

УДК 632.78:630:630.4

ПОСЛЕДСТВИЯ МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ТОПОЛЕВОЙ НИЖНЕСТОРОННЕЙ МОЛИ-ПЕСТРЯНКИ И ДРУГИХ МИНИРУЮЩИХ МИКРОЧЕШУЕКРЫЛЫХ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

© 2021 г. Буй Динь Дык^{a, b}, Л. Л. Леонтьев^b, С. В. Барышникова^c, А. В. Селиховкин^{a, d, *}^aВьетнамский национальный университет Лесного хозяйства,
21A Street, Hanoi City, Xuan Mai Town, 13417 Vietnam, VNUF^bСанкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, 194021 Россия^cЗоологический институт РАН, Университетская наб., 1, Санкт-Петербург, 199034 Россия^dСанкт-Петербургский государственный университет,
Университетская наб., 7–9, Санкт-Петербург, 199034 Россия

*E-mail: a.selikhovkin@mail.ru

Поступила в редакцию 17.02.2020 г.

После доработки 08.11.2020 г.

Принята к публикации 06.04.2021 г.

Тополевая нижнесторонняя моль-пестрянка *Phyllonorycter populifoliella*, хорошо известный вредитель из семейства Gracillariidae, впервые отмечена в Санкт-Петербурге в середине прошлого века. Первую вспышку массового размножения этот вид дал в 1991–1999 гг., после чего последовала гибель значительной части тополей в городе и пригородах. Несмотря на значимость этой группы вредителей, данных о влиянии повреждений ассимиляционного аппарата минирующими насекомыми на состояние кормовых растений немного. Проведено сравнение изменения радиального прироста тополя берлинского *Populus × berolinensis* (70–80 лет), интенсивно повреждавшегося во время вспышки массового размножения, и тополя белого *Populus alba* (средний возраст – 100 лет), повреждения которого были значительно слабее. Прирост тополя белого в период вспышки (1991–1998) несколько снизился – с 4.79 мм (1942–1990) до 3.61 мм (1991–1998), быстро восстановившись до исходного уровня 4.86 мм (1999–2018). Прирост тополя берлинского за те же периоды резко снизился – с 6.29 до 2.45, и 1.80 мм соответственно. Показано резкое снижение прироста тополя берлинского через 5–7 лет с начала вспышки размножения и последующее сохранение прироста на низком уровне. Сделан вывод о возможных необратимых последствиях для тополей в случае продолжительного и интенсивного повреждения минирующими вредителями. Существенное влияние минирующих вредителей на состояние насаждений определяет необходимость организации мониторинга и принятия мер для контроля распространения вредителей этой группы. Обостряет проблему появление на территории Санкт-Петербурга и окрестностей трех видов инвазионных минирующих чешуекрылых – липовой моли пестрянки *Ph. issikii*, каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* и дубовой широкоминирующей моли *Acrocercops brongniardella*.

Ключевые слова: тополевая нижнесторонняя моль-пестрянка, мины, радиальный прирост, состояние насаждений.

DOI: 10.31857/S0024114821040021

Вспышки массового размножения микрочешуекрылых из семейства молей-пестрянок (Lepidoptera: Gracillariidae) в последние два десятилетия привлекают к себе все большее внимание. В значительной степени это связано с одновременной инвазионной активностью представителей этого семейства в течение относительно короткого временного интервала в конце XX – начале XXI в. В этот период на территории России, расширяя свой ареал, проявили себя как вредители *Parectopa robiniella* Clemens, 1863, *Macrosaccus robiniella* (Clemens, 1859), *Caloptilia roscipennella*

(Hübner, 1796), *Cameraria ohridella* Deshka et Dimić, 1986, *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) и *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Схвитаридзе и др., 2006; Антюхова, 2010; Щуров, Раков, 2011; Масляков, Ижевский, 2011; Гниненко и др., 2011; Карпун, 2018).

Три вида молей пестрянок, липовая моль-пестрянка *Ph. issikii*, каштановая минирующая моль (охридский минер) *C. ohridella* и широкоминирующая дубовая моль *Acrocercops brongniardella* (Fabricius, 1798), проникли в насаждения Санкт-Петербурга в последние два десятилетия, при

этом их вторичные ареалы достигли северной границы распространения кормовых пород (Селиховкин и др., 2018, 2020; Буй Динь Дык и др., 2020).

Тополевая нижнесторонняя моль-пестрянка (далее – тополевая моль) *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) также относится к семейству молей-пестрянок Gracillariidae. Это широко распространенный массовый вредитель тополя, дающий продолжительные вспышки массового размножения, особенно часто – в городских условиях. В фундаментальной статье И.В. Ермолаева (2019) детально рассмотрены распространение и особенности биологии этого вида на популяционно-видовом и организменном уровнях на основе литературных и собственных данных. В Санкт-Петербурге и окрестностях тополевая моль стала известна с 1974 г. (Львовский, 1994). До этого единственная достоверная находка сделана А.М. Герасимовым в 1936 г. (Селиховкин и др., 2018). Массовые посадки тополей в послевоенные годы обеспечили возможность распространения этого вредителя в Санкт-Петербурге и возникновение вспышки массового размножения тополевой моли в 1992–1999 гг. (Селиховкин, 2010; Селиховкин и др., 2012).

