лес, 2009 г. [50–75 %] Новосибирск, пригород, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, 2009 г. [25–49 %], 2013 г. [50–75 %]; Томск, пригород, 2017 г. [50–75 %]; Кызыл, 2016 г. [25–49 %]; юг Красноярского края, (пос. Танзыбей), природные осинники, 2017 г. [25–49 %]	[Баранник, 1981] Астапенко: личное сообщение Кириченко: личные наблюдения
2	<i>Ph. unipunctella</i>	<i>P. balsamifera</i>	Улан-Удэ, городские насаждения, 2015 г. [50–75 %] Чита, городские насаждения, 2015 г. [25–49 %]	То же »
3	<i>Phyllonorycter apparella</i>	<i>P. tremula</i>	Новосибирск, пригород, 2008 г. [25–49 %], 2011 г. [50–75 %]; Барнаул, пригород, 2012 г. [25–49 %]	»
4	<i>Ph. populifoliella</i>	<i>Populus balsamifera</i> , <i>P. nigra</i> , <i>P. laurifolia</i>	Иркутск, городские насаждения, 1941 г. [50–75 %]; там же, 2015 г. [25–49 %] Красноярск, городские насаждения, регулярно с 1980-х гг., 1999 г. [50–75 %] Новосибирск, городские насаждения, 2010 г. [25–49 %], 2013 г. [50–75 %]	[Флоров, 1948]; Кириченко: личные наблюдения [Тарасова и др., 2004] Кириченко: личные наблюдения
5	<i>Ph. sagitella</i> ¹	<i>P. tremula</i>	Иркутская обл., насаждения в населенных пунктах, 1960–1970-е гг. [–]	[Томилова, 1958, 1962]
Coleoptera, Megalopodidae				
6	<i>Zeugophora scutellaris</i>	<i>Populus</i> spp.	Кемеровская обл., городские насаждения, лесопитомники, 1970-е гг. [–]	[Баранник, 1981]
Curculionidae				
7	<i>Isochnus sequensi</i>	То же	Иркутская обл., Нижнеудинский лесопитомник, 1970-е гг. [–]	[Томилова, 1977]
Hymenoptera, Tenthredinidae				
8	<i>Heterarthrus ochropoda</i>	»	Иркутская обл., Мегетский лесопитомник, 1972–1973 гг. [–]	То же

П р и м е ч а н и е. *Согласно литературным источникам (указаны в методике) и наблюдениям авторов.

¹В ранних источниках [Флоров, 1948; Томилова, 1958, 1962, 1977; Баранник, 1981] насекомые указывались под старыми названиями: 1 – *Phyllocnistis sorhageniella*, 4 – *Lithocolletis populifoliella*, 5 – *L. tremulae*; 7 – *Rhynchaenus populi*; сведения о повышении численности *Phyllonorycter sagitella* в Иркутской обл. [Томилова, 1958], возможно, относятся к близкому виду *Ph. apparella*.

²Степень дефолиации приведена в квадратных скобках: средняя [25–49 %], сильная [50–75 %] и сплошная [25–49 %] [Приказ..., 2017]. [–] – численные данные, свидетельствующие о степени дефолиации, в литературных источниках отсутствуют.

отмечались в насаждениях населенных пунктов, в лесопитомниках, реже в природных экосистемах. В литературе, где данные виды указаны как вредители (см. табл. 3), численные данные о степени повреждения растений приведены только для тополевой моли-пестрянки *Ph. populifoliella*. В г. Иркутск в 1941 г. (степень повреждения тополей в центральной части города превышала 50 % [Флоров, 1948], похожая ситуация наблюдалась в 1999 г. в ряде районов г. Красноярска [Тарасова и др., 2004]. Степень повреждения тополей от средней (>25–49 %) до сильной (>50–75 %) и сплошной (>75 %) отмечена в ходе настоящих исследований для молей *Phyllocnistis labyrinthella*, *Ph. unipunctella*, *Phyllonorycter apparella* и *Ph. populifoliella* в Новосибирской, Томской, Иркутской областях, Алтайском, Красноярском, Забайкальском краях и в Республиках Тыва и Бурятия (см. табл. 3). Массовых вредителей на ивах среди минирующих насекомых в Сибири неизвестно.

Анализ видового сходства насекомых, минирующих ивы и тополя в Сибири и соседних регионах. Видовой состав грациллариид, развивающихся на ивах и тополях в Сибири, имеет большее сходство со списком видов европейской части России (индекс Серенсена – Чекановского равен 0,80), чем с таковым РДВ (0,71). В европейской части России ивы и тополя минируют 22 вида против 18 видов в Сибири. Общими для этих регионов являются 16 видов – по одному виду из родов *Caloptilia* и *Ornixola* и 14 видов из родов *Phyllocnistis* и *Phyllonorycter* (виды № 1–3, 5–17, см. табл. 1). На РДВ на ивах и тополях известно 13 видов, среди которых общими с Сибирью являются 11 видов (№ 1, 2, 5–8, 12–14, 16, 17; см. табл. 1).

