

Инвазии насекомых-вредителей и грибных патогенов древесных растений на северо-западе европейской части России*

А. В. Селиховкин^{1,2}, Р. Дренкхан³, М. Ю. Мандельштам², Д. Л. Мусолин²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет,

Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова,

Российская Федерация, 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5

³ Эстонский университет естественных наук,

Эстония, 51006, Тарту, Креутцвалди, 1

Для цитирования: Селиховкин, А. В., Дренкхан, Р., Мандельштам, М. Ю., Мусолин, Д. Л. (2020). Инвазии насекомых-вредителей и грибных патогенов древесных растений на северо-западе европейской части России. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 65 (2), 263–283. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.203>

Инвазивные виды насекомых и грибов — серьёзная проблема для существования древесных растений на северо-западе европейской части России. Эту территорию активно осваивают в настоящее время инвазивные виды молей-пестрянок (Lepidoptera: Gracillariidae), минирующие листья древесных растений: липовая *Phyllonorycter issikii*, каштановая *Cameraria ohridella* и, вероятно, дубовая широкоминирующая моль *Acrocercops brongniardella*. Благоприятный фактор, способствующий распространению и увеличению плотности популяций вредителей и патогенов — рост среднемесячных температур в течение вегетационного сезона. Особенно тёплый сезон 2018 г., вероятно, способствовал заметному увеличению плотности популяций инвазивных видов минирующих молей и адвентивной тополёвой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella*. Большую опасность представляют распространившиеся на северо-западе виды стволовых вредителей и распространяемые ими болезни, в частности давно появившиеся на этой территории вязовые заболонники *Scolytus* spp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) и распространяемая ими голландская болезнь язвов (возбудитель — *Ophiostoma novo-ulmi*). Показано, что в регионе присутствуют также гибриды подвидов *Oph. novo-ulmi*, обладающие высокой патогенностью. Серьёзную потенциальную опасность для ясеней представляет возможное появление нового для региона агрессивного вредителя — ясеновой узкотелой изумрудной златки *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). Северо-западная граница инвазивного ареала этого вида в настоящее время проходит по окрестностям Твери, но его попадание через авто-трассы с транспортом или посадочным материалом на северо-запад европейской части России весьма вероятно. Недавняя инвазия гриба-аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* уже привела к заметному ухудшению состояния ясеней в некоторых районах Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Совместная активность златки *A. planipennis* и гриба *H. fraxineus* может иметь фатальные последствия для ясеня. Необходимо проведение дальнейшего мониторинга динамики ареалов инвазивных видов, изучение

* Работа частично поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований № 17-04-01486-а (Д. Л. Мусолин) и № 17-04-00360-а (М. Ю. Мандельштам).

их адаптаций к локальным условиям и взаимодействия инвазивных видов насекомых с местными и инвазивными дендропатогенными организмами.

Ключевые слова: инвазивные насекомые и грибы, древесные растения, европейская часть России.

1. Введение

Ускорение процесса инвазий чужеродных организмов, т. е. появление на определённой территории всё большего количества адвентивных видов в единицу времени, в последние десятилетия отмечается всё чаще, см. (Izhevsky and Maslyakov, 2010; Исаев и др., 2015; Карпун, 2018) и др. В России наиболее ярко этот процесс проявляется на побережье Черного моря, что вполне ожидаемо. Благоприятные климатические условия, интенсивная реконструкция зелёных насаждений на урбанизированных территориях с масштабным приобретением и ввозом разнообразного посадочного материала, большой поток туристов и объектов международной торговли — всё это в совокупности привело к появлению в регионе в начале XXI века десятков инвазивных видов. Массовое размножение некоторых из них, в особенности самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae), стало резонансным событием общероссийского масштаба. Особенности инвазионного процесса в регионе подробно проанализированы (Карпун и др., 2015; 2017; Карпун, 2018). Сходные процессы протекают и на северо-западе европейской части России. Масштабы здесь меньше, однако и в этом регионе некоторые инвазивные виды могут представлять серьёзную проблему для существования древесных растений, а иногда — и для экосистем в целом. Целью данной работы является обзор наиболее важных видов насекомых-вредителей и патогенов, относительно недавно появившихся на северо-западе европейской части России, размножение и распространение которых может в значительной степени повлиять на состояние древесных растений в регионе, а в некоторых случаях привести к массовой гибели растений-хозяев.

2. Методика и объекты исследований

Наблюдения за динамикой комплекса вредителей древесных растений на северо-западе европейской части России проводилось сотрудниками Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова (СПбГЛТУ), Зоологического института Российской академии наук и некоторых других организаций со второй половины XIX в. В Санкт-Петербурге с 2009 г. такие наблюдения проводились регулярно 2–3 раза в год как рекогносцировочные обследования в разных нефиксированных точках в зелёных насаждениях города, так и на пяти постоянных пробных площадях. Детальная методика наблюдений за популяциями чешуекрылых до 2017 г. включительно изложена ранее (Selikhovkin et al., 2018a). Результаты этих и аналогичных исследований показали, что в последние десятилетия в регионе произошли существенные изменения в комплексе вредителей древесных растений и дендропатогенных организмов, непосредственно влияющих на состояние древесных растений. Ведущую роль в этом процессе играют инвазивные вредители и патогены. В связи с этим объектами данной работы

являются именно инвазивные виды насекомых-дендрофагов и дендропатогенных грибов, появление которых на северо-западе европейской части России стало или может стать в ближайшем будущем серьёзной проблемой для древесных растений как естественных лесных экосистем, так и созданных человеком урбанизированных ландшафтов.

3. Результаты

3.1. Моли-пестрянки (Lepidoptera: Gracillariidae)

Это семейство чешуекрылых включает в основном виды молей, которые минируют листья: их гусеница развивается внутри листовой пластинки, питаясь клетками паренхимы. В этом семействе есть несколько десятков серьёзных вредителей древесных растений. Инвазии по меньшей мере четырёх питающихся на деревьях видов из этого семейства — белоакациевой паректопы *Parectopa robiniella* (Clemens, 1863) (Антюхова, 2010), белоакациевой моли-пестрянки *Macrosaccus robiniella* (Clemens, 1859) (Гниненко и Раков, 2010), минирующей каштановой моли (охридского минёра) *Cameraria ohridella* (Deshka et Dimič, 1986) и липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Гниненко и Козлова, 2008; Мозолевская, 2012) — стали резонансными событиями в европейской части России.

Возможность распространения ряда видов молей-пестрянок, повреждающих древесные растения, на территории северо-запада европейской части России (в Санкт-Петербурге, Новгородской, Псковской и Ленинградской областях) в значительной степени связана с завозом нехарактерного для этих регионов посадочного материала для озеленения населённых пунктов, садовых и дачных участков.

3.1.1. Тополёвая нижнесторонняя моль-пестрянка *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)

Следствием восстановления зелёных насаждений Санкт-Петербурга в послевоенные годы, а затем озеленения новых районов города за счёт посадок тополей стало массовое распространение тополёвой нижнесторонней моли-пестрянки *Ph. populifoliella*. В 1992–1999 гг. наблюдалась вспышка массового размножения этой бабочки с практически полным поражением ассимиляционного аппарата тополя бальзамического *Populus balsamifera* L., тополя берлинского *Populus × berolinensis* Dippel и их гибридов. На тополе белом *Populus alba* L. мины этого вредителя встречались редко. В первые годы массовый лёт выходящих с зимовки бабочек наблюдался в марте — апреле, т. е. до распускания листьев, но уже в 1996–1997 г. лёт был синхронизирован с распусканием листьев (Селиховкин, 2010; Selikhovkin et al., 2018a). Сейчас этот вид для Санкт-Петербурга можно рассматривать как адвентивный, прочно обосновавшийся в регионе (Selikhovkin et al., 2018a). После вспышки массового размножения в 1990-х гг. плотность популяции тополёвой нижнесторонней моли-пестрянки на протяжении нескольких лет находилась на низком уровне (на обследованных участках обычно повреждалось менее 1 % листьев). Однако в 2017 г. мы наблюдали небольшое увеличение плотности популяции этого вида, а в 2018 г. в Невском районе Санкт-Петербурга на двух точках учёта средняя экологическая

плотность мин составила 14.5 и 18.2 мин/лист соответственно (тогда как в других районах города среднее количество мин везде было меньше 1.0 мин/лист). Это даёт основания полагать, что вспышки размножения тополёвой нижнесторонней моли-пестрянки будут повторяться, но продолжительность эруптивной фазы вспышки массового размножения составит не более 2–3 лет, что характерно для большинства насекомых-филлофагов, дающих вспышки размножения на северо-западе европейской части России.

3.1.2. Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963)

Липовая моль-пестрянка *Ph. issikii* развивается в минах на листьях различных видов лип. Первичный (аборигенный) ареал липовой моли ограничен Дальним Востоком России, Японией и Кореей. В Восточной Сибири (от Енисея до среднего Приамурья) липа отсутствует. В связи с этим проникновение липовой моли-пестрянки в Европу можно объяснить только антропогенными факторами, т. е. завозом вместе с саженцами липы или иными посадочными, упаковочными материалами или товарами. По всей вероятности, этот вид был завезён в европейскую часть России в 1980-х гг. Инвазия *Ph. issikii* на территории России была стремительной, и к 2010 г. инвазивный ареал этого вида охватил практически всю территорию распространения липы как в естественных насаждениях, так и городских парках и посадках в России (Ermolaev and Rubleva, 2017). В отдельных районах плотность популяции липовой моли была очень высокой. В 2008 г. площадь очагов массового размножения этого вида в России оценивалась в 2 млн га (Гниненко и Козлова, 2008). Массовое размножение *Ph. issikii* в центральных районах европейской части России привело к экономическим потерям и снижению эстетического облика насаждений липы: даже при относительно невысокой плотности популяции моли ежегодные повреждения липы могут привести к существенному снижению резистентности деревьев и последующему развитию болезней (Гниненко и Козлова, 2008; Ермолаев и Зорин, 2011).