Тополевая моль и названные выше инвазивные виды – липовая моль-пестрянка, охридский минер и широкоминирующая дубовая моль – хорошо известны как серьезные вредители, дающие вспышки массового размножения. Сплошное повреждение листьев и раннее их опадение резко снижают эстетический облик насаждений и приводит к существенному ухудшению состояния повреждаемых ими древесных пород – тополя, липы, дуба и конского каштана. В частности, при плотности популяции липовой моли-пестрянки 2–3 мины на лист происходит достоверное снижение радиального прироста и длины побегов, ухудшение репродуктивных характеристик липы (Ермолаев, Зорин, 2011). Показано также некоторое снижение прироста тополя осинообразного *Populus tremuloides* Michx. в результате размножения минирующей моли *Phyllocnistis populiella* Chambers, 1875 (Phyllocnistidae) в Северной Америке (Wagner et al., 2008). Однако исследование связи динамики радиального прироста и плотности популяции липовой моли-пестрянки в Санкт-Петербурге, проведенное Ю.А. Тимофеевой (2015), не выявило достоверных корреляционных связей при плотности популяции от 1 до 4 мин на лист. Автор справедливо замечает, что в Санкт-Петербурге факторов экологического стресса больше, чем на объектах, которые исследовали И.В. Ермолаев и Д.А. Зорин (2011). Соответственно при относительно низкой плотности популяции влияние поврежденных листьев насекомыми проявляется не так отчетливо, и получение репрезентативной выборки требует значительно большего объема материала.

Сложность анализа взаимосвязи прироста и повреждаемости ассимиляционного аппарата насекомыми дуба черешчатого хорошо проиллюстрирована на примере влияния осадков и других метеофакторов на размножение зеленой дубовой листовертки и других чешуекрылых-филлофагов (Рубцов, Рубцова, 1984). Радиальный прирост – кумулятивный показатель, зависящий от сочетания целого ряда факторов. Кроме того, следует учитывать адаптационные реакции листовых деревьев, позволяющие минимизировать потерю прироста при однократной дефолиации крон. Соответственно оценки потерь прироста оказываются более точными не для одного года, а для более длительных периодов (Рубцов, Уткина, 2008). Если для открытоживущих насекомых-филлофагов такие исследования ранее выполнялись (Varley, Gradwell, 1960; Рубцов, Рубцова, 1984; Simmons et al., 2014), то в отношении минирующих видов нам известны только вышеупомянутая работа И.В. Ермолаева и Д.А. Зорина (2011) и приведенная ими же публикация Н.М. Завады (1987, цит. по: Ермолаев, Зорин, 2011), согласно которой ежегодная дефолиация дуба широкоминирующей дубовой молью приводит к снижению радиального прироста. Однако в последнем обзоре литературы по этому вредителю подобных сведений не содержится (Уткина, Рубцов, 2019).

Таким образом, роль микрочешуекрылых, приобретающих все большее значение как вредители ассимиляционного аппарата древесных растений, в ослаблении насаждений неясна. Выяснение влияния вспышек массового размножения минирующих чешуекрылых на изменение состояния древесных растений в аспекте изменения радиального прироста стало целью нашей работы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Тополевая моль, давшая единственную, хорошо локализованную во времени, очень сильную и чрезвычайно продолжительную вспышку массового размножения в Санкт-Петербурге в 1991–1999 гг., была выбрана в качестве основного объекта исследований (Бондаренко, 2008; Селиховкин, 2010; Селиховкин и др., 2012, 2018). В Санкт-Петербурге преобладают тополь берлинский *Populus × berolinensis* Dippel и тополь бальзамический *Populus balsamifera* L. В период вспышки все листья на всех тополях, относящихся к этим видам, были полностью покрыты минами. Наблюдалось раннее опадение листьев. Потеря ассимиляционного аппарата частично компенсировалась развитием побегов из спящих почек, однако и на листьях этих побегов появлялись мины первого, чаще второго поколения. В Санкт-Петербурге встречается также тополь белый *Populus alba* L. В период вспышки эти тополя практически не повреждались тополевой молью. Среднее коли-

