

УДК 595.782+582.623

ВЛИЯНИЕ ТОПОЛЕВОЙ МОЛИ-ПЕСТРЯНКИ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ КОРМОВОГО РАСТЕНИЯ В г. ИЖЕВСКЕ

© 2023 г. И. В. Ермолаев^а, *, Н. Г. Зыкина^б^аБотанический сад УрО РАН, ул. 8 Марта, д. 202а, Екатеринбург, 620130 Россия^бУдмуртский государственный университет, ул. Университетская, д. 1, Ижевск, 426034 Россия

*E-mail: ermolaev-i@yandex.ru

Поступила в редакцию 17.09.2021 г.

После доработки 23.12.2021 г.

Принята к публикации 06.04.2022 г.

Оценили влияние высоких плотностей заселения тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populi-foliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae)) в хроническом очаге минера на радиальный прирост его кормового растения – тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.). Работу провели в 2018 г. в г. Ижевске. Показано достоверное негативное влияние высоких плотностей минера на продуктивность дерева-хозяина. Результаты исследования позволяют отнести *Ph. populifoliella* к группе экономически значимых филлофагов тополя и свидетельствуют о необходимости ведения мониторинга состоянием ее популяций.

Ключевые слова: тополевая моль-пестрянка, *Phyllonorycter populifoliella*, радиальный прирост.

DOI: 10.31857/S0024114823010059, **EDN:** NGKPXU

Формирование устойчивых полифункциональных городских насаждений представляет значительный практический и теоретический интерес. Одним из важных направлений этой работы является исследование взаимодействий в системе “растение – фитофаг”. В своей основе насекомые-фитофаги зеленых насаждений городов являются типичными представителями лесных экосистем, имеющие трофические связи с определенными группами пород (Кривошеина, 1992). Классическим примером такого фитофага является тополевая моль-пестрянка.

Тополевая моль-пестрянка *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae) – аборигенный евроазиатский вид. Минер широко распространен в Европе, на Урале, в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, а также в Западной, Средней, Южной и Восточной Азии. В 2017–2018 гг. вид был обнаружен в Индии (в области Ладакх (Ladakh)) (Shashank et al., 2021).

Ph. populifoliella является узким олигофагом, способным проходить развитие на видах рода *Populus* (Ермолаев и др., 2020). При этом устойчивость тополей по отношению к минеру снижается в ряду: белые тополя *Populus* (тополь белый (*P. alba* L.), тополь дрожащий (*P. tremula* L.)) – дельтовидные тополя *Aigeiros* (тополь черный (*P. nigra* L.)), тополь дельтовидный (*P. deltoides*)) – бальзамические тополя *Tacamahaca* (такие как тополь бальза-

мический, тополь корейский (*P. koreana*), тополь лавролистный (*P. laurifolia*), тополь Максимовича (*P. maximowiczii*), тополь душистый (*P. suaveolens*)) (Ермолаев и др., 2020).

Несмотря на эвритопность, *Ph. populifoliella* часто образует хронические очаги в городах. Продолжительность существования таких очагов может составлять до десяти и более лет. Например, в Москве проблемы с минером существовали как минимум на протяжении 30–40 лет XX в (Ермолаев, 2019). Одна из самых длительных вспышек здесь продолжалась 16 лет (1974–1989 гг.), при этом в 1979–1985 гг. моль имела коэффициент размножения, близкий к единице (Белова, 1994). Экологические механизмы существования хронических очагов *Ph. populifoliella* в городах были рассмотрены нами ранее (Ермолаев, 2019).

Цель представленной работы – оценить влияние высоких плотностей *Ph. populifoliella* в хроническом очаге минера на радиальный прирост дерева-хозяина в г. Ижевске.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Влияние различных плотностей заселения тополевой моли-пестрянки на радиальный прирост тополя бальзамического оценили на примере г. Ижевска. В мае 2018 г. выбрали 10 пробных площадей в центре города (на месте существования очага 2000–2010 гг.) (рис. 1) и 10 пробных площа-