Время появления липовой моли-пестрянки в Санкт-Петербурге неизвестно, но уже в 2002 г. плотность популяции этого вредителя была заметной (Selikhovkin et al., 2018a). Многолетние наблюдения за развитием этого вида проводила Ю. А. Тимофеева (2014; 2015). В последствии эти работы были продолжены на кафедре защиты леса, древесиноведения и охотоведения СПбГЛТУ.

В Санкт-Петербурге липовая моль-пестрянка стабильно развивается в двух ежегодных поколениях. Гусеницы третьего поколения не успевают закончить развитие до осени. Предпочитаемые виды лип в Санкт-Петербурге — липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) и европейская (*T. europaea* L.). На липу крупнолистную (*T. platyphyllos* Scop.) и американскую (*T. americana* L.) бабочки липовой моли-пестрянки откладывают яйца существенно реже (Тимофеева, 2015).

Некоторое увеличение плотности популяции липовой моли-пестрянки наблюдалось в годы с аномально тёплыми вегетационными сезонами — в 2002, 2008 и 2013 гг. (Selikhovkin et al., 2018a), а также в 2018 г. Максимальную плотность популяции зафиксировали в 2013 г., когда в среднем на пробной площади было до 2.0 мин/лист.

3.1.3. Каштановая минирующая моль, или охридский минёр, *Cameraria ohridella* (Deschka et Dimič, 1986)

Каштановая минирующая моль была впервые отмечена в Европе в 1985 г., когда возникла вспышка массового размножения этого вредителя в районе Охридского озера в Греции. После этого вид стал стремительно распространяться по Европе. В 2005 г. его зафиксировали в Москве (Голосова и др., 2008), а в 2013 г. — в Санкт-Петербурге (А. Л. Львовский, устное сообщение). По-видимому, с посадочным материалом охридский минёр был завезён в Санкт-Петербург гораздо раньше 2013 г. (Голосова и др., 2008; Л. Н. Щербакова, устное сообщение). С 2014 г. численность *C. ohridella* стала заметной в парках города (Поповичев, 2016; Selikhovkin et al., 2018a).

Так же как и другие виды молей-пестрянок, гусеницы охридского минёра питаются внутри листьев, образуя бурые мины. В Европе этот вид повреждает каштан конский *Aesculus hippocastanum* L., при этом плотность популяции *C. ohridella* может достигать очень больших значений. Среднее количество мин гусениц даже первого поколения может достигать 175 на одном сложном листе. При такой огромной экологической плотности популяции к концу июня листья конского каштана бурют и начинают опадать (Акимов и др., 2003). В Санкт-Петербурге и окрестностях такой высокой плотности популяции *C. ohridella* пока не наблюдали, однако и здесь плотность популяции этого вида проявляет тенденцию к увеличению.

Охридский минёр в Санкт-Петербурге развивается в двух поколениях. За период наблюдений с 2016 по 2018 г. доля листьев, минированных гусеницами первого поколения, не превышала 10 % (Мартирова и Селиховкин, 2018). Плотность поселения второго поколения сильно варьировала в разных районах Санкт-Петербурга, но средние значения доли повреждённых листьев на пробных участках до 2018 г. не превышали 40 %. Однако в 2018 г. картина изменилась. Несмотря на низкую плотность популяции в первом поколении, доля минированных листьев во втором поколении составляла уже 90–100 %, а количество мин на лист варьировало от 9 до 29. Увеличение численности второго поколения, вероятно, обусловлено благоприятными погодными условиями: лето 2018 г., в отличие от предыдущих лет, было тёплым и сухим. В мае и июне 2017 г. температура была ниже среднемноголетних примерно на 1.5–2.0 °С, а в 2018 г., напротив, существенно превышала среднемноголетние (см. таблицу). Вегетационный сезон 2018 г. (май — сентябрь) был самым тёплым за предыдущие 7 лет. Средняя температура за вегетационный сезон превышала среднемноголетнюю на 2.0 °С и больше.

3.1.4. Дубовая широкоминирующая моль *Acrocercops brongniardella* (Fabricius, 1798)

Дубовая широкоминирующая моль — хорошо известный на территории России и других стран Европы вредитель, минирующий листья дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на большей части его ареала (Вредители..., 1955; Апостолов, 1981; Гершензон и Холченков, 1988; Львовский, 1994). Вспышки массового размножения этой моли характерны для Украины, юга и центра европейской части России, они были отмечены и в Западной Сибири (Нікітенко и др., 2004; Голуб и др., 2009; Чурсина и др., 2016; Уткина и Рубцов, 2018). На территории Санкт-Петербурга

Таблица. Средние температуры воздуха в Санкт-Петербурге за вегетационный сезон

Годы	Средние температуры воздуха в отдельные месяцы и за весь вегетационный сезон, °С					
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	За вегетационный сезон
2011	11.0	17.5	22.5	17.7	13.1	16.4
2012	12.7	15.3	19.5	16.3	12.9	15.4
2013	14.4	19.8	19.0	18.6	12.1	16.8
2014	13.0	15.0	21.2	18.8	13.5	16.3
2015	11.8	15.9	16.9	18.3	14.0	15.4
2016	14.7	16.4	19.0	17.2	12.9	16.0
2017	9.4	13.6	16.5	17.4	12.5	13.9
2018	15.1	16.2	20.9	19.2	14.5	17.2
1901–1930	9.8	14.9	18.0	15.7	10.8	13.8
1931–1960	9.9	15.4	18.4	16.8	11.2	14.3
1961–1990	10.9	15.6	17.7	16.2	11.0	14.3
2000–2017	12.1	15.8	19.8	17.8	12.5	15.6

Источники: (rp5.ru, n.d.; wikipedia.org, n.d.; world-weather.ru, n.d.).

и Ленинградской области этот вид ранее не встречался. В 2018 г. Н. В. Денисовой (СПбГЛТУ) были обнаружены мины этого вида в Санкт-Петербурге. Количество мин на одном дереве варьировало от 1 до 7 (Н. В. Денисова, личное сообщение). Вывести имаго из гусениц не удалось, но принадлежность мин другому виду молей маловероятна.

3.2. Стволовые жесткокрылые (Insecta: Coleoptera) и связанные с ними дендропатогенные грибы

Жесткокрылые (Coleoptera) — самый многочисленный отряд насекомых, включающий огромное количество реально и потенциально инвазивных видов, в том числе жуков-дендрофагов (Orlova-Bienkowskaja, 2017). В частности, высокий инвазивный потенциал для Европы имеет подсемейство короедов (Scolytinae) семейства долгоносиков (Curculionidae), так как видовой состав короедов Дальнего Востока и азиатской части России значительно отличается от такового в европейской части России, но при этом многие азиатские виды жуков развиваются в сходных климатических условиях на древесных растениях, систематически близких к европейским видам растений (Вредители..., 1955; Ижевский и др., 2005). Вопрос проникновения чужеродных видов насекомых с Дальнего Востока России в европейскую часть страны стоит достаточно остро, так как через Дальний Восток проходят магистральные пути транспортировки грузов из Азии в Европу (Kuznetsov and Storozhenko, 2010).

3.2.1. Уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 (Curculionidae: Scolytinae)

Естественный ареал уссурийского полиграфа в России ограничен дальневосточными таёжными лесами. Повреждает он преимущественно пихту, но способен заселять представителей других родов семейства сосновые (Pinaceae) — ель, сосну кедровую, лиственницу и тсугу. Распространяясь с заготовленной древесиной и товарным транспортом, уссурийский полиграф проник с территории Дальнего Востока в Сибирь. Вспышки массового размножения этого короеда охватили значительные площади пихтовых лесов Восточной и Западной Сибири и привели к гибели таёжных лесов (Баранчиков и др., 2011; Krivets et al., 2015; Кривец и др., 2015a, 2015b). Находя для себя более или менее значительную по территории и запасу кормовую базу, уссурийский полиграф начинает быстро размножаться, как это произошло в коллекции Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН в Москве (Серая и др., 2014). Кроме этого, *P. proximus* был однократно зафиксирован в Ленинградской области на ели (Mandelshtam and Popovichev, 2000; Чилахсаева, 2008). Единственный экземпляр был отмечен для окрестностей Тосно-2 в Ленинградской области, но у нас появились серьёзные сомнения в точности этикетки жука, и, возможно, это указание является ошибкой (Mandelshtam and Khairtdinov, 2017). По крайней мере в настоящее время уссурийский полиграф на территории Ленинградской области не встречается.

