

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУР НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ЛИПОВОЙ МОЛИ-ПЕСТРЯНКИ *PHYLLONORYCTER ISSIKII* (KUMATA, 1963) (LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE) ВО ВТОРИЧНОМ АРЕАЛЕ МИНЁРА

© 2025 Ермолаев И.В.¹, Дэви Н.М.², Бубнов М.О.², Бессонова В.А.²

¹Удмуртский государственный университет, Ижевск, 426034, Россия
e-mail: ermolaev-i@yandex.ru

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, 620144, Россия

Поступила в редакцию 21.01.2025; После доработки 23.03.2025; Принята к публикации 11.05.2025

Исследование влияния колебаний температуры на динамику численности липовой моли-пестрянки *Ph. issikii* в период 2001–2024 гг. в г. Ижевск показало, что в условиях нехватки теплообеспеченности у минёра преобладает однолетний цикл развития. Реализация однолетней генерации моли, как правило, приводит к росту численности его популяции, а реализация двух поколений – к её снижению.

Временное исчезновение *Ph. issikii* на значительных территориях происходит в результате влияния экстремально высоких температур на развитие гусениц минёра и экстремально низких температур на вышедших после зимней диапаузы имаго.

Ключевые слова: температура, липовая моль-пестрянка, *Phyllonorycter issikii*.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-060-068

Введение

Липовая моль пестрянка *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) – инвазионный вид дальневосточного происхождения [Kirichenko et al., 2022; Lu et al., 2022]. Вторичный ареал этого минёра охватывает значительную часть липовых насаждений Европы, РФ и Кавказа [Ермолаев, Рублёва, 2017; Kirichenko et al., 2017; 2022]. Хроническое повреждение листьев липы минёром оказывает негативное влияние на ростовые и генеративные характеристики дерева [Ермолаев, Зорин, 2011a]. Последнее обстоятельство приводит к значительным экономическим потерям регионального пчеловодства.

Исследование экологических факторов, влияющих на динамику численности популяций *Ph. issikii*, традиционно сводили к вопросам изучения биологии минёра [Ермолаев, Зорин, 2011b; Ермолаев, Ижболдина, 2012] и его взаимодействия с комплексами аборигенных биотических факторов (преимущественно паразитоидов) [Ермолаев и др., 2011; 2018; 2019; 2023; 2024]. Понимание функционирования системы «абиотические факторы

– *Ph. issikii*» позволяет лучше понять ряд механизмов, лежащих в основе инвазии минёра. Например, наша попытка экспериментально оценить дальность разлёта моли [Ермолаев, Токарева, 2015] привела к открытию расселения вида в воздушных течениях, т.е. по средствам анемохории. Этим можно объяснить высокий показатель радиальной скорости инвазии [Tobin et al., 2015] *Ph. issikii*: 42.2 км в год [Ермолаев, Рублёва, 2017]. К сожалению, специальных работ, посвящённых исследованию роли отдельных абиотических факторов в существовании популяций минёра, не существует.

Цель представленной работы – обобщить выявленные факты влияния колебаний температуры на динамику численности популяций *Ph. issikii* во вторичном ареале минёра.

Материал и методика

Материалы, связанные с влиянием температуры на динамику численности *Ph. issikii*, собирали в течение 24 полевых сезонов (2001–2024 гг.) преимущественно на примере популяций минёра г. Ижевск (56°87' с. ш., 53°17' в. д.). Для этой цели в период

2001–2006 гг. оценивали плотность заселения первым поколением минёра 40 модельных деревьев липы на каждой из пробных площадях № 1, 2 и 3, заложенных в липовых насаждениях близ города [Ермолаев и др., 2011]. В период 2007–2024 гг. эту работу проводили на примере 160 модельных деревьев пробной площади № 4 [Ермолаев, Домрачев, 2020].