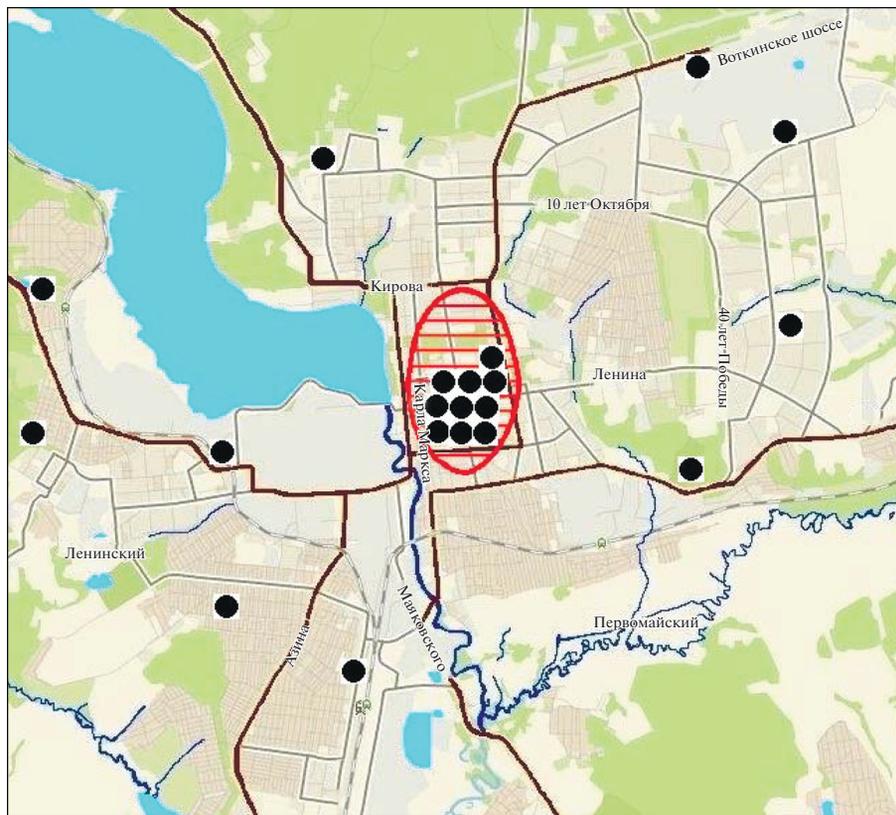


Рис. 1. Хронический очаг тополевой моли-пестрянки *Ph. populifolella* в Ижевске (2000–2010 гг.).

дей на его периферии. На каждой пробной площади было отобрано по 10 деревьев без следов формирования кроны. Высоту дерева определяли с помощью электронного клинометра Haglöf EC II, диаметр на высоте 1.3 м – мерной вилкой Mantax Blue (800 мм) Haglöf. Высота деревьев в центре города – 22.7 ± 0.5 м, диаметр на уровне груди – 55.7 ± 1.7 см ($n = 100$). Высота деревьев на периферии города – 24.5 ± 0.4 м, диаметр на уровне груди – 58.0 ± 1.2 см ($n = 100$). В соответствии с существующей методикой (Шиятов и др., 2000), в июне 2018 г. с северной экспозиции каждого модельного дерева на высоте 1.3 м буровом Haglöf были взяты керны. Керны были приклеены на подложку и тщательно отшлифованы. Ширина годичных колец была измерена микрометром под оптикой.

В июле 2018 г. с каждой пробной площади методом конверта были отобраны образцы почв. Агрохимический анализ почв проведен в почвенной экологии Удмуртского государственного университета Н.Г. Зыкиной. Определяли следующие агрохимические показатели: содержание органического вещества (гумуса) по И.В. Тюрину в модификации В.Н. Семакова (ГОСТ 26213-91); обменную кислотность (рН) в растворе KCl – потенциметрически (ГОСТ 26483-91); гидролитическую кислотность (Н, ммоль/100 г почвы) – потенциметриче-

ски, по Каппену (ГОСТ 26212-91); сумму поглощенных оснований (S, ммоль/100 г почвы) – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88). Расчет степени насыщенности основаниями (V, %) проводили по сумме поглощенных оснований и гидротитической кислотности; содержание подвижных форм фосфора и калия (мг/кг почвы) – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91). Для более точного определения значений агрохимических показателей (гумус, P_2O_5 , K_2O) каждый образец анализировали в двух повторностях с последующим вычислением среднего арифметического значения.