Видовой состав минирующих насекомых, развивающихся на ивах и тополях в Сибири и странах Восточной и Центральной Европы, также имеет значительное сходство (индекс Серенсена – Чекановского составляет 0,74). При сравнении видовых списков минеров Сибири и Европы отдельно по отрядам этот индекс принимает значения 0,87, 0,86, 0,73 и 0,66 для представителей Coleoptera, Diptera, Hymenoptera и Lepidoptera соответственно. В отличие от Сибири, где на ивах и

тополях отмечено 50 видов минирующих насекомых, в Европейских странах на этих растениях на сегодняшний день известно 72 вида (без учета представителей Coleophoridae). При этом 45 видов – общие для Сибири и Европы. Среди них 22 вида из отряда Lepidoptera, 13 – из Coleoptera, шесть – из Diptera и четыре – из Hymenoptera (виды № 1–3, 5–17, 19–24, 26–28, 30–42, 44–50; см. табл. 1).

ОБСУЖДЕНИЕ

В совокупности по литературным данным и проведенным сборам в Сибири на ивах и тополях известно 50 видов листовых минирующих насекомых из отрядов Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera и Diptera, среди которых представители чешуекрылых составляют почти половину списка минеров на Salicaceae. Превалирование минирующих молей отмечено в Сибири и на березах (*Betula* spp.) [Кириченко и др., 2017] – растениях, имеющих подобный широкий ареал в этой части России, как ивы и тополя [Коропачинский, Встовская, 2012]. В странах Центральной и Восточной Европы, где фауна минирующих насекомых изучена подробно, по числу видов на ивовых также доминируют моли, составляя 53 % от всего числа минирующих насекомых на растениях этого семейства [Ellis, 2018]. Преобладание минирующих молей объясняется их высоким видовым богатством по сравнению с таковым минеров из других отрядов [Hering, 1957; Connor, Taverner, 1997].

В исследованиях авторов идентифицировано более половины видов минирующих насекомых от общего числа видов, известных на ивах и тополях в Сибири по литературе. ДНК-баркодирование позволило выявить новый вид для региона – моль-пестрянку *Phyllocnistis gracilistylella* (Gracillariidae). Находка этого вида на юге Красноярского края оказалась первой для России. До этого *Ph. gracilistylella* был известен только из Японии [Kobayashi et al., 2011]. Вероятно, вид присутствует (но пока не обнаружен) и в других регионах Сибири, особенно в восточных. Мины с куколками *Ph. gracilistylella* собраны авторами данной статьи на иве *Salix caprea*, впервые упо-

минаемой в качестве кормового растения для этого вида. Ранее в Японии в качестве кормовых для него были отмечены ивы *S. gilgiana* Seemen., *S. gracilistyla* Miq., *S. integra* Thunb. и *S. serissaefolia* Kimura [Kobayashi et al., 2011].

Сборы авторов настоящей статьи, в которых каждый третий вид минеров являлся новым для того или иного административного региона Сибири, позволили уточнить ареалы минирующих насекомых, а также выявить наиболее распространенные виды в этой части России. Моли-пестрянки *Caloptilia stigmatella*, *Phyllocnistis labyrinthella*, *Phyllonorycter pastorella*, *Ph. populifoliella* и моль-малютка *Stigmella trimaculella* отмечены на данной территории практически повсеместно, за исключением отдельных регионов на севере (Якутия, ХМ АО) и на юге (Республика Алтай). Согласно литературным данным здесь также широко распространены долгоносики – *Tachyerges salicis* и *T. stigma*, минирующие как ивы, так и тополя [Легалов, 2010]. Сведения по распространению прочих видов минирующих молей, жуков, а также представителей отрядов Hymenoptera и Diptera на Salicaceae в Сибири все еще носят отрывочный характер. Как правило, многие из них известны из менее чем половины административных регионов Сибири.

На сегодняшний день самым изученным регионом остается Иркутская обл., где известно более 2/3 всех видов минеров, осваивающих ивовые в Сибири. Такие детальные знания о фауне минирующих насекомых накоплены благодаря энтомологам-предшественникам, в первую очередь В. Н. Томиловой, Д. П. Довнару-Запольскому, тщательно исследовавшим регион в 1950–1970-е гг. [Томилова, 1958, 1962, 1973, 1977; Довнар-Запольский, 1969; Довнар-Запольский, Томилова, 1978]. Далее по изученности следуют Новосибирская обл. и Красноярский край, где насчитывается около половины от всего числа видов, отмеченных для Сибири. До настоящих исследований в этих регионах согласно литературным данным было известно 19 и 17 видов соответственно [Митлюченко, 1951; Золотаренко, 1959; Яновский, 1996, 2003а, б; Тарасова и др., 2004; Каталог..., 2008]. Осуществленные сборы увеличили списки минирующих насекомых этих регионов на 10 и

9 видов в каждом случае. Среди новых видов для этих регионов относительно в равных долях выявлены представители всех четырех отрядов. Необходимо отметить, что отдельные находки минирующих молей на ивовых в разных регионах Сибири недавно опубликованы нами [Аникин и др., 2016; Кириченко и др., 2017; Kirichenko et al., 2017; Акулов и др., 2018; Князев и др., 2018]. Если учесть и эти находки, то общее число видов, явившихся новыми для регионов, возрастает как минимум еще на треть.