Влияние зимних температур на выживаемость имаго *Ph. issikii* исследовали в конце марта 2018 г. Для этого на пробной площади № 4 были выбраны 5 елей, погибших в 2016 г. Бабочки моли при выборе мест для зимовки отдают предпочтение погибшим хвойным деревьям с отслаивающейся корой, под которой собираются в массе. С помощью стремянки на высоте 3–4 м каждого дерева топором аккуратно снимали кору деревьев. На обратной стороне коры подсчитывали количество живых и мёртвых бабочек на площади 30×30 см.

Влияние заморозка на выживаемость вышедших из диапаузы бабочек *Ph. issikii* изучили в мае – июне 2024 г. Для этого исследовали повреждённость минёром зелёных насаждений липы в семи городах: Омске (55°02' с. ш., 73°31' в. д.), Тюмени (57°16' с. ш., 65°47' в. д.), Кургане (55°43' с. ш., 65°32' в. д.), Челябинске (55°16' с. ш., 61°37' в. д.), Екатеринбурге (56°79' с. ш., 60°60' в. д.), Уфе (54°60' с. ш., 56°1' в. д.) и Ижевске. В Ижевске и Екатеринбурге оценили плотность заселения 10 деревьев липы на каждой из 30 выбранных площадках. В г. Ижевск площадки были заложены на улицах 30 лет Победы, 9 Января, Азина, В. Сивкова, Красногеройская, Ленина, М. Горького, Динамовская, Л. Толстого, Молодёжная, Новоажимова, Орджоникидзе, Промышленная, Пушкинская, Союзная, Студенческая, Удмуртская, Халтурина, в скверах Дружбы, Заречный, им. А. Титова, Победы, переулках Ударный и Широкий, на бульваре Гоголя, в Городке Машиностроителей, в Березовой Роще, в парке им. Кирова и оружейника Драгунова, а также на Шабердинском тракте. В г. Екатеринбург площадки заложили на улицах Бабушкина, Бебеля, Готвальда, Ильича, Кировградская, Культуры, Кунарская, Первомайская и Титова, в парках «Таганская слобода», им. 22-го Партсъезда, им. 50-летия ВЛКСМ, им. Павлика Морозова, на

Аптекарской, Основинский, Харитоновский, Южный, Чкалова, Энгельса, близ драмтеатра, киноконцертного театра «Космос», оперного театра, стадиона «Динамо», площади Труда и 1-й Пятилетки, педагогического университета, Суворовского училища, Дворца молодёжи, проспекта Ленина и переулка Рижский. На каждом дереве считали количество мин *Ph. issikii* на 100 листьях липы, выбранных на стволовой ветви нижнего яруса северной экспозиции. Среднюю суточную температуру в семи названных городах получили как среднее восьми учётов температуры, измеренной на метеостанции города через каждые 3 часа в течение суток. Материалы, характеризующие погоду городов, взяты из архива фактической погоды Гидрометцентра России (<https://meteoinfo.ru/archive-pogoda>). При оформлении рисунков по распространению липовой моли-пестрянки *Ph. issikii* в городах Ижевск и Екатеринбург в 2024 г. были использованы карты 2ГИС.

Результаты и их обсуждение

В первичном и на значительной части вторичного ареала *Ph. issikii* даёт две генерации [Ермолаев, Домрачев, 2020]. Низкая теплообеспеченность на востоке вторичного ареала создаёт условие доминирования здесь однолетней генерации минёра (рис. 1). Эта особенность была отмечена в Ярославской области [Клепиков, 2005], Удмуртской Республике [Ермолаев, Домрачев, 2020] и Пермском крае [Ермолаев и др., 2024a], а также в Свердловской [Богачева и др., 2018; Ермолаев и др., 2019], Тюменской, Омской и Новосибирской [Ермолаев и др., 2023] областях.

Наше исследование, проведённое в период 2001–2024 гг. на постоянной пробной площади в г. Ижевск, показало, что минёр имел однолетний цикл развития в 70.8% случаев. Вторую генерацию моли наблюдали при условии, что первая генерация бабочек успевала завершить своё развитие в третьей декаде июня (2006, 2010, 2013, 2015, 2016, 2021, 2024 гг.). В случае если это происходило в июле, то второго поколения не было. При этом большинство молей нового поколения в течение недели залезало в трещины коры липы и уходило в состояние диапаузы.