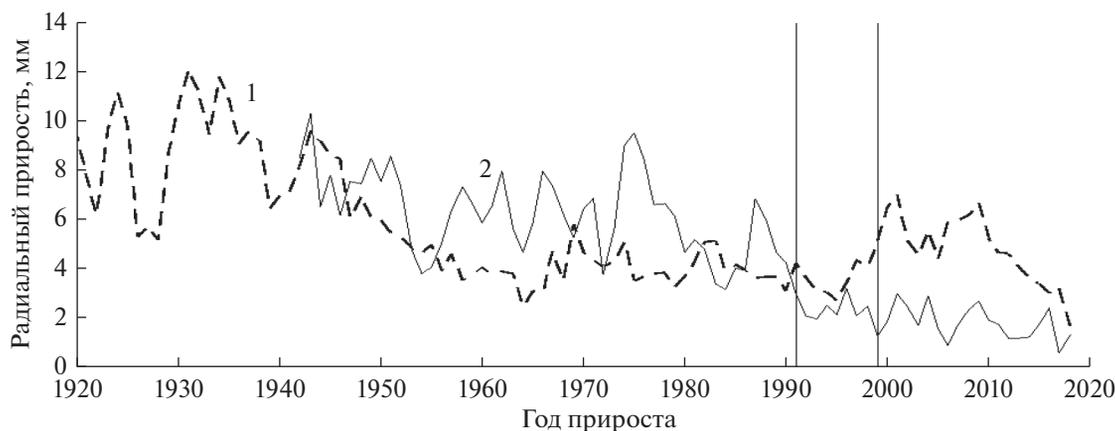


Рис. 1. Последствия массового размножения тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* и других минирующих микрочешуекрылых в Санкт-Петербурге. 1 – тополь белый; 2 – тополь берлинский. Две вертикальные линии соответствуют периоду вспышки массового размножения вида.

чество мин на одном листе варьировало от одной до четырех. Доля поврежденных тополевыми молью листьев не превышала 10% при одной, редко двух минах на лист.

Видовая принадлежность моли в период вспышки во всех случаях определялась по имаго. Было проанализировано 700 самцов. Все особи принадлежали к одному виду, *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera: Gracillariidae). В связи с этим повреждения тополей этой молью были выбраны как модельный объект для оценки влияния повреждений на изменения состояния деревьев.

Радиальный прирост принят как инструмент для оценки изменения состояния деревьев.

Керны для оценки динамики изменения прироста отбирались со старых тополей, возраст которых варьировал от 70 до 100 лет. В парке Лесотехнического университета керны отбирались с тополя белого (20 кернов, координаты – 59°59'41" с.ш., 30°20'16" в.д.); в Палевском сквере и рядом с ним у проспекта Елизарова – с тополя берлинского (20 кернов, координаты – 59°53'37" с.ш., 30°25'02" в.д.). Измерения прироста проводились с помощью бинокулярного микроскопа МБС-9.

Все вычисления проведены по взятым кернам. Для каждой точки математическое ожидание среднего арифметического значения рассчитывалось по всем кернам по каждому году прироста.

Сравнение приростов и оценка различия проводились по совокупности всех деревьев в каждом варианте по всем годам за период до вспышки (с 1942 по 1991 г) и после вспышки (за период с 1992 по 2018 г). Гипотеза о принадлежности выборок к одной генеральной совокупности проверялась по *t*-критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 и на рисунке 1 показано изменение прироста до и после вспышки массового размножения тополевыми молью. Вспышка продолжалась с 1991 по 1999 г. В трех случаях эти данные иллюстрируют достоверно различающиеся показатели:

1 до вспышки, с 1942 по 1990 гг. средний прирост тополя берлинского был выше прироста тополя белого;

2 во время и после вспышки, с 1991 по 2018 гг. средний прирост тополя берлинского был значительно ниже среднего прироста тополя белого;

3 после вспышки, с 1999 по 2018 гг. средний прирост тополя берлинского существенно снизился по сравнению с предыдущим периодом и достиг минимальных значений за весь период роста; при этом прирост тополя белого увеличился и достиг исходных значений периода 1942–1990 гг.

Таблица 1. Средние значения прироста тополей (мм) для разных периодов времени, сопряженных со вспышкой массового размножения тополевыми молью-пестрянками *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) в Санкт-Петербурге

Вид тополя	1942–1990 гг.*	1991–1998 гг.* (вспышка)	1999–2018 гг.*
Тополь берлинский <i>Populus × berolinensis</i>	6.29 ± 0.24	**2.45 ± 0.16	**1.80 ± 0.15
*Тополь белый <i>Populus alba</i>	***4.79 ± 0.24	*3.61 ± 0.21	***4.86 ± 0.31

* Различия значимы при $p \leq 0.001$, ** различия значимы при $p \leq 0.01$, *** различия не значимы.