Во всех случаях рассчитывали среднеарифметическое значение и его ошибку. Статистическую обработку материала проводили стандартными методами (Ивантер, Коросов, 2011).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Хронический очаг *Ph. populifolella* в г. Ижевске функционировал на площади около 363 га в течение 2000–2010 гг. (Ермолаев, Трубицын, 2008; Ермолаев и др., 2011) и был связан с историческим центром города (рис. 1). Вследствие экстремально жаркого лета 2010 г. плотность заселения минером тополей упала до нуля (Ermolaev et al., 2016). Ранее функционирование очагов *Ph. populi-*

Таблица 1. Характеристика почв центра и периферии г. Ижевска

Характеристика	Центр	Периферия
Обменная кислотность ($pH_{КС}$)	7.2 ± 0.1 А	6.9 ± 0.1 А
Содержание подвижных форм фосфора, мг/кг почвы	845.7 ± 158.7 В	254.0 ± 34.3 В
Содержание подвижных форм калия, мг/кг почвы	234.3 ± 23.0 С	160.7 ± 20.0 С
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г почвы	0.33 ± 0.03 D	0.48 ± 0.06 D
Сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г почвы	37.1 ± 1.1	29.8 ± 3.6
Содержание гумуса, %	4.1 ± 0.4	4.0 ± 0.7

Примечание. Достоверные различия ($P < 0.05$) отмечены одинаковыми буквами. Во всех случаях $n = 10$.

folella в центральной части города было показано на примере Минска (Чумаков, Лозинская, 2015), Москвы (Сулханов, 1992), Екатеринбурга (Данилова, 1981), Кемерово (Еремеева, 2008). Именно в центре города создается уникальное сочетание эффектов теплового загрязнения, значительной концентрации кормовых растений и снижения эффективности энтомофагов *Ph. populifolella* (Ермолаев, 2019).

Дефолиация тополя *Ph. populifolella* является раннелетней, частичной и ежегодной. Развитие гусеницы происходит преимущественно в минах с нижней стороны листа. Несмотря на то, что плотность заселения дерева минером в центре города может составлять 20–30 мин на лист, общее сокращение ассимиляционной поверхности листа редко составляет 100%. Обычно растение теряет чуть более 70 (Чумаков, Лозинская, 2015) – 90% (Григорьев и др., 2005). Содержание хлорофилла в листьях, поврежденных чешуекрылым-минёром, снижается прямо пропорционально численности мин. Последнее было выявлено на примере взаимодействия яблони и моли-малютки (*Stigmella malella* Stt. (Холченков, 1976)). При этом особое влияние на физиологию растения-хозяина оказывает расположение мины на листе (сверху или снизу). Это убедительно показано на примере *Phyllocnistis populiella* Chambers (Gracillariidae) (Wagner et al., 2008). Этот минер может образовывать длинные змеевидные эпидермальные (под кутикулой без повреждения паренхимы) мины как с верхней, так и с нижней стороны листа тополя. Достоверно негативный эффект на фотосинтез листа оказывают только мины с нижней стороны. По всей вероятности, это связано с нарушением работы клеток устьиц (Welter, 1989), находящихся на этой стороне листа тополя. Последнее обстоятельство влияет на транспирацию и, следовательно, на водный обмен и фотосинтез листа (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Повреждение тополя гусеницами *Ph. populifoliella* может индуцировать преждевременное опадение листьев дерева. Листья, сильно повреждённые гусеницами *Ph. populifoliella*, усыхают, скру-

чиваются и со второй половины июля в массе опадают. Количество опавших листьев положительно и достоверно связано с плотностью заселения дерева-хозяина (Турова, 1998).

Формирование городской почвы обусловлено интенсивным накоплением антропогенных отложений (культурного слоя) особого состава и строения (Александровский, Александровская, 2005). Почвы центра г. Ижевска (в отличие от периферии города) являются щелочными, имеют достоверно большее содержание подвижных форм фосфора и калия, а также катионов (табл. 1). Все показанные изменения в почве, вероятно, носят общий характер для городов и связаны с процессами загрязнения почв (например, строительными материалами, органическими веществами (прежде всего древесиной), техногенными элементами, костными остатками животных) (Александровский и др., 2015).