Слабо изученными остаются ХМ АО и Республики Алтай и Якутия. Это наглядно проиллюстрировано на примере распространения различных групп микрочешуекрылых в “Каталоге чешуекрылых (Lepidoptera) России” [2008]. В данных регионах известно менее 14 % видов, обитающих на ивовых в Сибири. До настоящих исследований сведения о минирующих насекомых ивовых в ХМ АО и вовсе отсутствовали.

По трофическим связям минирующие насекомые чаще всего являются узкими специалистами [Connor, Taverner, 1997; Ellis, 2018], поэтому неудивительно, что на ивах и тополях в Сибири преобладают монофаги. Литературные указания на трофические связи ряда видов с нехарактерными для них кормовыми растениями требуют дополнительной проверки. Переключение минирующих насекомых на новые кормовые объекты – редкое явление [Hering, 1951]. При повышенной численности отдельные виды минеров способны расширять спектр кормовых растений, осваивая родственные виды в рамках одного ботанического рода или семейства [Péré et al., 2010; Kirichenko et al., 2016]. В литературе также описано явление ксенофагии, при котором в исключительных случаях насекомые могут делать попытки минирования листьев таксономически неблизкородственных растений, которые, как правило, заканчиваются гибелью минеров [Hering, 1951; Ellis, 2018].

В Сибири отмечено восемь видов минирующих насекомых, способных повышать численность и наносить вред тополям. Большинство из них – моли-пестрянки из родов *Phyllocnistis* и *Phyllonorycter* (Gracillariidae). Среди грацилляриид известно немало вредителей древесных растений и сельскохозяй-

ственных культур и их число неуклонно растёт [Насекомые..., 1999; Lopez-Vaamonde et al., 2010; Kirichenko et al., 2018]. В сибирских регионах массовые размножения минирующих насекомых чаще всего отмечаются в искусственных посадках (в населённых пунктах, лесопитомниках, ботанических садах), реже в природе. Вместе с тем в последнее десятилетие неоднократно фиксировалось повышение численности осиновой белой моли *Phyllocnistis labyrinthella* в природных осинниках на юге Красноярского края. Этот вид регулярно наносит ущерб тополям в Европе, где он отмечен в качестве вредителя с начала прошлого века [Ragnhild, 1957].

Анализ указывает на высокую близость фауны насекомых, минирующих ивы и тополя в Сибири, с таковой в странах Центральной и Восточной Европы. Видовые списки этих регионов схожи на 74 %. В Сибири известно только пять видов минирующих насекомых, которые не встречаются в Европе – моли *Phyllocnistis gracilistylella*, *Phyllonorycter sibirica* (Gracillariidae), пилильщик *Heterarthrus fasciatus* (Tenthredinidae) и долгоносики *Tachyerges dauricus* и *Isochnus arcticus* (Curculionidae). Данные виды не указаны для Европы в современных каталогах и базах данных [De Prins J., De Prins W., 2018; Edmunds, 2018; Ellis, 2018; Fauna..., 2018; Pitkin et al., 2018]. В свою очередь, в Европе зарегистрировано 27 видов минирующих насекомых, не встречающихся в Сибири. Среди них 19 видов минирующих молей – *Callisto basistrigella* Huemer, Deutsch et Triberti, *C. coffeella* (Zetterstedt), *Ectoedemia argyropeza* Zeller, *E. intimella* Zeller, *E. turbidella* Zeller, *Lyonetia pulverulentella* Zeller, *Phyllocnistis canariensis* Hering, *Ph. ramulicola* Langmaid et Corley, *Ph. valentinensis* Hering, *Phyllonorycter chiclanella* (Staudinger), *Ph. heringiella* (Grönlén), *Ph. quinqueguttella* (Stainton), *Ph. rolandi* (Svensson), *Ph. viminetorum* (Stainton), *Stigmella arbusculae* (Klimesch), *S. benanderella* (Wolff), *S. nivenburgensis* (Preisner), *S. pallidiciliella* Klimesch, *S. vimineticola* (Frey), *S. zelleriella* Snellen, *Yponomeuta rorrella*, два вида минирующих мух – *Agromyza salicina* Hendel, *Aulagromyza tridentata* Loew, два вида пилильщиков – *Scolioneura tirolensis* (Enslin), *Fenusella hortulana* (Klug) и два вида жуков –

Isochnus foliorum (Müller), *Trachys reflexus* Gené [Kirichenko et al., 2015; De Prins J., De Prins W., 2018; Ellis, 2018].

Высокое сходство фаун было отмечено ранее и для насекомых, минирующих берёзы в Сибири и Европе [Кириченко и др., 2017]. По расчётам индекса Серенсена – Чекановского сходство фаун этих регионов на берёзах достигало 77 % (в сравнении с 74 % на ивовых в данной статье). Предположительно, такая значительная близость фаун может объясняться широким распространением растений из родов *Betula*, *Salix* и *Populus* в Сибири и Европе, соответственно, доступностью кормовой базы для развития видоспецифичных минеров в разных регионах на протяжении обширных ареалов их кормовых растений.