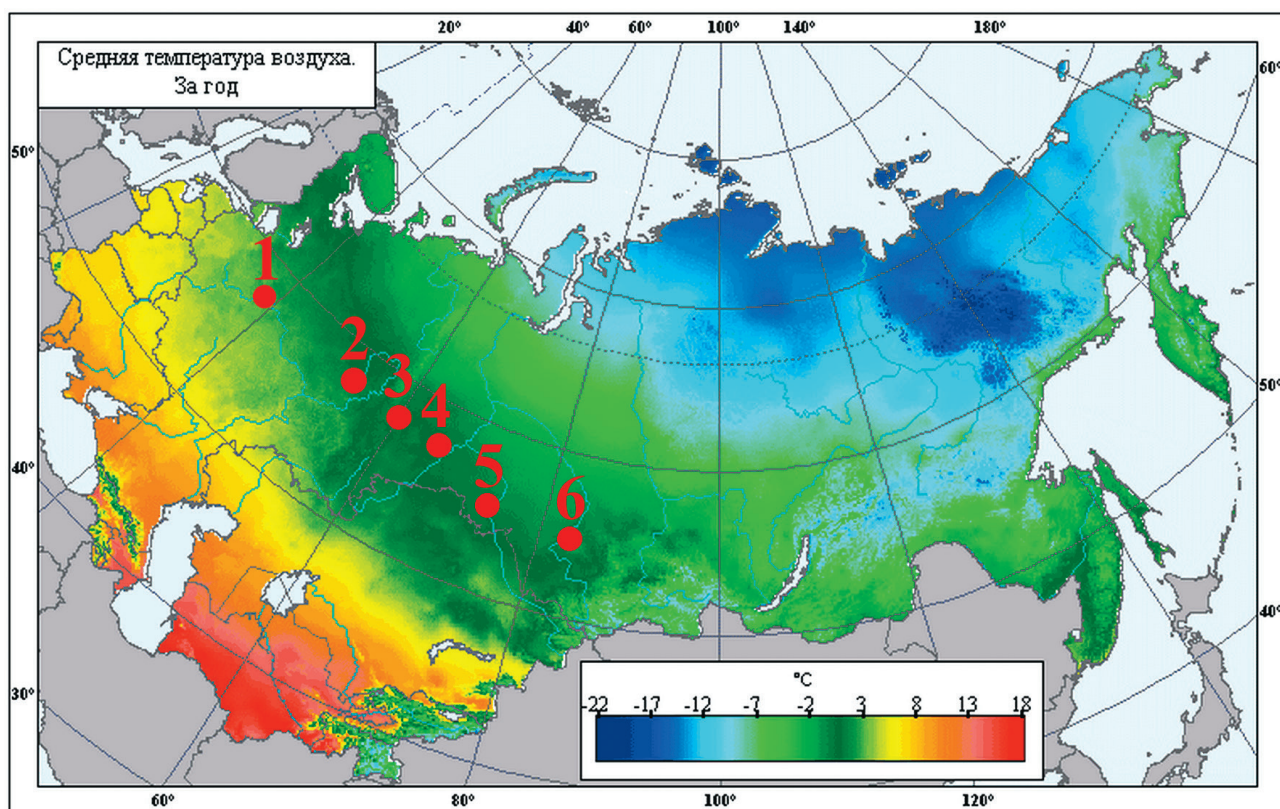


Рис. 1. Территория с преобладанием одной генерации *Ph. issikii*: красные точки: 1 – г. Ярославль, 2 – г. Ижевск, 3 – г. Екатеринбург, 4 – г. Тюмень, 5 – г. Омск, 6 – г. Новосибирск.

Изменчивость фенологии оказывает влияние на динамику численности *Ph. issikii*. При этом реализация однолетней генерации минёра, как правило, приводит к росту численности его популяции, а реализация двух поколений – к её снижению. Механизмы этого явления были рассмотрены нами ранее [Ермолаев, Домрачев, 2020].