Историческое изменение почвенных условий в центре города, по всей вероятности, может оказывать положительное влияние на радиальный прирост тополя. В результате в годы отсутствия *Ph. populifoliella* эти деревья дают достоверно ($P < 0.05$) больший радиальный прирост по сравнению с деревьями с периферии города (рис. 2). В годы существования очага минера (в нашем случае 2000–2010 гг.) радиальные приросты этих двух групп деревьев были сопоставимы. Наши данные дополняют материалы, полученные ранее в Санкт-Петербурге (Буй Динь Дык и др., 2021). Авторы показали негативное влияние высоких плотностей заселения *Ph. populifoliella* в 1991–1998 гг. на радиальный прирост тополя белого и берлинского (*P. × berolinensis* (Буй Динь Дык и др., 2021)).

Хроническое повреждение тополя *Ph. populifoliella* может снижать резистентность дерева к патогенам. Так, вспышка массового размножения 1992–1999 гг. минера в г. Санкт-Петербурге привела к ослаблению растений и развитию на них цитоспороза. В результате в 2000–2005 гг. произошла массовая гибель тополей в пригородах города (Селиховский и др., 2012, 2018).

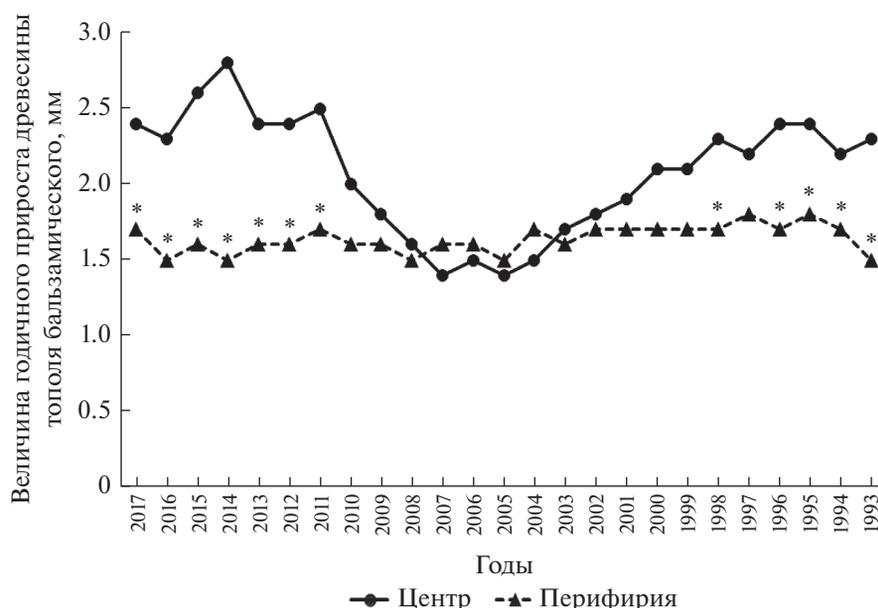


Рис. 2. Динамика прироста по диаметру тополя бальзамического в центре и периферии г. Ижевска (в каждом случае $n = 100$). Достоверные различия ($P < 0.05$) отмечены звездочками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хроническая дефолиация тополей *Ph. populifoliella* оказывает достоверное и негативное влияние на радиальный прирост кормового растения. Результаты исследования позволяют отнести минера к группе экономически значимых филлофагов тополя и свидетельствуют о необходимости ведения мониторинга состоянием ее городских популяций.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность С.Ю. Синеву, С.В. Барышниковой (Зоологический институт РАН) и А.В. Селиховкину (Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет) за поддержку работы на разных этапах ее реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
- Александровский А.Л., Александровская Е.И., Долгих А.В., Замотаев И.В., Курбатова А.Н. Почвы и культурные слои древних городов юга Европейской России // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1291–1301.
- Белова Н.К. Вредители городских зеленых насаждений // Защита растений. 1994. № 8. С. 37–38.
- Буй Динь Дык, Леонтьев Л.Л., Барышников С.В., Селиховкин А.В. Последствия массового размножения тополевой нижнесторонней моли-пестрянки и других минирующих микрочешуекрылых в Санкт-Петербурге // Лесоведение. 2021. № 4. С. 372–378.