Лидерами, на которых приходится более трети списка видов насекомых, обитающих на ивовых в сибирских регионах, являются моли-пестрянки Gracillariidae. Это богатейшее семейство, широко представленное на древесных растениях, в котором до недавнего времени были известными исключительно минирующие виды [Hering, 1951; Ellis, 2018]. Отдельные представители, способные образовывать галлы, обнаружены, в частности, в Афротропиках [De Prins, Kawahara, 2012]. Примечательно, что фауна грациллириид на ивах и тополях в Сибири ближе к таковой европейской части России, чем к фауне РДВ. На западе страны известно шесть видов, которые не отмечены в Сибири – *Callisto coffeella*, *Phyllocnistis valentinensis*, *Phyllonorycter populi* (Filipjev), *Ph. rolandi*, *Ph. viminetorum*, *Ph. quinqueguttella* [Барышникова, 2008; Kirichenko et al., 2015]. При этом в европейской части России не встречаются только два вида, обитающих в Сибири: *Phyllonorycter sibirica* [Барышникова, 2008] и *Phyllocnistis gracilistylella*. На РДВ на ивах и тополях не указано семь видов, имеющих распространение в Сибири (*Phyllocnistis extrematrix*, *Ph. gracilistylella*, *Phyllonorycter comparella*, *Ph. connexella*, *Ph. dubitella*, *Ph. sagittella*, *Ph. sibirica*) [Барышникова, 2008, 2016]. Вместе с тем на востоке страны обитает *Phyllonorycter quinqueguttella* [Барышникова, 2016], не выявленный в Сибири, но имеющий распространение в европейской части

России [Барышникова, 2008] и, предположительно, новый для науки вид *Phyllocnistis* sp., недавно обнаруженный в Приморском крае на иве [Kirichenko et al., 2018].

Относительно высокая степень сходства фауны молей-пестрянок, минирующих ивы и тополя в Сибири, с фауной европейской части России, чем с таковой РДВ, может объясняться недостаточной изученностью грацилляриид дальневосточного региона. Значительная степень сходства видового состава минирующих молей-пестрянок фауны Сибири с таковым в европейской части России в целом не противоречит полученным ранее данным хорологических анализов. Преобладание хорологических связей сибирской фауны чешуекрылых с Европой над связями с Восточной Азией показано для различных групп чешуекрылых [Дубатов, 2006; Шодотова и др., 2007; Бурнашева, Беляев, 2011].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ обширных литературных источников и личных сборов авторов, выполненных в Сибири за последнее десятилетие, позволил уточнить видовой состав минирующих насекомых, их распространение и трофические связи с ивовыми в сибирских регионах. На сегодняшний день на территории региона на ивах и тополях известно 50 видов из четырех отрядов Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera и Diptera, включая новый для России вид моли – *Phyllocnistis gracilistylella*, найденный на юге Красноярского края.

Проведенные исследования позволили получить новые данные по распространению 25 видов минирующих насекомых и выявить их в регионах, где ранее они не были известны, а также уточнить трофические связи многих видов с ивами и тополями в Сибири. Выполнение такой работы стало возможным благодаря сборам насекомых в сибирских ботанических садах, парках, дендрариях, в которых собран широкий спектр растений из разных регионов. Применение ДНК-баркодирования позволило с высокой надежностью определить виды насекомых по их личинкам (иногда представленные в сборах единственным экземпляром в связи с их редкой встречаемостью), определение которых мор-

фологическим методом затруднено или невозможно.

Необходимо понимать, что представленный обзор, хотя и подводит определенную черту в изучении фауны, географии и трофической специализации ивовых минирующих насекомых в Сибири, но не ставит точку в этой работе. Проведение детальных исследований в северных и ряде восточных регионов Азиатской России поможет в значительной мере уточнить ареалы видов, определить их трофические связи и степень воздействия на ивы и тополя. Учитывая недостаточную изученность минирующих насекомых в азиатской части России, возможно ожидать выявление новых для региона видов минеров, а также новых видов для науки.

Авторы благодарят С. А. Кривец (г. Томск), М. А. Томошевич, Е. В. Банаева (г. Новосибирск), Л. В. Кривобокова, Л. В. Мухортову, В. В. Шишова (г. Красноярск), А. В. Ооржак, Н. Г. Дубровского (г. Кызыл), В. Я. Кузеванова (г. Иркутск) за помощь в организации сборов насекомых в ряде сибирских регионов, П. Триберти (Италия), Э. ван Ньюкеркена (Нидерланды), Э. Альтенхофера (Австрия), А. Б. Коротяева (г. Санкт-Петербург), С. А. Кривец (г. Томск) за консультации по таксономии ряда минирующих насекомых, А. Рока (Франция) за возможность проведения ДНК-баркодирования насекомых, Э. Маню (Франция) за техническую помощь при секвенировании, Л. В. Кривобокова (г. Красноярск) за помощь в определении некоторых видов ив, Н. С. Бабицева (г. Красноярск) за поиск литературных источников, И. А. Михайлову (г. Красноярск) за помощь в построении карты. Отдельная благодарность Ю. Н. Баранчикову (г. Красноярск) за поддержку на разных этапах работы.