3.2.2. Вязовые заболонники (Curculionidae: Scolytinae) и голландская болезнь (графиоз) вязов

Многие виды короедов в большей или меньшей степени ассоциированы с дендропатогенными грибами-аскомицетами. Классическим примером стало распространение графиоза (голландской болезни) вязовыми заболонниками — струйчатым (*Scolytus multistriatus* (Marshall, 1802)) и заболонником-разрушителем (*Scolytus scolytus* (Fabricius, 1775)), распространяющими возбудителей голландской болезни — офиостомовые грибы *Ophiostoma ulmi* (Buisson) Nannfeldt и *Ophiostoma novo-ulmi* (Brasier) (Ascomycota: Ophiostomataceae) (Basset et al., 1992; Faccoli and Santini, 2016; Jankowiak et al., 2019). Споры грибов оседают на заболонников, когда те развиваются под корой больных деревьев. Вылетевшие молодые жуки проходят дополнительное питание на побегах здоровых вязов и таким образом переносят на эти деревья споры и частички мицелия патогенных грибов. Развивающиеся грибы, в свою очередь, снижают резистентность вязов, создавая условия для поселения на этих, уже ослабленных, деревьях заболонников. Совместная деятельность аборигенных видов короедов и инвазивных офиостомовых грибов стала причиной массовой гибели вязов в Европе и Северной Америке (Faccoli and Santini, 2016; Jankowiak et al., 2019). Вязовые заболонники широко распространены в зеленых насаждениях городов средней полосы России, в Санкт-Петербурге, странах Балтии (Мозолевская и др., 1987; Белова и др., 1998; Mandelshtam and Popovichev, 2000; Щербак, 2008; Mandelshtam and Khairtdinov, 2017).

Scolytus scolytus был уже давно отмечен в окрестностях Санкт-Петербурга Обертом (1874). Другой вид, *S. multistriatus*, по-видимому также в течение долго-

го времени размножался на юге Ленинградской области в пойме р. Луги. Вопрос о распространении голландской болезни в пойме р. Луги и её притоков (р. Ящера, р. Кемка и др.) специально не изучался, но массовое усыхание ильмовых здесь не было зарегистрировано. Локальные популяции *Scolytus laevis* Charpui, 1869, существовавшие долгое время в каньоне р. Лавы (Тосненский район Ленинградской области), также не вызывали графิโอза (Щербакова и Мандельштам, 2014; Mandelsh-tam and Khairtdinov, 2017). В обзоре наиболее значимых вредителей зеленых насаждений Ленинграда по результатам наблюдений до 1938 г. включительно вязовые заболонники даже не упоминаются (Венкова и Занадворова, 1939).

Широкому распространению голландской болезни в Санкт-Петербурге и пригородных парках предшествовало обнаружение в 2000–2001 гг. *S. multistriatus* и *S. scolytus* в пойменных лесах р. Тосно, расположенных к югу от Санкт-Петербурга, в парках г. Пушкина и городских насаждениях. Занос графิโอза в Санкт-Петербург и парки его пригородов предположительно связан с распространением зараженных жуков *S. scolytus* из более южных районов страны, так как существовавшие до этого локальные популяции вязовых заболонников не приводили к ярко выраженному графиозу (Щербакова и Мандельштам, 2014; Mandelsh-tam and Khairtdinov, 2017).

Публикации о наносимом заболонниками вреде и широком распространении голландской болезни стали появляться в 2000 г., когда было зафиксировано начало массового размножения *S. scolytus* и *S. multistriatus* и распространение графิโอза. В 2012 г. на посадках молодых вязов был обнаружен еще один переносчик голландской болезни — заболонник-пигмей *S. pygmaeus* (Fabricius, 1787), поселяющийся на ветках или стволах молодых деревьев. Этот вид был, вероятно, завезён в регион с посадочным материалом. Сейчас два вида заболонников — *S. scolytus* и *S. multistriatus* — распространены на всей территории Санкт-Петербурга и в Ленинградской области, вплоть до г. Выборга. В настоящее время гибель вязов приняла катастрофический характер и охватила всю территорию города и ближайших пригородов (Селиховкин и др., 2010; Щербакова и Мандельштам, 2014).

Массовую гибель вязов в Европе и, в частности, в Санкт-Петербурге и его окрестностях в последние несколько десятилетий связывают с распространением инвазивного патогена *Oph. novo-ulmi* (Калько, 2008; Faccoli and Santini, 2016; Jankow-iak et al., 2019). Усыхание вязов из-за голландской болезни и распространения заболонников в пригородах Санкт-Петербурга началось в 1995 г., когда в г. Пушкине (Пушкинский район Санкт-Петербурга) были обнаружены первые вязы, заселённые заболонниками и имеющие признаки голландской болезни. В 2000 г. в том же районе (в г. Павловске и г. Пушкине) погибли первые 185 деревьев. Они имели симптомы голландской болезни, но возбудитель тогда не был определён. Позднее появились публикации, указывающие на начало эпифитотии голландской болезни в Санкт-Петербурге (Дорофеева и Тюпина, 2002; Щербакова, 2008; Селиховкин и др., 2010).

Многочисленные пробы, взятые в парках, вдоль улиц, в аллеях посадках вязов в Ленинградской области, показали, что голландская болезнь вязов продолжает распространяться в регионе (Р. Дренкхан и др., неопубл.). Из усыхающих от графิโอза вязов в Санкт-Петербурге ранее была выделена не только *Oph. novo-ulmi*, но и *Oph. ulmi*, которая считается непатогенным (Калько, 2008). Наши предварительные исследования, проведённые в Ленинградской области, показали, что в некоторых про-

бах есть подвиды *Oph. novo-ulmi*, а также гибриды между этими подвидами. Эти гибриды могут обладать высокой патогенностью. Так, в соседней Эстонии недавно найдены два поражающих вяза близких подвида: *Ophiostoma novo-ulmi* subsp. *novo-ulmi* («европейский подвид») и *Ophiostoma novo-ulmi* subsp. *americana* («североамериканский подвид») (Jürisoo et al., 2019). Полные данные, включающие результаты молекулярно-генетического анализа таксономической принадлежности патогенов, будут опубликованы в ближайшее время (Jürisoo et al., in prep.).

3.2.3. Ясеновая узкотелая изумрудная златка *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) и халаровый некроз

Ясеновая узкотелая изумрудная златка — фатальный инвазивный вредитель ясеня, последствия вспышек массового размножения которого стали весьма значительным общественным событием последних трёх десятилетий. Изумрудная златка — аборигенный вид лиственных лесов Азии, питающийся преимущественно разными видами ясеня. В 2002 г. ясеновая златка была обнаружена в США и Канаде, но, вероятно, проникла на территорию Северной Америки раньше, в 1990-х гг. (Haack et al., 2015). К 2014 г. ясеновая изумрудная златка была обнаружена более чем в 20 штатах США. Более 200 миллионов деревьев ясеня в лесах и городских насаждениях, преимущественно в районе Великих озёр, были уничтожены этим вредителем в США и Канаде (Wagner and Todd, 2015). На территории России этот вид был обнаружен впервые в Москве в 2003 г. (Волкович и Мозолевская, 2014). Ясеновая изумрудная златка интенсивно расширяет инвазивный ареал в европейской части России, в особенности в южном и юго-западном направлениях. Сейчас этот вид отмечен в 13 регионах России (Izhevsky and Maslyakov, 2010; Orlova-Bienkowskaja, 2013; Волкович и Мозолевская, 2014; Musolin et al., 2017; Баранчиков, 2018; Баранчиков и др., 2018), при этом в 2018 г. в центральной и южной частях вторичного ареала (в Тульской, Воронежской и Липецкой областях) регистрировали очаги массового размножения златки (Баранчиков, 2018; Селиховкин и др., 2018).

Нами проводились исследования по изучению продвижения ясеновой изумрудной златки по направлению от Московской области к Санкт-Петербургу (Selikhovkin et al., 2017; Селиховкин и др., 2018). Наиболее вероятно её распространение вдоль автомобильной трассы М10 «Россия» (Москва — Санкт-Петербург), на обочинах которой более или менее регулярно встречаются посадки ясеня (преимущественно ясеня пенсильванского *Fraxinus pennsylvanica* Marsh). Обследования северо-западной границы инвазивного ареала *A. planipennis*, проводившиеся в 2016–2018 гг., показали, что наиболее близкие к Санкт-Петербургу поселения златки имеются в районе железнодорожной станции Дорошиха в Твери (56°52'N; 35°38'E). Эти поселения возникли не позднее 2016 г., так как летом и осенью 2018 г. здесь были собраны личинки и жуки златки. Дальше в северо-западном направлении златка обнаружена не была, однако мы продолжаем мониторинг распространения этого вредителя на пробных площадях, где размещены клеевые ловушки и ловчие деревья (Селиховкин и др., 2018).

Следует отметить, что в Новгородской области по направлению к Санкт-Петербургу имеются участки трассы, где яшень отсутствует на протяжении 30–40 км. Такое отсутствие кормовой базы может стать серьёзным препятствием

для распространения златки в северо-западном направлении (Afonin et al., 2016). Учитывая резкое снижение с 2018 г. плотности популяции *A. planipennis* в Москве (Орлова-Беньковская, 2018), вероятность попадания ясеневой златки в Санкт-Петербург и Ленинградскую область с автомобильным и железнодорожным транспортом также снижается, но не исчезает полностью. Насаждения ясеня в Санкт-Петербурге, к юго-западу и западу от города в Ленинградской и Псковской областях встречаются достаточно часто. При этом их санитарное состояние зачастую неудовлетворительное.

Одной из причин ухудшения состояния ясеня в Европе, и в том числе в европейской части России, стало распространение халарового некроза, вызванного грибом-аскомицетом *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya (Baral and Bemmman, 2014; Baral et al., 2014; Musolin et al., 2017). Этот патоген был завезён из Азии с посадочным материалом ясеня маньчжурского *Fraxinus mandshurica* Rupr. Стремительно распространившись в Западной Европе, аскомицет привёл к гибели насаждения ясеня на значительных площадях (Kowalski, 2006; Baral and Bemmman, 2014; Drenkhan et al., 2014). В европейской части России *H. fraxineus* был впервые зарегистрирован на территории Санкт-Петербурга в дендрарии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова (Gross et al., 2014; McKinney et al., 2014; Musolin et al., 2017). В 2011–2013 гг. наличие этого патогенна было подтверждено Р. Васайтисом (R. Vasaitis) и Р. Дренкханом (R. Drenkhan) (Мусолин и др., 2014; Musolin et al., 2017). При проведении в 2016–2018 гг. обследований состояния насаждений Дворцового парка в г. Гатчина и аллеиных посадок в Пушкинском районе Санкт-Петербурга было отмечено ухудшение состояния ясеня и развитие на нём ряда видов дендропатогенных грибов, в том числе наличие выраженных симптомов халарового некроза.