Григорьев Ю.С., Пахарькова Н.В., Г.А. Сорокина Г.А. Сезонные изменения фотосинтетической активности древесных растений в условиях загрязнения воздушной среды // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем. Материалы Всероссийской конференции, посвященной памяти выдающегося исследователя лесов Сибири А.С. Рожкова (1925–2005 гг.) (Иркутск, 11–15 октября 2005 г.). Иркутск: ИрГТУ, 2005. С. 517–520.

Данилова А.П. Распространение тополевой моли в зеленых насаждениях Свердловска // Фауна Урала и Европейского Севера. Свердловск: УрГУ, 1981. № 9. С. 122–128.

Еремеева Н.И. Факторы регуляции состояния городских популяций тополевой моли *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Lepidoptera, Gracillariidae) // Известия Санкт-Петербургской лесохозяйственной академии. 2008. № 182. С. 104–112.

Ермолаев И.В. Экологические механизмы непериодической популяционной волны на примере тополевой моли-пестрянки – *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) // Журн. общей биологии. 2019. Т. 80. № 6. С. 451–476.

Ермолаев И.В., Трубицын А.В. Опыт картографирования очагов тополевой моли-пестрянки в г. Ижевске // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. СПб.: СПбГЛТА, 2008. № 185. С. 61–65.

Ермолаев И.В., Сунцова Н.Ю., Трубицын А.В. Трофические предпочтения тополевой моли-пестрянки // Защита и карантин растений. 2011. № 8. С. 50.

Ермолаев И.В., Рублева Е.А., Рысин С.Л., Коженкова А.А., Ермолаева М.В. Трофическая специализация тополевой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae) // Энтомологическое обозрение. 2020. Т. 99. № 2. С. 271–288.

- Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию. Петрозаводск: ПетрГУ, 2011. 302 с.
- Кривошеина Н.П. Современные представления о насекомых – дендробионтах городских экосистем // Дендробионтные насекомые зеленых насаждений г. Москвы. М.: Наука, 1992. С. 5–51.
- Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. М.: Высшая школа, 2005. 736 с.
- Селиховкин А.В., Денисова Н.В., Тимофеева Ю.А. Динамика плотности популяций минирующих микрощупекрылых в Санкт-Петербурге // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. № 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 (Lepidoptera) в Санкт-Петербурге и его окрестностях // Энтомологическое обозрение. 2018. Т. 97. № 4. С. 617–639.
- Сулханов А.В. Экология городских популяций тополевой моли *Lithocolletis populifoliella* Tr. // Дендробионтные насекомые зеленых насаждений г. Москвы. М.: Наука, 1992. С. 70–97.
- Турова Ю.Н. Опадение листьев тополя – существенный фактор смертности минёра *Lithocolletis populifoliella* Tr. // Энтомологические исследования в Сибири. Красноярск: КФ РЭО. 1998. С. 70–73.
- Холченков В.А. Минирующие моли – вредители плодовых культур Крыма (фауна, биология, меры борьбы): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09. Харьков: Харьковский сельскохозяйственный институт, 1976. 20 с.
- Чумаков Л.С., Лозинская О.В. Экологическая оценка поражения насаждений тополя тополевой минирующей молью (*Lithocolletis populifoliella* Tr.) в городе Минске // Экологический вестник. 2015. № 1. С. 94–101.
- Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазена В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
- Ermolaev I.V., Yefremova Z.A., Trubitsyn A.V. Parasitoids of *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) on *Populus balsamifera* L. (Salicaceae) in western European Russia (Lepidoptera: Gracillariidae) // SHILAP Revista de lepidopterologia. 2016. V. 44. P. 303–312.
- Shashank P.R., Singh N., Harshana A., Sinha T., Kirichenko N. First report of the poplar leaf miner, *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke) (Lepidoptera: Gracillariidae) from India // Zootaxa. 2021. V. 4915. № 3. P. 435–450.
- Wagner D., DeFoliart L., Doak P., Schneiderheinze J. Impact of epidermal leaf mining by the aspen leaf miner (*Phyllocnistis populiella*) on the grow, physiology, and leaf longevity of quaking aspen // Oecologia. 2008. V. 157. № 2. P. 259–267.
- Welter S.C. Arthropod impact and plant gas exchange // Insect-plant Interactions. CRC Press, Boca Raton, 1989. V. 1. P. 135–150.