Сборы насекомых в Сибири выполнены при поддержке РФФИ (грант № 15-29-02645 офи_м). Выполнение ДНК-баркодирования осуществлено при поддержке Посольства Франции в Москве (Программа Вернадский, грант № 908981L, Кампус Франс), Французского регионального фонда Ле Студиум (Институт перспективных исследований – Долина Луары, Орлеан, Франция) и Правительства Канады через Канада Геном и Институт геномики Онтарио в рамках развития международной программы “International Barcode of Life project”, Канадской организацией NSERC. Исследования также частично поддержаны програм-

мой Евросоюза COST Action FP1401 “Глобальное предупреждение: глобальная сеть плантаций как система раннего выявления чужеродных вредителей на древесных растениях”. При подготовке публикации использовались материалы биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН “Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте”, УНУ № USU 440534 (коллекция древесных растений).

ЛИТЕРАТУРА

- Акулов Е. А., Кириченко Н. И., Пономаренко М. Г. К фауне молевидных чешуекрылых (Microlepidoptera) юга Красноярского края и Республики Хакасия // Энтомологическое обозрение. 2018. Т. 47 (1). С. 110–146.
- Аникин В. В., Золотухин В. В., Кириченко Н. И. Минирующие моли-пестрянки (Lepidoptera: Gracillariidae) Среднего и Нижнего Поволжья / отв. ред. Ю. Де Принс. Ульяновск: Изд-во “Корпорация технологий”, 2016. 152 с.
- Бакулин В. Т. Тополь лавролистный. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 2004. 123 с.
- Бакулин В. Т. Тополь черный в Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 2007. 121 с.
- Бакулин В. Т. Тополь душистый в Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 2010. 110 с.
- Бакулин В. Т., Банаев Е. В., Встовская Т. Н., Киселева Т. И., Коропачинский И. Ю., Лаптева Н. П., Лоскутов Р. И., Лях Е. Н., Потемкин О. Н., Чиндяева Л. Н. Древесные растения для озеленения Новосибирска. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 2008. 304 с.
- Баранник А. П. Насекомые зеленых насаждений промышленных городов Кемеровской области. Кемерово: Изд-во “Кемеровский государственный университет”, 1981. 191 с.
- Барышникова С. В. Сем. Gracillariidae: аннотированный каталог насекомых Дальнего Востока России / под ред. Е. А. Беляева. Владивосток: Дальнаука, 2016. Т. 2: Чешуекрылые (Lepidoptera). С. 50–59.
- Барышникова С. В. Сем. Gracillariidae: каталог чешуекрылых России / под ред. С. Ю. Синева. СПб., М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. С. 38–45.
- Бурнашева А. П., Беляев Е. А. Ареалогический анализ и история формирования фауны пядениц Якутии (Lepidoptera, Geometridae) // Вестн. Сев.-Вост. науч. центра ДВО РАН. 2011. № 2 (26). С. 60–68.
- Вержущий Б. Н. Симфитофауна (Hymenoptera, Symphyta) Восточной Сибири // Фауна насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока. 1974. С. 194–243.
- Вредители леса / под ред. А. А. Штакельберга. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. 1–2. 1097 с.
- Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 472 с.
- Довнар-Запольский Д. П. Минирующие насекомые на растениях Киргизии и сопредельных территорий. Фрунзе: Илим, 1969. 148 с.
- Довнар-Запольский Д. П., Томилова В. Н. Минирующие насекомые Сибири и соседних территорий // Насекомые Восточной Сибири: межвуз. сб. Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 1978. С. 20–51.
- Дубатов В. В. Опыт анализа распределения насекомых в Северном полушарии на примере чешуекрылых подсемейства Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae). Уровень видов // Сиб. экол. журн. 2006. № 4. С. 469–481.
- Золотаренко Г. С. Видовой состав вредных насекомых главных древесных пород в лесах защитных насаждений Кулунды // Мат-лы II науч.-техн. конф. молодых ученых. Новосибирск, 1957. С. 33–38.
- Золотаренко Г. С. О вредной энтомофауне тополей в Западной Сибири // Тр. Биол. ин-та СО АН СССР. 1959. № 5. С. 171–180.
- Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России / под ред. С. Ю. Синева. СПб.; М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. 424 с.
- Кириченко Н. И., Бабичев Н. С., Скворцова М. В., Пономаренко М. Г., Буланова О. С. Минирующие моли на древесных растениях в Кызыле и его окрестностях // Природные системы и экономика центрально-азиатского региона: фундаментальные проблемы, перспективы рационального использования: III Всерос. молодежная школа-конф. (с междунар. участием). Кызыл: ТувИКОП СО РАН, 2017. С. 142–145.
- Кириченко Н. И., Петько В. М., Маню Э., Лопез-Вамонде К. Видовое разнообразие и распространение насекомых – минеров листьев березы (*Betula* spp.) в Сибири // Энтомологическое обозр. 2017. Т. XCVI, № 1. С. 86–104.
- Климат Красноярска / Краснояр. гидромет. обсерватория и др. / под ред. Ц. А. Швер и А. С. Герасимовой. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 230 с.
- Князев С. А., Кириченко Н. И., Барышникова С. В., Трибери П. К. Фауна минирующих молей семейства Gracillariidae (Insecta, Lepidoptera) Омской области // Евразийск. энт. журн. 2018. Т. 17, № 4. С. 261–272.
- Колмакова В. Д. Чешуекрылые, повреждающие плодово-ягодные растения Забайкалья // Вредители леса и плодово-ягодных культур Забайкалья. Улан-Удэ: Бурят. комплексный НИИ, 1962. С. 96–140.
- Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Древесные растения Азиатской России. 2-е изд. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 2012. 707 с.
- Коропачинский И. Ю., Лоскутов Р. И. Древесные растения для озеленения Красноярска. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 2014. 320 с.
- Кривец С. А. Обзор жуков-долгоносиков (Coleoptera: Brentidae, Dryophthoridae et Curculionidae) фауны Томской области // Тр. Рус. энт. об-ва. 2007. Т. 78. С. 48–83.
- Кузнецов В. И. Семейство Gracillariidae – моли-пестрянки: определитель насекомых европейской части СССР. / под ред. Г. С. Медведева. Л.: Наука, 1981. Т. 4, ч. 2: Чешуекрылые. С. 149–311.
- Кузнецов В. И., Барышникова (Сексеева) С. В. Краткий каталог минирующих молей сем. Gracillariidae (Lepidoptera) фауны России и сопредельных стран. СПб., 1998. Т. 274. 60 с. (Тр. Зоол. ин-та РАН).
- Легалов А. А. Аннотированный список видов надсемейства Curculionoidea (Coleoptera) азиатской части России // Амурский зоол. журн. 2010. № 2. С. 93–132.