Известно, что изумрудная ясеневая златка охотно атакует деревья, ослабленные болезнями и другими факторами. Очевидно, что деревья, заражённые *H. fraxineus*, подвергаются наибольшему риску нападения этого вредителя. Кроме того, вылетевшие молодые жуки проходят дополнительное питание на листьях ясеня и так же, как и вязовые заболонники, по-видимому, способны заражать возбудителем халарового некроза здоровые деревья (Herms and McCullough, 2014; Блюммер и Штапова, 2016). При наложении инвазивных ареалов *H. fraxineus* и изумрудной златки можно ожидать кумулятивного эффекта, как это произошло с вязовыми заболонниками и графтиозом. В этом случае судьба ясеня в Европе будет незавидной (Musolin et al., 2017).

Ещё один потенциально инвазивный для Европы (в том числе для северо-запада России) вид златок из рода *Agrilus* — берёзовая бронзовая златка *Agrilus anxius* Gory, 1841. В Северной Америке этот вид не играет существенной роли как вредитель, но при этом к нему «совершенно неустойчивы белокорые виды палеарктических берез (Muilenburg, Herms, 2012)» (цит. по: Баранчиков, 2018).

4. Обсуждение

Количество инвазивных видов, появившихся на северо-западе европейской части России в последние десятилетия существенно меньше, чем в южных районах, особенно в Причерноморье, где мягкие климатические условия, разнообразие

древесной растительности и интенсивный товарообмен (в том числе посадочным материалом) предоставляют прекрасные возможности для успешного внедрения новых видов (Карпун и др., 2015; 2017; Карпун, 2018). Многие случайно завезенные чужеродные виды насекомых и грибов не представляют опасности для северо-запада России, где преобладает достаточно суровый климат. Например, фитопатогенный гриб *Fusarium circinatum*, ещё один потенциально опасный для Причерноморья инвайдер, по нашему мнению, не сможет адаптироваться к условиям северо-запада России, даже если как-то попадёт в этот регион (Selikhovkin et al., 2018b). Однако внедрение даже отдельных инвазивных видов может привести к разрушительным последствиям, в особенности когда насекомые-дендрофаги ассоциированы с дендропатогенными грибами, как это случилось, например, с вязовыми заболонниками и голландской болезнью. Ситуация усугубляется наблюдаемым сейчас изменением климата. Увеличение среднемесячных температур в течение вегетационного сезона за период с 2000 по 2017 г. (см. таблицу) создаёт благоприятные предпосылки для инвазивных видов насекомых и патогенов, продвижения которых на север ранее было ограничено недостаточной суммой эффективных температур (Musolin and Saulich, 2012; Økland et al., 2019).

Серьёзную потенциальную опасность представляет внедрение ясеновой изумрудной златки и её возможное взаимодействие с аскомицетом *H. fraxineus*, наличие которого на северо-западе европейской части России подтверждено.

Для большого числа видов, прежде всего вредителей ассимиляционного аппарата растений, возможность переноса дендропатогенных грибов, бактерий или вирусов в наших условиях не исследована. В частности, остаётся неясным возможность такого взаимодействия для рассмотренных выше инвазивных молей-пестрянок и жуков.

Внедрение инвазивных насекомых-дендрофагов и дендропатогенных грибов в местные экосистемы существенно меняет видовую структуру сложившихся энтомо- и микобиотных комплексов. Инвазивные организмы нередко становятся доминирующими в этих сообществах (Selikhovkin et al., 2018b). При этом нарушаются устойчивые паразито-хозяйинные отношения, обуславливающие стабильность существования древесных растений как в лесных экосистемах, так и в городских посадках. Насколько инвазивные виды окажутся конкурентоспособными в новых условиях — вопрос открытый. Если в отношении насекомых-дендрофагов исследование этой проблемы проводится на уровне полевых учётов видового состава, определения плотности популяций и других популяционных характеристик, то в отношении микобиоты такие работы весьма трудоёмки и требуют привлечения молекулярно-генетических методов идентификации и изучения состава микосообществ.

5. Выводы

В результате нашего исследования можно сделать следующие выводы:

- 1) инвазионный процесс на северо-западе европейской части России представляет серьёзную угрозу для древесных растений;
- 2) возможности адаптации и вредоносность ряда видов, а также взаимосвязи насекомых-дендрофагов и дендропатогенных организмов в регионе практически не исследованы;

- 3) необходимо дальнейшее проведение мониторинга динамики ареалов инвазивных видов, изучение их адаптации и взаимодействия инвазивных видов насекомых с дендропатогенными организмами.

Литература

- Акимов, И. А., Зерова, М. Д., Нарольский, Н. Б., Свиридов, С. В., Коханец, А. М., Никитенко, Г. Н., Гершензон, З. С. (2003). Биология каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) в Украине. Сообщение 1. *Вестник зоологии*, 37 (5), 41–52.
- Антюхова, О. В. (2010). Белоакациевая моль-пестрянка (*Parectopa robinella* Clemens) — опасный вредитель *Robinia pseudoacacia* L. в Приднестровье. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, (192), 4–11.
- Апостолов, Л. Г. (1981). *Вредная энтомофауна лесных биогеоценозов Центрального Приднестровья*. Киев и Одесса: Вища школа.
- Баранчиков, Ю. Н. (2018). Подготовка к защите лесов Европы от инвазивных видов златок. *Сибирский лесной журнал*, (6), 126–131.
- Баранчиков, Ю. Н., Вавин, В. С., Серая, Л. Г., Тунякин, В. Д. (2018). Ясеновая узкотелая златка *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) обнаружена в насаждениях Каменно-Степного опытного лесничества. В: *X Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах. Т. 1. Насекомые и прочие беспозвоночные животные, материалы международной конференции*. Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 127.
- Баранчиков, Ю. Н., Кривец, С. А., Петько, В. М., Керчев, И. А., Мизеева, А. С., Анисимов, В. А. (2011). В погоне за полиграфом уссурийским *Polygraphus proximus* Blandf. *Экология Южной Сибири и сопредельных территорий*, 15 (1), 52–54.
- Белова, Н. К., Куликова, Е. Г., Шарапа, Т. В., Сураппаева, В. М., Беднова, О. В., Белов, Д. А. (1998). Вредители зеленых насаждений. *Лесной вестник*, (2), 40–53.
- Блюммер, А. Г., Штапова, Н. Н. (2016). Златка *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) — итоги поиска в Воронеже и Воронежской области в 2011–2016 гг. *Труды Воронежского государственного заповедника*, (78), 126–142.
- Венкова, Е., Занадворова, В. (1939). Работа группы по борьбе с вредителями и болезнями зеленых насаждений в 1938 г. в Ленинграде. *Зеленое строительство*, (1–2), 63–66.
- Волкович, М. Г., Мозолевская, Е. Г. (2014). Десятилетний «юбилей» инвазии ясеновой изумрудной узкотелой златки *Agrilus planipennis* Fairm. (Coleoptera: Buprestidae) в России: итоги и перспективы. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, (207), 8–19.
- Вредители леса. Справочник*. (1955). Москва и Ленинград: Изд-во АН СССР.
- Гершензон, З. С., Холченков, В. А. (1988). Моли-пестрянки — Gracillariidae. В: В. П. Васильев, под ред., *Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений: Т. 2. Вредные членистоногие, позвоночные*. Киев: Урожай, 263–273.
- Гниненко, Ю. И., Козлова, Е. И. (2008). Прогрессирующие вредители липы в городских посадках. *Защита и карантин растений*, (1), 47.
- Гниненко, Ю. И., Раков, А. Г. (2010). Белоакациевая моль-пестрянка в России. *Защита и карантин растений*, (10), 36–37.
- Голосова, М. А., Гниненко, Ю. И., Голосова, Е. И. (2008). *Каштановый минер Cameraria ohridella — опасный карантинный вредитель на объектах городского озеленения*. Москва: Восточнопаlearктическая региональная секция Международной организации по биологической борьбе с вредными животными и растениями.
- Голуб, В. Б., Бережнова, О. Н., Корнев, И. И. (2009). Массовое размножение дубовой широкоминирующей моли (*Acrosceps brongniardella* F., Lepidoptera, Gracillariidae) в Воронежской области. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, (187), 96–102.
- Дорофеева, Т. Б., Тюпина, Г. Н. (2002). Графиоз ильмовых в Санкт-Петербурге и меры борьбы с ним. *Экология большого города*, (6), 57–61.
- Ермолаев, И. В., Зорин, Д. А. (2011). Экологические последствия инвазии *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в липовых лесах Удмуртии. *Зоологический журнал*, 90 (6), 717–723.