Следует отметить, что все тополя, на которых отбирались керны, были примерно одного возраста, от 100 до 70 лет, тополь белый – 100 лет, берлинский – 70–80 лет. Достоверное снижение прироста поврежденных молью тополей берлинских, более молодых тополей по сравнению с тополями белыми, хорошо иллюстрирует негативные последствия вспышки массового размножения тополевой моли. Отчетливо снижение прироста начинает проявляться через 5–7 лет после начала вспышки. Эти видно из рисунка 1, иллюстрирующего общую динамику прироста. При этом на графике резкое снижение прироста заметно на пятый–шестой год вспышки. Мы провели расчет средних значений прироста для двух периодов: (1) до появления вероятной ответной реакции деревьев, выразившейся в резком снижении прироста, 1942–1996 гг.; (2) начало резкого снижения прироста как проявление вероятной ответной реакции на повреждение, 1997–2018 гг. Для этих периодов мы получили следующие средние значения прироста в мм: для тополя берлинского – 5.88 ± 0.27 и 1.85 ± 0.14 соответственно (различия значимы при $p \leq 0.001$); для тополя белого – 4.64 ± 0.22 и 4.80 ± 0.28 (различия незначимы). Эти показатели иллюстрируют существенное запаздывание ответной реакции на сильное повреждение у тополя берлинского и отсутствие отложенной ответной реакции при слабом повреждении у тополя белого.

Приведенные результаты показывают существенное снижение прироста после повреждения нижнесторонней тополевой молью-пестрянкой. Резкое снижение прироста через 5–7 лет с начала вспышки размножения и последующее сохранение прироста на низком уровне, свидетельствует о принципиальном ухудшении состояния деревьев после многократного повреждения тополевой молью. Следует отметить и снижение прироста тополя белого. Среднее число мин на один лист на этом виде тополя во время вспышки размножения не превышало четырех, но даже такая относительно невысокая повреждаемость листьев привела к заметному снижению прироста. Это соответствует выводам, сделанным ранее в отношении липовой моли-пестрянки: снижение прироста было заметным при плотности минирования 1–2 мины на лист (Ермолаев, Зорин, 2011). При подобном, не очень значительном повреждении листьев дерева, по-видимому, быстро восстанавливаются. В частности, в нашем случае, несмотря на то, что средний возраст деревьев тополя белого был на 30 лет больше, чем тополя берлинского, прирост тополя белого быстро восстановился и в дальнейшем не снижался.

Известно, что минирующие вредители оказывают существенное влияние на физиологию растений. Повреждения мезофилла листьев этими насекомыми приводит к снижению интенсивности фотосинтеза, нарушению обменных процессов, снижению прироста и ослаблению растений (Rai-

mondo et al. 2003; Wanhua et al., 2015). У липовой и тополевой молей-пестрянок мины располагаются с нижней стороны листа, что оказывает особенно сильный негативный эффект, так как нарушает работу устьиц (Welter, 1989; Ермолаев, 2011). В нашем случае в период вспышки размножения тополевой моли фотосинтезирующую способность листьев утрачивали к концу июля, начиная опадать к середине августа. В процессе вспышки повреждались все листья, включая листья на побегах, развивавшихся из спящих почек. Повреждения листьев на летних побегах наносили гусеницы второго поколения. Они не успевали полностью развиться и погибали, но все же листья повреждались довольно сильно. На каждом листе образовывалось по 3–8 мин (Бондаренко, 2008; Селиховкин, 2010).

Помимо непосредственного повреждения листьев, массовое размножение минирующих микрощупалекрылых может, по-видимому, способствовать распространению микогенных заболеваний (Gottwald et al., 2007). Ранее высказывалось предположение, что массовая гибель тополей в придорожных аллеях посадках Санкт-Петербурга и Ленинградской области в конце 1990-х–начале 2000-х годов связана с последствиями вспышки тополевой моли, в частности, ослаблением тополей и распространением патогенов (Селиховкин, 2010; Селиховкин и др., 2018).

Несмотря на очевидную важность проблемы массового размножения минирующих микрощупалекрылых, контролю плотности популяций видов этой группы в системе лесопатологического мониторинга и защиты городских и пригородных насаждений от этой группы насекомых не уделяется сколь-нибудь серьезного внимания. Начиная с 2017 г, в Санкт-Петербурге сформировался устойчивый очаг тополевой моли, в котором постепенно возрастает плотность популяции (Мамаев, 2019; Ситникова, 2019). Серьезную тревогу вызывает появление в Санкт-Петербурге инвазивных видов – каштановой минирующей моли, липовой моли-пестрянки и дубовой широкоминирующей моли. Вышеперечисленные негативные последствия повреждений листьев могут проявляться после возрастания численности охридского минера, липовой моли-пестрянки, широкоминирующей дубовой моли и других минирующих листьев вредителей, имеющих тенденцию к резкому увеличению плотности популяций. Плотность популяции каштановой минирующей моли в 2019 г уже достигла высокого уровня. Численность липовой и дубовой моли пока находится на низком уровне. Однако известно, что адаптация инвазивных к новым местобитаниям может занимать весьма продолжительное время (Алимов, Богущкая, 2004). В частности, тополевая моль до 1974 г в Санкт-Петербурге практически не встречалась (Львовский, 1994), а затем, через 17 лет после повсеместного появления топо-