The Influence of a Poplar Leaf Miner on the Radial Growth of the Fodder Plant in Izhevsk City

I. V. Ermolaev^{1, *} and N. G. Zykina²

¹Institute Botanic Garden, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, 620130 Russia

²Udmurt State University, Izhevsk, 426034 Russia

*E-mail: ermolaev-i@yandex.ru

The assessment was conducted regarding the influence of high population density of the *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) leaf miner (Lepidoptera, Gracillariidae) in sustained outbreaks on radial growth of poplar (*Populus balsamifera* L.). The study was carried out in 2018 in Izhevsk town. A significant negative affect of the miner's high densities on the host tree's productivity has been shown. The results of the research allow us to consider *Ph. populifoliella* an economically significant poplar phyllophages and indicate the need to monitor the state of its populations.

Keywords: poplar leaf miner, Phyllonorycter populifoliella, radial growth.

REFERENCES

- Aleksandrovskii A.L., Aleksandrovskaya E.I., Dolgikh A.V., Zamotaev I.V., Kurbatova A.N., Soils and cultural layers of ancient cities in the south of European Russia, *Eurasian Soil Science*, 2015, Vol. 48, No. 11, pp. 1171–1181.
- Aleksandrovskii A.L., Aleksandrovskaya E.I., *Evolutsiya pochv i geograficheskaya sreda* (Soil evolution and geographic environment), Moscow: Nauka, 2005, 223 p.
- Belova N.K., Vrediteli gorodskikh zelenykh nasazhdenii (Pests of urban green spaces), *Zashchita rastenii*, 1994, No. 8, pp. 37–38.
- Bui D.D., Leont'ev L.L., Baryshnikova S.V., Selikhovkin A.V., Posledstviya massovogo razmnozheniya topolevoi nizhnestoronnei moli-pestryanki i drugikh miniruyushchikh mikrocheshuekrylykh v Sankt-Peterburge (Consequences of the mass reproduction of the Poplar Moth *Phyllonorycter populifoliella* and other mining moths in St. Petersburg), *Lesovedenie*, 2021, No. 4, pp. 372–378.
- Chumakov L.S., Lozinskaya O.V., *Ekologicheskaya otsenka porazheniya nasazhdenii topolya topolevoi miniruyushchei mol'yu* (*Lithocolletis populifoliella* Tr.) v gorode Minске (Ecological evaluation of poplar plantings' affection by