- Ижевский, С. С., Никитский, Н. Б., Волков, О. Г., Долгин, М. М. (2005). *Иллюстрированный справочник жуков-ксилофагов — вредителей леса и лесоматериалов Российской Федерации*. Тула: Гриф и К.
- Исаев, А. С., Пальникова, Е. Н., Суховольский, В. Г., Тарасова, О. В. (2015). *Динамика численности лесных насекомых-филлофагов: модели и прогнозы*. Москва: Товарищество научных изданий КМК.
- Калько, Г. В. (2008). Голландская болезнь вязов в Санкт-Петербурге. *Микология и фитопатология*, 42 (6), 564–571.
- Карпун, Н. Н. (2018). *Структура комплексов вредных организмов древесных растений во влажных субтропиках России и биологическое обоснование мер защиты*. Диссертация ... доктора биологических наук. Российский государственный аграрный университет.
- Карпун, Н. Н., Журавлева, Е. Н., Волкович, М. Г., Проценко, В. Е., Мусолин, Д. Л. (2017). К фауне и биологии новых чужеродных видов насекомых-вредителей древесных растений во влажных субтропиках России. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, (220), 169–185. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2017.220.169-185>
- Карпун, Н. Н., Игнатова, Е. А., Журавлева, Е. Н. (2015). Новые виды вредителей декоративных древесных растений во влажных субтропиках Краснодарского края. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, (211), 187–203.
- Кривец, С. А., Керчев, И. А., Бисирова, Э. М., Демидко, Д. А., Петько, В. М., Баранчиков, Ю. Н. (2015a). Распространение уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) в Сибири. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, (211), 33–45.
- Кривец, С. А., Керчев, И. А., Бисирова, Э. М., Пашенова, Н. В., Демидко, Д. А., Петько, В. М., Баранчиков, Ю. Н. (2015b). *Уссурийский полиграф в лесах Сибири (распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений)*. Методическое пособие. Томск и Красноярск: Умник.
- Львовский, А. Л. (1994). Сем. Oecophoridae — ширококрылые моли. В: В. И. Кузнецов и др., под ред., *Насекомые и клещи — вредители сельскохозяйственных культур*. Т. 3. Ч. 1. Санкт-Петербург: Наука, 292–300.
- Мартирова, М. Б., Селиховкин, А. В. (2018). Каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* Dshka & Dimič, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) Санкт-Петербурге. В: *X Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах*. Т. 1. *Насекомые и прочие беспозвоночные животные, материалы международной конференции*. Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 70–71.
- Мозолевская, Е. Г. (2012). Значимые виды дендрофильных насекомых в городских насаждениях Москвы в современный период. В: *Экологические и экономические последствия инвазий дендрофильных насекомых, материалы Всероссийской конференции с международным участием*. Красноярск: Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 23–24.
- Мозолевская, Е. Г., Крылова, Н. В., Белова, Н. К., Осипов, И. Н. (1987). Экология заболонников — переносчиков голландской болезни. *Защита растений*, (7), 37–40.
- Мусолин, Д. Л., Булгаков, Т. С., Селиховкин, А. В., Адамсон, К., Дренкхан, Р., Васайтис, Р. (2014). *Dothistroma septosporum*, *D. pini* и *Hymenoscyphus fraxineus* (Ascomycota) — патогены древесных растений, вызывающие серьезную озабоченность в Европе. В: *VII Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах, материалы международной конференции*. Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 54–55.
- Нікітенко, Г. М., Фурсов, В. М., Гершензон, З. С., Свиридов, С. В. (2004). Дубова широкомінуюча міль та інші мінуючі лускокрилі на дубі повідомлення 2. Морфобіологічна та екологічна характеристика дубової широкомінуючої моті та інших мінуючих шкідників дуба. *Вестник зоології*, 38 (2), 53–61.
- Оберт, И. С. (1874). Список жуков, найденных по сие время в Петербурге и его окрестностях. *Труды Русского энтомологического общества в Санкт-Петербурге*, 8 (1), 108–139.
- Орлова-Беньковская, М. Я. (2018). Хорошие новости: в Москве улучшается состояние ясеней после вспышки численности златки *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). В: *X Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах*.

- мах. Т. 1. Насекомые и прочие беспозвоночные животные, материалы международной конференции. Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 80.
- Поповичев, Б. Г. (2016). Каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* Deschka et Dimič, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae) в Санкт-Петербурге. В: IX Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах, материалы международной конференции, Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 95.
- Селиховкин, А. В. (2010). Особенности популяционной динамики тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Gracillariidae). *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, (192), 220–235.
- Селиховкин, А. В., Перегудова, Е. Ю., Мусолин, Д. Л., Поповичев, Б. Г., Баранчиков, Ю. Н. (2018). Ясенева изумрудная узкотелая златка *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) на пути из Москвы в Санкт-Петербург. В: X Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах. Т. 1. Насекомые и прочие беспозвоночные животные, материалы международной конференции. Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 95–96.
- Селиховкин, А. В., Поповичев, Б. Г., Давыдова, И. А., Неверовский, В. Ю. (2010). Массовое размножение вязовых заболонников в Санкт-Петербурге. *Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности*, 14 (6), 5–12.
- Серая, Л. Г., Пашенова, Н. Г., Мухина, Л. Н., Дымович, А. В., Александрова, М. С., Баранчиков, Ю. Н. (2014). Повреждаемость видов рода *Abies* Mill. в коллекции Главного ботанического сада РАН уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus* Bland. и его грибными ассоциантами. В: Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика, материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 649–652.
- Тимофеева, Ю. А. (2014). Особенности экологии липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в Санкт-Петербурге. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, (207), 133–141.
- Тимофеева, Ю. А. (2015). Оценка влияния листоядных вредителей на состояние липы в парковых насаждениях Санкт-Петербурга. Диссертация ... кандидата биологических наук. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова.
- Уткина, И. А., Рубцов, В. В. (2018). Дубовая широкоминирующая моль *Acrocercops brongniardella* F. (Lepidoptera: Gracillariidae) в Теллермановской дубраве. В: X Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах. Т. 1. Насекомые и прочие беспозвоночные животные, материалы международной конференции. Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 104–105.
- Чилахсаева, Е. А. (2008). Первая находка *Polygraphus proximus* (Coleoptera, Scolytidae) в Московской области. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*, 113 (6), 39–42.
- Чурсина, В. А., Вохтанцева, К. В., Гайвас, А. А. (2016). Основной вредитель дуба черешчатого на территории города Омска — дубовая широкоминирующая моль. В: *Инновационные технологии в сельском хозяйстве, материалы II международной научной конференции*. Санкт-Петербург: Свое издательство, 21–25.
- Щербакова, Л. Н. (2008). Вязовые заболонники в городских посадках Санкт-Петербурга. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, (182), 306–313.
- Щербакова, Л. Н., Мандельштам, М. Ю. (2014). Вязы Санкт-Петербурга: после третьего звонка. В: VII Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах, материалы международной конференции. Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 97–98.
- Afonin, A. N., Musolin, D. L., Egorov, A. A. and Selikhovkin, A. V. (2016). Possibilities of further range expansion of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the North-West of European Russia: What factors will limit the invasive range? In: *UArctic Congress 2016. Abstract Book*. Saint Petersburg, 100.
- Baral, H.-O. and Bemmann, M. (2014). *Hymenoscyphus fraxineus* vs. *Hymenoscyphus albidus* — a comparative light microscopic study on the causal agent of European ash dieback and related foliicolous, stroma-forming species. *Mycology*, 5 (4), 228–290. <https://doi.org/10.1080/21501203.2014.963720>

- Baral, H.-O., Queloz, V. and Hosoya, T. (2014). *Hymenoscyphus fraxineus*, the correct scientific name for the fungus causing ash dieback in Europe. *IMA Fungus*, 5, 79–80. <https://doi.org/10.5598/imafungus.2014.05.01.09>
- Basset, Y., Favaro, A., Springate, N. D. and Battisti, A. (1992). Observations on the relative effectiveness of *Scolytus multistriatus* (Marsham) and *Scolytus pygmaeus* (Fabricius) (Coleoptera: Scolytidae) as vectors of the Dutch elm disease. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 65, 61–67.
- Drenkhan, R., Sander, H. and Hanso, M. (2014). Introduction of Mandshurian ash (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) to Estonia: Is it related to the current epidemic on European ash (*F. excelsior* L.)? *European Journal of Forest Research*, 133 (5), 769–781. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0811-9>
- Ermolaev, I. V. and Rubleva, Ye. A. (2017). History, rate and factors of invasion of lime leafminer *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) in Eurasia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 8, 115–130. <https://doi.org/10.1134/S2075111717020035>
- Faccoli, M. and Santini, A. (2016). Dutch elm disease and elm bark beetles: Pathogen-insect interaction. In: J.K. Brown, ed., *Vector-Mediated Transmission of Plant Pathogens*. St. Paul: The American Phytopathological Society, 74–86.
- Gross, A., Hosoya, T. and Queloz, V. (2014). Population structure of the invasive forest pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Molecular Ecology*, 23, 2943–2960.
- Haack, R. A., Baranchikov, Y., Bauer, L. S. and Poland, Th. M. (2015). Emerald ash borer biology and invasion history. In: R. C. Reardon, ed., *Biology and Control of Emerald Ash Borer*. Morgantown: United States Department of Agriculture. Forest Health Technology Enterprise Team (WV-2014-09), 1–14.
- Herms, D. A. and McCullough, D. G. (2014). Emerald ash borer invasion of North America: History, biology, ecology, impacts, and management. *Annual Review of Entomology*, 59, 13–30. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011613-162051>
- Izhevsky, S. S. and Maslyakov, V. Y. (2010). New invasions of alien insects into European part of Russia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 1, 68–73. <https://doi.org/10.1134/S2075111710020037>
- Jankowiak, R., Strzałka, B., Bilanski, P., Kacprzyk, M., Wieczorek, P. and Linnakoski, R. (2019). Ophiostoma-toid fungi associated with hardwood-infesting bark and ambrosia beetles in Poland: Taxonomic diversity and vector specificity. *Fungal Ecology*, 39, 152–167. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2019.02.001>
- Jürisoo, L., Adamson, K., Padari, A. and Drenkhan, R. (2019). Health of elms and Dutch elm disease in Estonia. *European Journal of Plant Pathology*, 154, 823–841. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01707-0>
- Kowalski, T. (2006). *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *Forest Pathology*, 36 (4), 264–270. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2006.00453.x>
- Krivets, S. A., Bisirova, E. M., Kerchev, I. A., Pats, E. N. and Chernova, N. A. (2015). Transformation of taiga ecosystems in the Western Siberian invasion focus of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Russian Journal of Biological Invasions*, 6, 94–108. <https://doi.org/10.1134/S2075111715020058>
- Kuznetsov, V. N. and Storozhenko, S. Yu. (2010). Insect invasions in the terrestrial ecosystems of the Russian Far East. *Russian Journal of Biological Invasions*, 1, 102–105. <https://doi.org/10.1134/S2075111710020086>
- Mandelstam, M. Y. and Khairtdinov, R. R. (2017). Additions to the check list of bark beetles (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) from Leningrad Province, Russia. *Entomological Review*, 97, 893–899. <https://doi.org/10.1134/S0013873817070053>
- Mandelstam, M. Yu. and Popovichev, B. G. (2000). Annotated list of bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) of Leningrad Province. *Entomological Review*, 80, 887–903.
- McKinney, L. V., Nielsen, L. R., Collinge, D. B., Thomsen, I. M., Hansen, J. K. and Kjær, E. D. (2014). The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution. *Plant Pathology*, 63 (3), 485–499. <https://doi.org/10.1111/ppa.12196>
- Musolin, D. L. and Saulich, A. Kh. (2012). Responses of insects to the current climate changes: From physiology and behavior to range shifts. *Entomological Review*, 92, 715–740. <https://doi.org/10.1134/S0013873812070019>
- Musolin, D. L., Selikhovkin, A. V., Shabunin, D. A., Zviagintsev, V. B. and Baranchikov, Yu. N. (2017). Between Ash dieback and Emerald ash borer: Two Asian invaders in Russia and the future of ash in Europe. *Baltic Forestry*, 23 (1), 316–333.
- 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. and Voolma, K. (2019). Range