ля в насаждениях города, дала мощную и продолжительную вспышку массового размножения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Негативное влияние на состояние насаждений массового размножения минирующих микрочешуекрылых, показанное на примере тополевой нижнесторонней моли-пестрянки, несомненно. Повреждения этим видом оказывают сильное и, по-видимому, необратимое воздействие на состояние взрослых тополей в результате продолжительной (более 5 лет) вспышки массового размножения при ежегодном повреждении большей части ассимиляционного аппарата растений. Существенное влияние этой группы вредителей на состояние насаждений во время вспышек массового размножения и возможная последующая гибель насаждений определяют необходимость организации мониторинга и принятия мер для контроля распространения вредителей этой группы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алимов А.Ф., Бозуцкая Н.Г. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 436 с.
- Антохова О.В. Белоакациевая моль-пестрянка (*Parectopa robiniella* Clemens) — опасный вредитель *Robinia pseudoacacia* L. в Приднестровье // Известия Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии. 2010. Вып. 192. С. 4—11.
- Бондаренко Е.А. Массовое размножение тополевой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Lepidoptera, Gracillariidae) на территории г. Санкт-Петербурга // Известия Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии. 2008. Вып. 182. С. 45—55.
- Буй Дить Дык, Денисова Н.В., Барышникова С.В., Шевченко С.В., Селиховкин А.В. Актуальные изменения видового состава и плотности популяций насекомых-филлофагов в Санкт-Петербурге // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2020. № 230. С. 73—99.
<https://doi.org/10.21266/2079-4304.2020.230.73-99>
- Гиненко Ю.И., Костоков В.В., Кошелева О.В. Новые инвазивные насекомые в лесах и озеленительных посадках Краснодарского края // Защита и карантин растений. 2011. № 4. С. 49—51.
- Ермолаев И.В. Экологические механизмы неперiodической популяционной волны на примере тополевой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) // Журн. общей биологии. 2019. Т. 10. № 6. С. 451—476.
- Ермолаев И.В., Зорин Д.А. Экологические последствия инвазии *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в липовых лесах Удмуртии // Зоологический журн. 2011. Т. 90. № 6. С. 717—723.
- Карпун Н.Н. Структура комплексов вредных организмов древесных растений во влажных субтропиках России и биологическое обоснование мер защиты. Дис. ... д-ра биол. наук (спец. 06.01.07). Сочи: Всероссийский НИИ цветоводства и субтропических культур, 2018. 394 с.
- Львовский А.Л. Чешуекрылые насекомые (Insecta, Lepidoptera) в пределах Санкт-Петербурга // Известия Харьковского энтомологического общества. 1994. Т. 2. № 1. С. 4—48.
- Мамаев Н.А. Вспышка массового размножения тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* в Невском районе г. Санкт-Петербурга // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве: Матер. III междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (06—08 ноября 2019 г., Санкт-Петербург, СПбГЛТУ), СПб.: Полиграф-экспресс, 2019. С. 205—207.
- Масляков В.Ю., Ижевский С.С. Инвазии растительноядных насекомых в Европейскую часть России. М.: Институт географии РАН, 2011. 289 с.
- Рубцов В.В., Рубцова Н.Н. Анализ взаимодействия листогрызущих насекомых с дубом. М.: Наука, 1984. 184 с.
- Рубцов В.В., Уткина И.А. Адаптационные реакции дуба на дефолиацию. М.: Гриф и К, 2008. 302 с.
- Селиховкин А.В. Особенности популяционной динамики тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Gracillariidae) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. Вып. 192. С. 220—235.
- Селиховкин А.В., Денисова Н.В., Тимофеева Ю.А. Динамика плотности популяций минирующих микрочешуекрылых в Санкт-Петербурге // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. Вып. 200. С. 148—159.
- Селиховкин А.В., Барышникова С.В., Денисова Н.В., Тимофеева Ю.А. Видовой состав и динамика плотности популяций доминирующих чешуекрылых-дендрофагов в Санкт-Петербурге и его окрестностях // Энтомологическое обозрение. 2018. Т. 97. № 4. С. 617—639.
- Селиховкин А.В., Дренкхан Р., Мандельштам М.Ю., Мусолин Д.Л. Инвазии насекомых — вредителей и грибных патогенов древесных растений на северо-западе европейской части России // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. Т. 65. Вып. 2. С. 263—283.
- Ситникова Д.Д. Плотность популяции тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1883) (Lepidoptera: Gracillariidae) в разных географических зонах в 2019 г. // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве: Матер. III междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (06—08 ноября 2019 г., Санкт-Петербург, СПбГЛТУ), СПб.: Полиграф-экспресс, 2019. С. 217—220.
- Схвитаридзе О., Лоладзе З.П., Парцвания М.Ш. Цитрусовая минирующая моль // Защита и карантин растений. 2006. № 2. С. 42—43.
- Тимофеева Ю.А. Оценка влияния листоядных вредителей на состояние липы в парковых насаждениях Санкт-Петербурга. Дис. ... канд. биол. наук (спец. 06.03.02). СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, 2015. 144 с.
- Уткина И.А., Рубцов В.В. Дубовая широкоминирующая моль — давно известный, но до сих пор малоизученный вид // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 228. С. 42—57.
- Щуров В.И., Раков А.Г. Инвазивные виды дендрофильных насекомых в Краснодарском крае. Известия Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии. 2011. Вып. 196. С. 287—294.
- Gottwald T.R., Bassanezi R.B., Amorim L., Bergamin Filho A. Spatial pattern analysis of citrus canker-infected plantings