- Lithocolletis populifoliella Tr. in Minsk), *Ekologicheskii vestnik Uzbekistana*, 2015, No. 1, pp. 94–101.
- Danilova A.P., Rasprostranenie topolevoi moli v zelenykh nasazhdeniyakh Sverdlovsk (Distribution of the poplar moth in the green spaces of Sverdlovsk), In: *Fauna Urala i Evropeiskogo Severa* (Fauna of the Urals and the European North), Sverdlovsk: UrGU, 1981, No. 9, pp. 122–128.
- Eremeeva N.I., Faktory regulyatsii sostoyaniya gorodskikh populyatsii topolevoi moli *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Lepidoptera, Gracillariidae) (Factors of regulation of city populations *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Lepidoptera, Gracillariidae)), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesokhozyaistvennoi akademii*, 2008, No. 182, pp. 104–112.
- 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., Rubleva E.A., Rysin S.L., Kozhenkova A.A., Ermolaeva M.V., Troficheskaya spetsializatsiya topolevoi moli-pestryanki *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae) (Trophic specialization of the poplar leafminer *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae)), *Entomologicheskoe obozrenie*, 2020, Vol. 99, No. 2, pp. 271–288.
- Ermolaev I.V., Suntsova N.Y., Trubitsyn A.V., Troficheskie predpochteniya topolevoi moli-pestryanki (Nutritional preferences of *Lithocolletis populiella*), *Zashchita i karantin rastenii*, 2011, No. 8, pp. 50.
- Ermolaev I.V., Trubitsyn A.V., Opyt kartografirovaniya ochagov topolevoi moli-pestryanki v g. Izhevsk (The experience of mapping of the poplar leafblotch miner outbreaks in Izhevsk), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2008, No. 185, pp. 61–65.
- Ermolaev I.V., Yefremova Z.A., Trubitsyn A.V., Parasitoids of *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) on *Populus balsamifera* L. (Salicaceae) in western European Russia (Lepidoptera: Gracillariidae), *SHILAP Revista de lepidopterologia*, 2016, Vol. 44, pp. 303–312.
- Grigor'ev Y.S., Pakhar'kova N.V., Sorokina G.A., Sezonnnye izmeneniya fotosinteticheskoi aktivnosti drevesnykh rastenii v usloviyakh zagryazneniya vozdukhnoi sredy (Seasonal changes in the photosynthetic activity of woody plants under air pollution), *Prirodnaya i antropogennaya dinamika nazemnykh ekosistem* (Natural and anthropogenic dynamics of terrestrial ecosystems), Irkutsk, Proc. of All-Russian Conf., October 11–15, 2005, Irkutsk: IrGTU, 2005, pp. 517–520.
- Ivanter E.V., Korosov A.V., *Vvedenie v kolichestvennyuyu biologiyu* (Introduction to Quantitative Biology), Petrozavodsk: PetrGU, 2011, 302 p.
- Kholchenkov V.A., *Miniruyushchie moli – vrediteli plodovykh kul'tur Kryma (fauna, biologiya, mery bor'by)*. *Avtoref. diss. kand. biol. nauk.* (Mining moths – pests of fruit crops of the Crimea (fauna, biology, control measures). Extended abstract of Candidate's biol. sci. thesis), Kharkiv: Khar'kovskii sel'skokhozyaistvennyi institut, 1976, 20 p.
- Krivosheina N.P., Sovremennye predstavleniya o nasekomykh – dendrobiontakh gorodskikh ekosistem (Modern introduction about insects – dendrobionts of urban ecosystems), In: *Dendrobiontnye nasekomye zelenykh nasazhdenii g. Moskvy* (Dendrobiont insects of green spaces in Moscow), Moscow: Nauka, 1992, pp. 5–51.
- Kuznetsov V.V., Dmitrieva G.A., *Fiziologiya rastenii* (Plant physiology), Moscow: Vysshaya shkola, 2005, 736 p.
- 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., 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.
- Shashank P.R., Singh N., Harshana A., Sinha T., Kirichenko N., First report of the poplar leaf miner, *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke) (Lepidoptera: Gracillariidae) from India, *Zootaxa*, 2021, Vol. 4915, No. 3, pp. 435–450.
- Shiyatov S.G., Vaganov E.A., *Metody dendrokronologii. Osnovy dendrokronologii. Sbor i poluchenie drevesnokol'tsevoi informatsii* (Methods of dendrochronology. Fundamental of dendrochronology. Collection of data from tree-rings), Krasnoyarsk: Izd-vo KrasGU, 2000, Vol. 1, 81 p.
- Sulkhanov A.V., Ekologiya gorodskikh populyatsii topolevoi moli *Lithocolletis populifoliella* Tr. (Lithocolletis populifoliella Tr urban populations ecology.), In: *Dendrobiontnye nasekomye zelenykh nasazhdenii g. Moskvy* (Dendrobiont insects of green spaces in Moscow), Moscow: Nauka, 1992, pp. 70–97.
- Turova Y.N., Opadenie list'ev topolya – sushchestvennyi faktor smertnosti minera *Lithocolletis populifoliella* Tr. (Falling of poplar leaves is a significant factor in the mortality of the miner *Lithocolletis populifoliella* Tr.), In: *Entomologicheskie issledovaniya v Sibiri* (Entomological research in Siberia), Krasnoyarsk: KF REO, 1998, pp. 70–73.
- Wagner D., DeFoliart L., Doak P., Schneiderheinze J., Impact of epidermal leaf mining by the aspen leaf miner (*Phyllocnistis populiella*) on the grow, physiology, and leaf longevity of quaking aspen, *Oecologia*, 2008, Vol. 157, No. 2, pp. 259–267.
- Welter S.C., Arthropod impact and plant gas exchange, In: *Insect-plant Interactions*, CRC Press, Boca Raton, 1989, Vol. 1, pp. 135–150.