- expansion of the small spruce bark beetle *Ips amitinus*: a newcomer in northern Europe. *Agricultural and Forest Entomology*, 21 (3), 286–298. <https://doi.org/10.1111/afe.12331>
- Orlova-Bienkowskaja, M. Ja. (2013). Dramatic expansion of the range of invasive ash pest, buprestid beetle *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera, Buprestidae) in European Russia. *Entomological Review*, 93 (9), 1121–1128. <https://doi.org/10.1134/S0013873813090042>
- Orlova-Bienkowskaja, M. Ja. (2017). Main trends of invasion process in beetles (Coleoptera) of European Russia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 8, 143–157. <https://doi.org/10.1134/S2075111717020060>
- rp5.ru (n.d.). *Архив погоды в Санкт-Петербурге*. [online] Доступно на: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Санкт-Петербурге [Дата доступа 08.07.2020].
- Selikhovkin, A. V., Baryshnikova, S. V., Denisova, N. V. and Timofeeva, Yu. A. (2018a). Species composition and population dynamics of dominant dendrophagous moths (Lepidoptera) in St. Petersburg and its environs. *Entomological Review*. 98, 963–978. <https://doi.org/10.1134/S0013873818080031>
- Selikhovkin, A. V., Markovskaya, S., Vasaytis, R., Martynov, A. N. and Musolin, D. L. (2018b). Phytopathogenic fungus *Fusarium circinatum* and potential for its transmission in Russia by insects. *Russian Journal of Biological Invasions*, 9, 245–252. <https://doi.org/10.1134/S2075111718030128>
- Selikhovkin, A. V., Popovichev, B. G., Mandelshtam, M. Yu., Musolin, D. L. and Vasaitis, R. (2017). The frontline of invasion: the current northern limit of the invasive range of Emerald ash borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae), in European Russia. *Baltic Forestry*, 23 (1), 309–315.
- Wagner, D. L. and Todd, K. J. (2015). Ecological impacts of Emerald ash borer. In: R. C. Reardon, ed., *Biology and Control of Emerald Ash Borer*. Morgantown: United States Department of Agriculture. Forest Health Technology Enterprise Team (WV-2014-09), 15–65.
- wikipedia.org (n.d.). *Климат Санкт-Петербурга*. [online] Доступно на: https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_Санкт-Петербурга [Дата доступа 08.07.2020].
- world-weather.ru (n.d.). *Архив погоды в Санкт-Петербурге*. [online] Доступно на: https://world-weather.ru/archive/russia/saint_petersburg/ [Дата доступа 08.07.2020].

Статья поступила в редакцию 2 июня 2019 г.
Статья рекомендована в печать 10 февраля 2020 г.

Контактная информация:

Селиховкин Андрей Витимович — a.selikhovkin@mail.ru

Дренкхан Рейн — rein.drenkhan@emu.ee

Мандельштам Михаил Юрьевич — michail@mm13666.spb.edu

Мусолин Дмитрий Леонидович — musolin@gmail.com

Invasions of insect pests and fungal pathogens of woody plants into the northwestern part of European Russia*

A. V. Selikhovkin^{1,2}, R. Drenkhan³, M. Yu. Mandelshtam², D. L. Musolin²

¹ St. Petersburg State University,

7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

² St. Petersburg State Forest Technical University,

5, Institutskiy per., St. Petersburg, 194021, Russian Federation

³ Estonian University of Life Sciences,

1, Kreutzwaldi, Tartu, 51006, Estonia

For citation: Selikhovkin A. V., Drenkhan R., Mandelshtam M. Yu., Musolin D. L. (2020). Invasions of insect pests and fungal pathogens of woody plants into the northwestern part of European Russia. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 65 (2), 263–283. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.203> (In Russian)

* The work is partly supported by Russian Foundation for Basic Research (grant no. 17-04-01486-a for D. L. Musolin, grant no. 17-04-00360-a for M. Yu. Mandelshtam).

Invasions of insects and fungi is a serious problem for the existence of woody plants in the northwest of the European part of Russia. The following species of moths (Lepidoptera: Gracillariidae) that produce mines in the leaves of woody plants recently arrived in the region: *Phyllonorycter issikii* (feeding on lime), *Cameraria ohridella* (feeding on chestnut), and, likely, *Acrocercops brongniardella* (feeding on oak). Increasing average monthly temperatures during the growing season is a favorable factor which can promote the spread of pests and pathogens and increase their population density. The particularly warm season of 2018 likely contributed to the noticeable increase in the population density of the invasive mining moths as well as the adventive poplar mining moth *Phyllonorycter populifoliella*. Spreading species of stem-boring and bark beetles, as well as diseases associated with them, might be particularly dangerous; in particular, *Scolytus* spp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) are involved in spreading Dutch elm disease (caused by *Ophiostoma novo-ulmi*). It has been demonstrated that hybrids of *Oph. novo-ulmi* are spread in the region and can be highly pathogenic. Emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) is another serious potential aggressive invader. The northwestern border of its invasive range is currently in the environs of the city of Tver, but its arrival by highways, with transport or planting materials to the northwest of the European part of Russia is likely. The recent invasion of the ascomycete *Hymenoscyphus fraxineus* has already led to a noticeable deterioration of the condition of ash trees in Saint Petersburg and the Leningrad Region. The combined effect of the buprestid beetle *A. planipennis* and fungus *H. fraxineus* can have fatal consequences for ash. It is necessary to continue monitoring invasive species range dynamics and studying their adaptation to local conditions and the interaction of invasive insects with local and invasive woody plant pathogenic organisms.

Keywords: invasive insects, woody plants, European part of Russia.

References

- Afonin, A. N., Musolin, D. L., Egorov, A. A. and Selikhovkin, A. V. (2016). Possibilities of further range expansion of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the North-West of European Russia: What factors will limit the invasive range? In: *UArctic Congress 2016. Abstract Book*. Saint Petersburg, 100.
- Akimov, I. A., Zerova, M. D., Narol'skiy, N. B., Sviridov, S. V., Kokhanets, A. M., Nikitenko, G. N. and Gershenson, Z. S. (2003). Biology of a chestnut mining moth *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) in Ukraine. Communication 1. *Vestnik Zoologii*, 37 (5), 41–52. (In Russian)
- Antyukhova, O. V. (2010). The locust digitate leafminer is a dangerous pest of *Robinia pseudoacacia* L. in Transnistria. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, (192), 4–11. (In Russian)
- Apostolov, L. G. (1981). *Harmful entomofauna of forest biogeocenoses in the vicinity of the Central Dnieper*. Kiev and Odessa: Vishcha shkola Publ. (In Russian)
- Baral, H.-O. and Bemann, M. (2014). *Hymenoscyphus fraxineus* vs. *Hymenoscyphus albidus* — a comparative light microscopic study on the causal agent of European ash dieback and related foliicolous, stroma-forming species. *Mycology*, 5 (4), 228–290. <https://doi.org/10.1080/21501203.2014.963720>
- Baral, H.-O., Queloz, V. and Hosoya, T. (2014). *Hymenoscyphus fraxineus*, the correct scientific name for the fungus causing ash dieback in Europe. *IMA Fungus*, 5, 79–80. <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2014.05.01.09>
- Baranchikov, Yu. N. (2018). Preparing for protection of European forests from invasive species of buprestids. *Siberian Journal of Forest Science*, (6), 126–131. (In Russian)
- Baranchikov, Yu. N., Krivets, S. A., Pet'ko, V. M., Kerchev, I. A., Mizzeyeva, A. S. and Anisimov, V. A. (2011). Chasing the four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandf. *Ekologiya Iuzhnoi Sibiri i soprodel'nykh territorii*, 15 (1), 52–54. (In Russian)
- Baranchikov, Yu. N., Vavin, V. S., Seraya, L. G., Tunyakin, V. D. (2018). Emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) found in the stands of the Kamenno-Stepnoy forestry. In: *The Kataev Memorial Readings — X. Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems. Vol. 1. Insects and Other Invertebrates, proceedings of the international conference*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Forest Technical University Publ., 127. (In Russian)