in São Paulo, Brazil, and augmentation of infection elicited by the Asian leafminer // *Phytopathology*. 2007. V. 97. № 6. P. 674–683.

Raimondo F., Ghirardelli L.A., Nardini A., Sallee S. Impact of the leaf miner *Cameraria ohridella* on photosynthesis, water relations and hydraulics of *Aesculus hippocastanum* leaves // *Trees*. 2003. V. 17. P. 176–382.

Simmons M.J., Lee T.D., Mark J., Ducey M.J., Elkinton J.S., Boettner G.H., Dodds K.J. Effects of Invasive Winter Moth Defoliation on Tree Radial Growth in Eastern Massachusetts, USA // *Insects*. 2014 Jun. V. 5. № 2. P. 301–318.

Varley G.C., Gradwell G.R. The effect of partial defoliation by caterpillars on the timber production of oak trees in En-

gland // *Proceedings of the 11th International Congress of Entomology*, (17–25 August 1960. Vienna, Austria. Vienna, 1960. P. 211–214.

Wagner D., DeFoliart L., Doak P., Schneiderheinze J. Impact of epidermal leaf mining by the aspen leaf miner (*Phyllocnistis populiella*) on the growth, physiology, and leaf longevity of quaking aspen // *Oecologia*. 2008. V. 157. P. 259–267.

Wanhua L., Xiaohua D.i, Jiasheng X. Influences of leaf-mining insects on their host plants: A review // *Collectanea Botanica*. 2015. V. 34.005. 15 p.

Welter S.C. Arthropod impact and plant gas exchange // *Insect-plant Interactions*. CRC Press, Boca Raton, 1989. V. 1. P. 135–150.

Consequences of the Outbreaks of the Poplar Leaf Miner and Other Mining Microlepidoptera in St. Petersburg

Bùi Đình Đức^{1,2}, L. L. Leont'ev², S. V. Baryshnikova³, and A. V. Selikhovkin^{1,4,*}

¹Vietnam National University of Forestry, Vietnam, 13417 Hanoi City, Xuan Mai Town, 21A Street, VNUF

²Saint-Petersburg Forestry University, Institutskiy ln. 5, Saint-Petersburg, 194021 Russia

³Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, University Naberezhnaya, 1, St. Petersburg, 199034 Russia

⁴Saint-Petersburg State University, Universitetskaya emb., 7–9, Saint Petersburg, 199034 Russia

*E-mail: a.selikhovkin@mail.ru

The poplar leaf miner *Phyllonorycter populifoliella*, a well-known pest from the Gracillariidae family, was first recorded in St. Petersburg in the middle of the last century. This species had its first outbreak in 1991–1999, followed by death of a significant part of poplars in the city and suburbs. Despite the prominence of this group of pests, there are few data on the effect of damage caused by mining insects to the trees' assimilation apparatus on the state of host plants. A comparison was made between the changes in the radial growth of the Berlin poplar, *Populus × berolinensis*, (70–80 years), which was intensely damaged during the outbreak, and the white poplar *Populus alba* (the average age is 100 years), the damage to which was much lighter. The growth of white poplar during the outbreak (1991–1998) has slightly decreased – from 4.79 mm (1942–1990) to 3.61 mm (1991–1998), quickly recovering to the initial values and up to 4.86 mm (1999–2018). The growth of the Berlin poplar over the same time periods fell sharply – from 6.29 to 2.45 and 1.80 mm, respectively. A sharp decrease in the growth of Berlin poplar in 5–7 years from the beginning of the outbreak has been shown, as well as the persisting low levels of growth afterwards. It lead to a conclusion about possible irreversible consequences for poplars in case of prolonged and intense damage by mining pests. A significant impact of mining pests on the state of plantations determines the need for monitoring and taking measures to control the spread of pests of this group. The problem is further aggravated by the appearance on the territory of St. Petersburg and the surrounding territories of three species of invasive mining lepidoptera – the lime leaf miner *Ph. issikii*, the horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella*, and the leaf blotch miner moth *Acrocercops brongniardella*.

Keywords: poplar leaf miner, leaf mines, radial growth, stands' state.