- Миняйло А. К., Миняйло В. А. Вредители тополей и осины (Библиографический указатель отечественной и зарубежной литературы за 1882–1964 гг.). Госкомитет по лесной, целлюлозно-бум., деревообрабатывающей пром. и лесному хоз-ву при Госплане СССР; ЦНИИТЭИлеспром, 1965. 75 с.
- Митлчюченко К. З. Энтомофауна зеленых насаждений Новосибирска. Новосибирск, 1951. Т. VIII. № 8. С. 159–166 (Тр. Новосиб. с.-х. ин-та).
- Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур / под ред. В. И. Кузнецова. СПб.: Наука, 1999. Т. 3: Чешуекрылые. 410 с.
- Определитель насекомых Дальнего Востока СССР / под ред. П. А. Лера. Владивосток: Дальнаука, 1997. Т. V, ч. 1: Ручейники и чешуекрылые. 572 с.
- Определитель насекомых европейской части СССР / под ред. Г. С. Медведева. Л.: Наука, 1978. Т. 4, ч. 1-2: Чешуекрылые. 788 с.
- Приказ МПР Российской Федерации от 16.09.2016 № 480 “Об утверждении порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования”. URL: www.consultant.ru (доступ 09 апреля 2018).
- Сексяева С. В. Семейство Phyllocnistidae – сокоедки // Определитель насекомых Европейской части СССР / под ред. Г. С. Медведева. Л.: Наука, 1981. Т. 4, ч. 2: Чешуекрылые. С. 311–313.
- Скворцов А. К. О сибирском бальзамическом тополе // Бюл. Главного ботанического сада. 2007. Т. 193. С. 41–45.
- Средняя Сибирь. Природные условия / под ред. И. П. Герасимова. М.: Наука, 1964. 492 с.
- Строганова В. К. Материалы к фауне пилильщиков, минирующих березу в Западной Сибири // Фауна Сибири. Тр. Биол. ин-та СО АН СССР. 1973. № 16 (2). С. 120–125.
- Строганова В. К. О трофических связях пилильщиков в Западной Сибири. Полезные и вредные насекомые Сибири // Фауна Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. С. 151–157.
- Тарасова О. В., Ковалев А. В., Суховольский В. Г., Хлебоброс Р. Г. Насекомые-филлофаги зеленых насаждений городов: видовой состав и особенности динамики численности. Новосибирск: Наука, 2004. 180 с.
- Томилова В. Н. Минирующие насекомые Восточной Сибири. Фауна и экология насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1973. 160 с.
- Томилова В. Н. Насекомые фитофаги лесопитомников Иркутской области и БАССР // Фауна и экология насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока: межвуз. сб. 1977. С. 38–57.
- 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. № 41 (1). С. 125–141.
- Флоров Д. Н. Насекомые – вредители леса. Иркутск: ОГИЗ, 1948. 131 с.
- Хрулева О. А., Коротяев Б. А. Жуки-долгоносики (Coleoptera: Arionidae, Curculionidae) острова Врангеля // Энтомол. обозр. 1999. Т. 78, № 3. С. 648–670.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- Шодотова А. А., Гордеев С. Ю., Рудых С. Г., Гордеева Т. В., Устюжанин П. Я., Ковтунович В. Н. Чешуекрылые Бурятии / под ред. Л. Л. Убугунова, В. В. Дубатолова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 250 с.
- Яновский В. М. Лесная энтомофауна Саяно-Шушенского биосферного заповедника. Красноярск: ИЛИД СО РАН, 1996. 46 с.
- Яновский В. М. Насекомые-филлофаги березы и осины сибирских лесов: учеб. пособие. Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2003а. 62 с.
- Яновский В. М. Определитель вредителей тополей в Южной Сибири по повреждениям: учеб. пособие. Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2003б. 49 с.
- Connor E. F., Taverner M. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit // Oikos. 1997. Vol. 79. P. 6–25.
- De Prins J., De Prins W. Global Taxonomic Database of Gracillariidae (Lepidoptera). 2018. URL: <http://www.gracillariidae.net/> (accessed 25 January 2018).
- De Prins J., Kawahara A. Y. Systematics, revisionary taxonomy, and biodiversity of Afrotropical Lithocolletinae (Lepidoptera: Gracillariidae) // Zootaxa. 2012. N 3594. P. 1–283.
- Edmunds R. British Leafminers. England. 2018. URL: <http://www.leafmines.co.uk/index.htm> (accessed 8 March 2018).
- Ellis W. Leafminers and plant galls of Europe. Plant parasites of Europe: Leafminers, gallers and fungi. 2018. URL: <http://bladmineers.nl/> (accessed 5 February 2018).
- Fauna Europaea. Version 2017.06. 2018. URL: <https://fauna-eu.org> (accessed 9 March 2018).
- Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates // Molec. Marine Biol. Biotechnol. 1994. N 3. P. 294–299.
- Gregor F., Patočka J. Die Puppen der mitteleuropäischen Lithocolletinae // Mitteilungen des internationalen entomologischen Vereins, Supplement. 2001. N 8. P. 186.
- Hall T. A. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // Nucl. Acids. Symp. Ser. 1999. Vol. 41. P. 95–98.
- Hebert P. D. N., deWaard J. R., Landry J.-F. DNA barcodes for 1/1000 of the animal kingdom // Biol. Lett. 2010. N 6. P. 359–362. doi:10.1098/rsbl.2009.0848
- Hering M. E. Biology of the Leaf Miners. The Hague: Junk, 1951. 490 p.
- Hering E. M. Bestimmunstabellen der Blattminen von Europa: Einschliesslich des Mittelmeerbeckens und der Kanarischen Inseln. Berlin: Band, 1957. Bd. 1-3. 1185 p.
- Ivanova N. V., Dewaard J. R., Hebert P. D. N. An inexpensive, automation-friendly protocol for recovering high-quality DNA // Molec. Ecol. Notes. 2006. N 6. P. 998–1002.
- 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 Eastern Entomologist. 2017. 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. 2018. URL: <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1009-6>