- Basset, Y., Favaro, A., Springate, N.D. and Battisti, A. (1992). Observations on the relative effectiveness of *Scolytus multistriatus* (Marshall) and *Scolytus pygmaeus* (Fabricius) (Coleoptera: Scolytidae) as vectors of the Dutch elm disease. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 65, 61–67.
- Belova, N. K., Kulikova, E. G., Sharapa, T. V., Surappaeva, V. M., Bednova, O. V. and Belov, D. A. (1998). Pests of green plantations. *Forestry Bulletin*, (2), 40–53. (In Russian)
- Blyummer, A.G and Shtapova, N.N. (2016). Emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) — results of the survey in Voronezh and Voronezh Region in 2011–2016. *Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo zapovednika*, (78), 126–142. (In Russian)
- Chilakhsayeva, E. A. (2008). First finding of *Polygraphus proximus* (Coleoptera, Scolytidae) in the Moscow Region. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*, 113 (6), 39–42. (In Russian)
- Chursina, V. A., Volkhtantseva, K. V. and Gayvas, A. A. (2016). The main pest of English oak on the territory of the city of Omsk is the leaf blotch miner moth. In: *Innovative technologies in agriculture, proceedings of the II international scientific conference*. St. Petersburg: Svoe izdatel'stvo Publ., 21–25. (In Russian)
- Dorofeyeva, T. B. and Tyupina, G. N. (2002). Dutch elm disease in St. Petersburg and measures of its control. *Ekologiya bol'shogo goroda*, (6), 57–61. (In Russian)
- Drenkhan, R., Sander, H. and Hanso, M. (2014). Introduction of Mandshurian ash (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) to Estonia: Is it related to the current epidemic on European ash (*F. excelsior* L.)? *European Journal of Forest Research*, 133 (5), 769–781. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0811-9>
- Ermolaev, I. V. and Rubleva, Ye. A. (2017). History, rate and factors of invasion of lime leafminer *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) in Eurasia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 8, 115–130. <https://doi.org/10.1134/S2075111717020035>
- Ermolaev, I. V. and Zorin, D. A. (2011). Ecological subsequences of *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) invasion in the lime forests in Udmurtia. *Zoologicheskii zhurnal*, 90 (6), 717–723. (In Russian)
- Faccoli, M. and Santini, A. (2016). Dutch elm disease and elm bark beetles: Pathogen-insect interaction. In: J.K.Brown, ed., *Vector-Mediated Transmission of Plant Pathogens*. St. Paul: The American Phytopathological Society, 74–86.
- Gershenzon, Z.S. and Kholchenkov, V.A. (1988). Mining moths — Gracillariidae. In: V.P.Vasil'yev, ed., *Vrediteli sel'skokhoziaistvennykh kul'tur i lesnykh nasazhdenii: T.2. Vrednye chlenistonogie, pozvonochnye*. Kiev: Urozhaj Publ., 263–273. (In Russian)
- Gninenko, Yu. I. and Kozlova, E. I. (2008). Ever-increasing pests of lime in urban plantings. *Zashchita i karantin rastenii*, (1), 47. (In Russian)
- Gninenko, Yu. I. and Rakov, A. G. (2010). The locust gracillariid leafminer in Russia. *Zashchita i karantin rastenii*, (10), 36–37. (In Russian)
- Golosova, M. A., Gninenko, Yu. I. and Golosova, E. I. (2008). *Horse chestnut leaf miner* *Cameraria ohridella* is a dangerous quarantine pest at urban greening sites. Moscow: East Palearctic Regional Section of the International Organisation for Biological Control. (In Russian)
- Golub, V. B., Berezhnova, O. N. and Kornev, I. I. (2009). Outbreak of the leaf blotch miner moth (*Acrocercops brongniardella* F., Lepidoptera, Gracillariidae) in the Voronezh Region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehnicheskoy akademii*, (187), 96–102. (In Russian)
- Gross, A., Hosoya, T. and Queloz, V. (2014). Population structure of the invasive forest pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Molecular Ecology*, 23, 2943–2960.
- Haack, R. A., Baranchikov, Y., Bauer, L. S. and Poland, Th. M. (2015). Emerald ash borer biology and invasion history. In: R. C. Reardon, ed., *Biology and Control of Emerald Ash Borer*. Morgantown: United States Department of Agriculture. Forest Health Technology Enterprise Team (WV-2014-09), 1–14.
- Hermes, D. A. and McCullough, D. G. (2014). Emerald ash borer invasion of North America: History, biology, ecology, impacts, and management. *Annual Review of Entomology*, 59, 13–30. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011613-162051>
- Isaev, A. S., Pal'nikova, E. N., Sukhovoľ'skiy, V. G. and Tarasova, O. V. (2015). *The dynamics of population density of forest phyllophagous insects: models and predictions*. Moscow: KMK Scientific Press Ltd. (In Russian)
- Izhevskiy, S. S., Nikitskiy, N. B., Volkov, O. G. and Dolgin, M. M. (2005). *Illustrated reference book of beetles — xylophagous pests of forest and timber products of the Russian Federation*. Tula: Grif i K Publ. (In Russian)

- Izhevsky, S. S. and Maslyakov, V. Y. (2010). New invasions of alien insects into European part of Russia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 1, 68–73. <https://doi.org/10.1134/S2075111710020037>
- Jankowiak, R., Strzałka, B., Bilanski, P., Kacprzyk, M., Wieczorek, P. and Linnakoski, R. (2019). Ophiostoma-toid fungi associated with hardwood-infesting bark and ambrosia beetles in Poland: Taxonomic diversity and vector specificity. *Fungal Ecology*, 39, 152–167. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2019.02.001>
- Jürisoo, L., Adamson, K., Padari, A. and Drenkhan, R. (2019). Health of elms and Dutch elm disease in Estonia. *European Journal of Plant Pathology*, 154, 823–841. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01707-0>
- Kalko, G. V. (2008). Dutch elm disease in St. Petersburg. *Mikologiya i Fitopatologiya*, 42 (6), 564–571. (In Russian)
- Karpun, N. N. (2018). *The Structure of Pest Complexes of Woody Plants in Humid Subtropics of Russia and the Biological Rationale for Protection Measures*. Dr. Sci. Russian State Agrarian University. (In Russian)
- Karpun, N. N., Ignatova, E. A. and Zhuravleva, E. N. (2015). Species of pests on ornamental woody plants in humid subtropics new for Krasnodar Krai (Russia). *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhniceskoj akademii*, (211), 187–203. (In Russian)
- Karpun, N. N., Zhuravleva, E. N., Volkovich, M. G., Protsenko, V. E. and Musolin, D. L. (2017). To the fauna and biology of new alien insect pest species of woody plants in humid subtropics of Russia. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhniceskoj akademii*, (220), 169–185. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2017.220.169-185> (In Russian)
- Kowalski, T. (2006). *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *Forest Pathology*, 36 (4), 264–270. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2006.00453.x>
- Krivets, S. A., Bisirova, E. M., Kerchev, I. A., Pats, E. N. and Chernova, N. A. (2015). Transformation of taiga ecosystems in the Western Siberian invasion focus of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Russian Journal of Biological Invasions*, 6, 94–108. <https://doi.org/10.1134/S2075111715020058>
- Krivets, S. A., Kerchev, I. A., Bisirova, E. M., Demidko, D. A., Pet'ko, V. M. and Baranchikov, Yu. N. (2015a). Distribution of the four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) in Siberia. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhniceskoj akademii*, (211), 33–45. (In Russian)
- Krivets, S. A., Kerchev, I. A., Bisirova, E. M., Pashenova, N. V., Demidko, D. A., Pet'ko, V. M. and Baranchikov, Yu. N. (2015b). *Distribution of the four-eyed fir bark beetle Polygraphus proximus Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) in Siberia (Distribution, biology, ecology, identification and examination of damaged plantings)*. Tomsk and Krasnojarsk: Umnik Publ. (In Russian)
- Kuznetsov, V. N. and Storozhenko, S. Yu. (2010). Insect invasions in the terrestrial ecosystems of the Russian far east. *Russian Journal of Biological Invasions*, 1, 102–105. <https://doi.org/10.1134/S2075111710020086>
- Lvovsky, A. L. (1994). Fam. Oecophoridae — concealer moths. In: V. I. Kuznetsov et al., ed., *Nasekomye i kleshchi — vrediteli sel'skokhoziaistvennykh kul'tur. T. 3. Ch. 1*. Saint Petersburg: Nauka Publ., 292–300. (In Russian)
- Mandelsham, M. Y. and Khairtdinov, R. R. (2017). Additions to the check list of bark beetles (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) from Leningrad Province, Russia. *Entomological Review*, 97, 893–899. <https://doi.org/10.1134/S0013873817070053>
- Mandelsham, M. Yu. and Popovichev, B. G. (2000). Annotated list of bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) of Leningrad Province. *Entomological Review*, 80, 887–903.
- Martirova, M. B. and Selikhovkin, A. V. (2018). The horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* Deshka & Dimič, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) St. Petersburg. In: *The Kataev Memorial Readings — X. Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems. Vol. 1. Insects and Other Invertebrates, proceedings of the international conference*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Forest Technical University, 70–71. (In Russian)
- McKinney, L. V., Nielsen, L. R., Collinge, D. B., Thomsen, I. M., Hansen, J. K. and Kjær, E. D. (2014). The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution. *Plant Pathology*, 63 (3), 485–499. <https://doi.org/10.1111/ppa.12196>
- Mozolevskaya, E. G. (2012). Significant species of dendrophilous insects in urban plantings of Moscow in the current time. In: *Ecological and economic consequences of the invasions of dendrophilous insects, proceedings of the All-Russian conference with international participation*. Krasnojarsk: Sukachev Institute of Forest of the Siberian Branch of the RAS, 23–24. (In Russian)
- Mozolevskaya, E. G., Krylova, N. V., Belova, N. K. and Osipov, I. N. (1987). Ecology of elm bark beetles carrying Dutch elm disease. *Zashchita rastenii*, (7), 37–40. (In Russian)