REFERENCES

- Gottwald T.R., Bassanezi R.B., Amorim L., Bergamin Filho A., Spatial pattern analysis of citrus canker-infected plantings in São Paulo, Brazil, and augmentation of infection elicited by the Asian leafminer, *Phytopathology*, 2007, Vol. 97, No. 6, pp. 674–683.
- Raimondo F., Ghirardelli L.A., Nardini A., Sallee S., Impact of the leaf miner *Cameraria ohridella* on photosynthesis, water relations and hydraulics of *Aesculus hippocastanum* leaves, *Trees*, 2003, Vol. 17, pp. 176–382.
- Simmons M.J., Lee T.D., Mark J., Ducey M.J., Elkinton J.S., Boettner G.H., Dodds K.J., Effects of Invasive Winter Moth Defoliation on Tree Radial Growth in Eastern Massachusetts, USA, *Insects*, 2014 Jun., Vol. 5, No. 2, pp. 301–318.
- Varley G.C., Gradwell G.R., The effect of partial defoliation by caterpillars on the timber production of oak trees in England, *The 11th International Congress of Entomology*, Proceedings, Vienna, 17–25 August 1960, Vienna, Austria, 1960, pp. 211–214.
- Wagner D., DeFoliart L., Doak P., Schneiderheinze J., Impact of epidermal leaf mining by the aspen leaf miner (*Phyllocnistis populiella*) on the growth, physiology, and leaf longevity of quaking aspen, *Oecologia*, 2008, Vol. 157, pp. 259–267.
- Wanhua L., Xiaohua D.i, Jiasheng X., Influences of leaf-mining insects on their host plants: A review, *Collectanea Botanica*, 2015, Vol. 34.005, 15 p.
- Welter S.C., Arthropod impact and plant gas exchange, In: *Insect-plant Interactions*, CRC Press, Boca Raton, 1989, Vol. 1, pp. 135–150.
- Alimov A.F., Bogutskaya N.G., *Biologicheskie invazii v vodnykh i nazemnykh ekosistemakh* (Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems), Moscow, St. Petersburg: Tovarischestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2004, 436 p.