- Kirichenko N., Huemer P., Deutsch H., Triberti P., Rougerie R., Lopez-Vaamonde C. Integrative taxonomy reveals a new species of *Callisto* (Lepidoptera, Gracillariidae) in the Alps // *ZooKeys*. 2015. Vol. 473. P. 157–176.
- Kirichenko N., Triberti P., Kobayashi S., Hirowatari T., Doorenweerd C., Ohshima I., Huang G-H, Wang M., Magnoux E., Lopez-Vaamonde C. Systematics of *Phyllocnistis* leaf-mining moths (Lepidoptera, Gracillariidae) feeding on dogwood (*Cornus* spp.) in Northeast Asia, with the description of three new species // *ZooKeys*. 2018. Vol. 736. P. 79–118. DOI: 10.3897/zookeys.736.20739.
- 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. Vol. 579. P. 99–156.
- Kobayashi S., Sakamoto Y., Jinbo U., Nakamura A., Hirowatari T. A new willow leaf blotch miner of the genus *Phyllocnistis* (Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistidae) from Japan, with pupal morphology and genetic comparison of Salicaceae mining species using DNA barcodes // *Lepidoptera Sci*. 2011. Vol. 62, N 2. P. 75–93.
- Kumar S., Stecher G., Tamura K. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets // *Mol. Biol. Evol.* Vol. 33. P. 1870–1874.
- Langor D. W., Cameron E. K., MacQuarrie C. J. K., McBeath A., McClay A., Peter B., Pybus M., Ramsfield T., Ryall K., Scarr T., Yemshanov D., DeMerchant I., Footitt R., Pohl G. R. Non-native species in Canada's boreal zone: Diversity, impacts, and risk // *Environ. Rev.* 2014. N 22. P. 372–420. dx.doi.org/10.1139/er-2013-0083.
- Lopez-Vaamonde C., Agassiz D. V. L., Augustin S., De Prins J., De Prins W., Gomboc S. et al. Lepidoptera. Chapter 11. Alien terrestrial arthropods of Europe / ed. A. Roques et al. // *BioRisk*. 2010. P. 603–668.
- Magurran A. E. Measuring Biological Diversity. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. 256 p.
- Ohshima I. Techniques for continuous rearing and assessing host preference of a multivoltine leaf-mining moth, *Acrocercops transecta* (Lepidoptera: Gracillariidae) // *Entomol. Sci.* 2005. N 8. P. 227–228.
- Péré C., Augustin S., Turlings et al. The invasive alien leaf miner, *Cameraria ohridella* and the native tree, *Acer pseudoplatanus*: A fatal attraction? // *Agric. For. Entomol.* 2010. N 12. P. 151–159.
- Pitkin B., Ellis W., Plant C., Edmunds R. The leaf and steam mines of British flies and other insects. 2018. URL: <http://www.ukflymines.co.uk/> (accessed 25 January 2018).
- Ragnhild S. The parasites of *Phyllocnistis labyrinthella* Bjerk. and their relation to the population dynamics of the leaf miner. *Nor. Entomol. Tidskrift. Supp. Pissodes strobi* (Peck) and a study of its insect parasites from an economic viewpoint // *Entomol. Am.* 1957. N 9. P. 153.
- Ratnasingham S., Hebert P. D. N. A DNA-based registry for all animal species: The Barcode Index Number (BIN) System // *PLoS ONE*. 2013. N 8 (7). e66213. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066213/>
- Rougerie R., Kitching I. J., Haxaire J., Miller S. E., Hausmann A., Hebert P. D. N. Australian Sphingidae – DNA barcodes challenge current species boundaries and distributions // *PloS One*. 2014. Vol. 9, N 7. e101108.
- Salleo S., Nardini A., Raimondo F., Assunta Lo Gullo M., Pace F., Giacomich P. Effects of defoliation caused by the leaf miner *Cameraria ohridella* on wood production and efficiency in *Aesculus hippocastanum* growing in north-eastern Italy // *Trees*. 2003. Vol. 17, N 4. P. 367–375.