- Musolin, D.L. and Saulich, A.Kh. (2012). Responses of insects to the current climate changes: From physiology and behavior to range shifts. *Entomological Review*, 92, 715–740. <https://doi.org/10.1134/S0013873812070019>
- Musolin, D.L., Bulgakov, T.S., Selikhovkin, A.V., Adamson, K., Drenkkhan, R. and Vasaytis, R. (2014). *Dothistroma septosporum*, *D. pini* and *Hymenoscyphus fraxineus* (Ascomycota) — pathogens of woody plants of major concern in Europe. In: *The Kataev Memorial Readings — VII. Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems. Insects and Other Invertebrates, proceedings of the International Conference*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Forest Technical University, 54–55. (In Russian)
- Musolin, D.L., Selikhovkin, A.V., Shabunin, D.A., Zviagintsev, V.B. and Baranchikov, Yu. N. (2017). Between Ash dieback and Emerald ash borer: Two Asian invaders in Russia and the future of ash in Europe. *Baltic Forestry*, 23 (1), 316–333.
- Nikitenko, H.M., Fursov, V.M., Hershenson, Z.S. and Svyrydov, S.V. (2004). Oak broad-leaved moths and other maning insects on the oak. 2. Morphobiological and ecological characteristics of oak widespread moth and other mining pests of oak. *Vestnik Zoologii*, 38 (2), 53–61. (In Ukrainian)
- Obert, I.S. (1874). A list of beetle species collected up to now in Petersburg and its environs. *Trudy Russkogo entomologicheskogo obshchestva v Sankt-Peterburge*, 8 (1), 108–139. (In Russian)
- 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. and Voolma, K. (2019). Range expansion of the small spruce bark beetle *Ips amitinus*: a newcomer in northern Europe. *Agricultural and Forest Entomology*, 21 (3), 286–298. <https://doi.org/10.1111/afe.12331>
- Orlova-Ben'kovskaia, M. Ya. (2018). Good news: the condition of ash trees in Moscow is improving after the outbreak of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). In: *The Kataev Memorial Readings — X. Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems. Vol. 1. Insects and Other Invertebrates, proceedings of the International Conference*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Forest Technical University, 80. (In Russian)
- Orlova-Bienkowskaja, M. Ja. (2013). Dramatic expansion of the range of invasive ash pest, buprestid beetle *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera, Buprestidae) in European Russia. *Entomological Review*, 93 (9), 1121–1128. <https://doi.org/10.1134/S0013873813090042>
- Orlova-Bienkowskaja, M. Ja. (2017). Main trends of invasion process in beetles (Coleoptera) of European Russia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 8, 143–157. <https://doi.org/10.1134/S2075111717020060>
- Pests of the forest (Book of reference)*. (1955). Moscow and Leningrad: USSR Academy of Sciences Publ. (In Russian)
- Popovichev, B.G. (2016). The horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* Deschka et Dimič, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae) in St. Petersburg. In: *The Kataev Memorial Readings — IX. Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems. Insects and Other Invertebrates, proceedings of the International Conference*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Forest Technical University, 95. (In Russian)
- rp5.ru (n.d.). *Arkhiv pogody v Sankt-Peterburge*, [online] Available at: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Санкт-Петербурге [Accessed 8 Jun. 2020]. (In Russian)
- Selikhovkin, A.V. (2010). Features of population dynamics of the poplar mining moth *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Gracillariidae). *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoi akademii*, (192), 220–235. (In Russian)
- Selikhovkin, A.V., Baryshnikova, S.V., Denisova, N.V. and Timofeeva, Yu. A. (2018a). Species composition and population dynamics of dominant dendrophagous moths (Lepidoptera) in St. Petersburg and its environs. *Entomological Review*, 98, 963–978. <https://doi.org/10.1134/S0013873818080031>
- Selikhovkin, A.V., Markovskaja, S., Vasaitis, R., Martynov, A. N. and Musolin, D.L. (2018b). Phytopathogenic fungus *Fusarium circinatum* and potential for its transmission in Russia by insects. *Russian Journal of Biological Invasions*, 9, 245–252. <https://doi.org/10.1134/S2075111718030128>
- Selikhovkin, A.V., Peregudova, Ye. Yu., Musolin, D.L., Popovichev, B.G. and Baranchikov, Yu. N. (2018). Emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) on the way from Moscow to St. Petersburg. In: *The Kataev Memorial Readings — X. Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems. Vol. 1. Insects and Other Invertebrates, Proceedings of the International Conference*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Forest Technical University, 95–96. (In Russian)

- Selikhovkin, A. V., Popovichev, B. G., Davydova, I. A. and Neverovskiy, V. Yu. (2010). Mass reproduction of elm bark beetles in St. Petersburg. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii nauk ekologii i bezopasnosti zhiznedeiatel'nosti*, 14 (6), 5–12. (In Russian)
- Selikhovkin, A. V., Popovichev, B. G., Mandel'shtam, M. Yu., Musolin, D. L. and Vasaitis, R. (2017). The frontline of invasion: the current northern limit of the invasive range of Emerald ash borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae), in European Russia. *Baltic Forestry*, 23 (1), 309–315.
- Seraja, L. G., Pashenova, N. G., Mukhina, L. N., Dymovich, A. V., Aleksandrova, M. S. and Baranchikov, Yu. N. (2014). Damaged species of the genus *Abies* Mill. in the collection of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences of the four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Bland. and its mushroom associates. In: *Forest biogeocenoses of the boreal zone: geography, structure, functions, dynamics, proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 70th anniversary of the creation of the Forest Institute named after V. N. Sukachev of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*. Novosibirsk: Publishing House SB RAS, 649–652. (In Russian)
- Shcherbakova, L. N. (2008). European elm bark beetles in parks of Saint Petersburg. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, (182), 306–313. (In Russian)
- Shcherbakova, L. N. and Mandel'shtam, M. Yu. (2014). Elms of St. Petersburg: after the third bell. In: *The Kataev Memorial Readings — VII. Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems. Insects and Other Invertebrates, proceedings of the International Conference*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Forest Technical University, 97–98. (In Russian)
- Timofeeva, Yu. A. (2014). Ecological peculiarities of the lime leaf miner *Phyllonorycter issikii* (Kumata) (Lepidoptera, Gracillariidae) in Saint Petersburg. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, (207), 133–141. (In Russian)
- Timofeeva, Yu. A. (2015). Assessment of the Influence of Leaf-eating Pests on the Condition of Linden Trees in the Park Stands of St. Petersburg. PhD. Saint Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov. (In Russian)
- Utkina, I. A. and Rubtsov, V. V. (2018). The leaf blotch miner moth *Acrocercops brongniardella* F. (Lepidoptera: Gracillariidae) in Tellerman oakwood. In: *The Kataev Memorial Readings — X. Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems. Vol. 1. Insects and Other Invertebrates, proceedings of the International Conference*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Forest Technical University, 104–105. (In Russian)
- Venkova, E. and Zanadvorova, V. (1939). The work of the group for the control of pests and diseases of green plantings in 1938 in Leningrad. *Zelenoe stroitel'stvo*, (1–2), 63–66. (In Russian)
- Volkovich, M. G. and Mozolevskaya, Ye. G. (2014). The ten-year anniversary of the invasion of Emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairm. (Coleoptera: Buprestidae) in Russia: results and prospects. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, (207), 8–19. (In Russian)
- Wagner, D. L. and Todd, K. J. (2015). Ecological impacts of Emerald ash borer. In: R. C. Reardon, ed., *Biology and Control of Emerald Ash Borer*. Morgantown: United States Department of Agriculture. Forest Health Technology Enterprise Team (WV-2014-09), 15–65.
- wikipedia.org (n.d.). *Klimat Sankt-Peterburga*. [online] Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_Санкт-Петербург [Accessed 8 Jun. 2020]. (In Russian)
- world-weather.ru (n.d.). *Arhiv pogody v Sankt-Peterburge*. [online] Available at: https://world-weather.ru/archive/russia/saint_petersburg/ [Accessed 8 Jun. 2020]. (In Russian)

Received: June 2, 2019
Accepted: February 10, 2020

Contact information:

Andrey V. Selikhovkin — a.selikhovkin@mail.ru
Drenkhan Rein — rein.drenkhan@emu.ee
Michail Yu. Mandel'shtam — michail@mmm13666.spb.edu
Dmitry L. Musolin — musolin@gmail.com