- Antyukhova O.V., Beloakatsievaya mol' -pestryanka (*Parectopa robiniella* Clemens) – opasnyi vreditel' *Robinia pseudoacacia* L. v Pridnestrov'e (*Parectopa robiniella* Clemens – dangerous pest of *Robinia pseudoacacia* L. in Pridnestrovie region), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi gosudarstvennoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2010, Vol. 192, pp. 4–11.
- Bondarenko E.A., Massovoe razmnozhenie topolevoi moli-pestryanki *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Lepidoptera, Gracillariidae) na territorii g. Sankt-Peterburga (Outbreak of *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Lepidoptera, Gracillariidae) in Saint-Petersburg), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi gosudarstvennoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2008, Vol. 182, pp. 45–55.
- Bui Din' Dyk, Denisova N.V., Baryshnikova S.V., Shevchenko S.V., Selikhovkin A.V., Aktual'nye izmeneniya vidovogo sostava i plotnosti populyatsii nasekomykh-fillofagov v Sankt-Peterburge (Actual changes in the species composition and the population density of phyllophagous insects in St. Petersburg), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2020, Vol. 230, pp. 73–99, DOI 10.21266/22079-24304.22020.21230.21273-21299
- Gninenko Y.I., Kostyukov V.V., Kosheleva O.V., Novye invazivnye nasekomye v lesakh i ozelenitel'nykh posadkakh Krasnodarskogo kraia (New invasive insects in the forests and greenery of the Krasnodar kraia), *Zashchita i karantin rastenii*, 2011, No. 4, pp. 49–51.
- Ermolaev I.V., Ekologicheskie mekhanizmy neperiodicheskoi populyatsionnoi volny na primere topolevoi moli-pestryanki *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) (Ecological mechanisms of nonperiodical population wave: a case study of the poplar leafminer – *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae)), *Zhurnal obshchei biologii*, 2019, Vol. 10, No. 5, pp. 451–476.
- Ermolaev I.V., Zorin D.A., Ecological mechanisms of non-periodical population wave: a case study of the poplar leafminer – *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae), *Entomological Review*, 2011, Vol. 91, No. 5, pp. 592–598.
- Karpun N.N., *Struktura kompleksov vrednykh organizmov drevesnykh rastenii vo vlahnykh subtropikakh Rossii i biologicheskoe obosnovanie mer zashchity. Diss. d-ra biolog. nauk* (Structure of harmful organisms complexes on wood plants in the humid subtropics of Russia and biological substantiation of protection measures. Doctor's biol. sci. thesis), Sochi: Vserossiiskii NII tsvetovodstva i subtropicheskikh kul'tur, 2018, 394 p.
- L'vovskii A.L., Cheshuekrylye nasekomye (Insecta, Lepidoptera) v predelakh Sankt-Peterburga (Lepidopterous insects (Insecta, Lepidoptera) within St. Petersburg territory), *Izvestiya Khar'kovskogo entomologicheskogo obshchestva*, 1994, Vol. 2, No. 1, pp. 4–48.
- Mamaev N.A., Vspyshka massovogo razmnozheniya topolevoi nizhnestoronnei moli-pestryanki *Phyllonorycter populifoliella* v Nevskom raione g. Sankt-Peterburga (An outbreak of the poplar mining moth *Phyllonorycter populifoliella* in the Nevsky district of St. Petersburg), *Aktual'nye voprosy v lesnom khozyaistve (Major aspects in forestry)*, Proc. of III International Research and Practice Conf., St. Petersburg, 6–8 November, 2019, St. Petersburg: Poligraf-ekspres, pp. 205–207.
- Maslyakov V.Y., Izhevskii C.C., *Invazii rastitel'noyadnykh nasekomykh v Evropeiskuyu chast' Rossii* (Alien phytophagous insects invasions in the European part of Russia), Moscow: Institut geografii RAN, 2011, 289 p.
- Rubtsov V.V., Rubtsova N.N., *Analiz vzaimodeistviya listogryzushchikh nasekomykh s dubom* (Analysis of the interaction between leaf-eating insects and oaks), Moscow: Nauka, 1984, 183 p.
- Rubtsov V.V., Utkina I.A., *Adaptatsionnye reaktzii duba na defoliatsiyu* (Adaptive feedback to defoliation of an oak), Moscow: Grif i K, 2008, 302 p.
- Selikhovkin A.V., Osobennosti populyatsionnoi dinamiki topolevoi nizhnestoronnei moli-pestryanki *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Gracillariidae) (Peculiarities of the population dynamics of the poplar lower sided mottled moth *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Gracillariidae)), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2010, Vol. 192, pp. 220–235.
- Selikhovkin A.V., Denisova N.V., Timofeeva Y.A., Dinamika plotnosti populyatsii miniruyushchikh mikrocheshuekrylykh v Sankt-Peterburge (Population dynamics of mining Microlepidoptera in Saint-Petersburg), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2012, No. 200, pp. 148–159.
- Selikhovkin A.V., Baryshnikova S.V., Denisova N.V., Timofeeva Y.A., Vidovoi sostav i dinamika plotnosti populyatsii dominiruyushchikh cheshuekrylykh-dendrofagov v Sankt-Peterburge i ego okrestnostyakh (Species composition and population dynamics of dominant dendrophagous moths (Lepidoptera) in St. Petersburg and its environs), *Entomologicheskoe obozrenie*, 2018, Vol. 97, No. 4, pp. 617–639.
- Selikhovkin A.V., Drenkhan R., Mandel'shtam M.Y., Musolin D.L., Invazii nasekomykh - vreditel'ei i gribykh patogenov drevesnykh rastenii na severo-zapade evropeiskoi chasti Rossii (Invasions of insect pests and fungal pathogens of woody plants into the northwestern part of European Russia), *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2020, Vol. 65, No. 2, pp. 263–283.
- Sitnikova D.D., Plotnost' populyatsii topolevoi nizhnestoronnei moli-pestryanki *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1883) (Lepidoptera: Gracillariidae) v raznykh geograficheskikh zonakh v 2019 godu (Population density of *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1883) (Lepidoptera: Gracillariidae) in different geographic regions in 2019), *Aktual'nye voprosy v lesnom khozyaistve (Major aspects in forestry)*, Proc. of III International Research and Practice Conf., St. Petersburg, 6–8 November, 2019, St. Petersburg: Poligraf-ekspres, pp. 217–220.
- Skhvitardze O., Loladze Z.P., Partsvaniya M.S., Tsitrusovaya miniruyushchaya mol' (The citrus leafminer), *Zashchita i karantin rastenii*, 2006, No. 2, pp. 42–43.
- Timofeeva Y.A., *Otsenka vliyaniya listoyadnykh vreditel'ei na sostoyanie lipy v parkovykh nasazhdeniyakh Sankt-Peterburga. Diss. kand. biol. nauk* (Evaluation of the influence of phyllophagous pests on the state of lime in parks of St. Petersburg. Candidate's biol. sci. thesis), St. Petersburg: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi lesotekhnicheskii universitet, 2015, 144 p.
- Utkina I.A., Rubtsov V.V., Dubovaya shirokominiruyushchaya mol' – davno izvestnyi, no do sikh por maloizuchennyi vid (Brown oak slender is a long known, but still little studied species), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2019, Vol. 228, pp. 42–57.
- Shchurov V.I., Rakov A.G., Invazivnye vidy dendrofil'nykh nasekomykh v Krasnodarskom krae (Invasive dendrophagous insects in Krasnodarskiy kraia), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi gosudarstvennoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2011, Vol. 196, pp. 287–294.