Salicaceae-Feeding Leaf-Mining Insects in Siberia: Distribution, Trophic Specialization and Pest Status

N. I. KIRICHENKO^{1,2,3}, M. V. SKVORTSOVA², V. M. PETKO¹, M. G. PONOMARENKO^{4,5},
C. LOPEZ-VAAMONDE^{3,6}

¹ Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/28
E-mails: nkirichenko@yahoo.com, vladpetko@gmail.com

² Siberian Federal University
660041, Krasnoyarsk, Svobodny ave., 79
E-mail: marina.skvorcova.95@mail.ru

³ Institut National de la Recherche Agronomique
F-45075 Orleans, cedex, 2, CS 40001 Ardon, France, 2163 Ave. de la Pomme de Pin
E-mail: carlos.lopezvaamonde@inra.fr

⁴ Federal Research Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,
Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
690022, Vladivostok, 100 year Vladivostok ave., 159
E-mail: margp@biosoil.ru

⁵ Far Eastern Federal University
690922, Vladivostok, island Russky

⁶Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte UMR 7261 CNRS /
Université François-Rabelais UFR Sciences
37200, Tours, France, Parc Grandmont, Ave. Monge

The paper provides an overview of leaf-mining insects complex damaging willows (*Salix* spp.) and poplars (*Populus* spp.) in Siberia. According to literature data and our observations, 50 leaf-mining insect species (i. e. 24 species from Lepidoptera, 15 Coleoptera, 6 Diptera and 5 Hymenoptera) feed on plants from these two genera in Siberia. Using an integrative approach combining field work, morphological and DNA barcoding analyses, we identified 32 leaf-mining insects from 14 regions across Siberia (i. e. 64 % of all species on Salicaceae in this part of Russia). Among them, 26 species, most often found in parks and botanical gardens, represented new faunistic records for several poorly explored regions of Siberia. We increased the list of Salicaceae-feeding leaf-mining insects in Tomsk Region, Altai Territory and the Republic of Tuva in more than two times and for the first time provided data on leaf-miners for the northwestern region – Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug. The micromoth *Phyllocnistis gracilistylella* (Gracillariidae), recently described from Japan, is a new record to Russia from the south of Krasnoyarsk Territory, where it was found on a new host plant (*Salix carpea*).

Eight leaf-mining insect species (i. e. 5 gracillariids *Phyllocnistis labyrinthella*, *Ph. unipunctella*, *Phyllonorycter apparella*, *Ph. sagitella*, *Ph. populifoliella*, 2 beetles *Zeugophora scutellaris*, *Isochnus sequensi* and one sawfly *Heterarthrus ochropoda*) can outbreak on poplars, in urban plantations, botanical gardens and plant nurseries in Siberia, rarely in natural stands.

Forty five species of 50 leaf-mining insects known to feed on willows and poplars in Siberia also occur in Central and Eastern Europe. The remaining five species (*Phyllocnistis gracilistylella*, *Phyllonorycter sibirica*, *Heterarthrus fasciatus*, *Tachyerges dauricus*, *Isochnus arcticus*) recorded in Asia only. The species richness of the family Gracillariidae, the most diverse on Salicaceae in Siberia, has 80 % of similarity to that of the European part of Russia and 71 % to the Russian Far East. We discuss the faunal proximity of these regions and highlight the importance of applying an integrative approach combining ecological, morphological and DNA barcoding analyses to explore and characterize the insect fauna of poorly studied regions of Asian part of Russia.

Key words: Leaf-mining insects, DNA barcoding, distribution, regional findings, pests, *Salix*, *Populus*, Siberia.