Механизм, обеспечивающий строгую синхронизацию сезонного цикла насекомого к локальным условиям в местах их обитания, как правило, чрезвычайно сложен [Саулич, 1999; Саулич, Волкович, 2004] и для *Ph. issikii* остаётся не изученным. Колебание числа поколений минёра в Удмуртии, по всей вероятности, является результатом влияния температуры на сдвиг календарных сроков развития. При этом гусеницы (реагирующие на фотопериодические условия) попадают на периоды с разной продолжительностью дня [Данилевский, 1961, с. 189].

Картина выхода первого поколения бабочек *Ph. issikii* на одной локации может ежегодно варьировать. Значительная изменчивость времени появления листьев липы на нашей пробной площади (от 4 мая в 2023 г. до

29 мая в 2012 г.) и разная динамика теплообеспеченности в течение вегетации оказывают существенное влияние на динамику появления имаго. За период наблюдений появление первого поколения минёра в г. Ижевск сдвигалось на месяц: от 18 июня (2021 г.) по 21 июля (2017 г.). Схожую задержку в развитии *Ph. issikii* в 2017 г. наблюдали и в соседней Кировской области в заповеднике «Нургуш» (Кировская обл.) [Целищева, 2017]. Известны случаи и других значительных фенологических сдвигов. Так, в 1990 г. в Московской области в связи с весенним похолоданием сроки развития минёра также были смещены на месяц [Осипова, 1992; 1995]. В результате вылет второго поколения начался лишь во второй декаде сентября. При этом в другие годы (период наблюдений 1988–1994 гг.) такие смещения не превышали 2–3 недели [Осипова, 1995]. В 2001–2002 гг. лёт бабочек второго поколения в Москве наблюдали в сентябре – октябре [Козлова, 2006; Гниненко, Козлова, 2007].

Влияние температуры на динамику численности в популяциях *Ph. issikii* может зависеть и от рельефа местности. Особенно это

заметно в долине крупной реки. Даже в годы с максимальной плотностью заселения *Ph. issikii* на пробной площади № 4 под г. Ижевск (например, 5 и более мин на лист в 2004, 2005, 2006, 2015, 2018, 2021, 2023 гг.) этот показатель в долине р. Кама (близ биостанции Удмуртского государственного университета «Сива») не превышал величины 0.25 мин на лист. По всей вероятности, это явление связано с негативным влиянием частых локальных заморозков при ночном выхолаживании воздуха в низинных участках долины на разные стадии развития минёра. Схожий эффект наблюдали при исследовании популяции тополевой моли-пестрянки *Ph. populifoliella* (Treitschke, 1833) (Gracillariidae) близ р. Ангара [Фролов, 1948].

Крайне негативный эффект на численность развивающихся гусениц оказывают экстремально высокие температуры. Например, аномально жаркий июль и август 2010 г. негативно повлияли на жизнеспособность имаго второго поколения *Ph. issikii* в г. Ижевск. В результате плотность популяции минёра в 2011 г. была снижена во многих насаждениях до нуля. То же произошло и с тополевой молью-пестрянкой *Ph. populifoliella*, хронический очаг которой существовал в Ижевске с 2002 г. Засуха и высокая температура воздуха 2017 г. в Сербии также привела к гибели большинства гусениц второй второго поколения моли [Dobrosavljevic et al., 2018]. К сожалению, механизм влияния засухи на жизнеспособность молей-пестрянок остался не известен.

Экстремальное проявление температуры летом 2010 г. привело к временному исчезновению липовой моли-пестрянки по всем липовым насаждениям Удмуртии [Ермолаев, Рублёва, 2017]. Отдельные растения липы, заселённые в 2011 г. минёром, были найдены нами только в низинах и на дне оврагов. В результате появилась уникальная возможность проследить динамику нарастания численности моли при заселении ею липняка. Если в 2011 г. плотность заселения первой генерации моли на нашей пробной площади была $1,6 \pm 0,4$ ($n = 150$, где n – количество модельных деревьев) мин на 100 листьев, то в 2012 и 2013 гг. этот показатель составил $51,6 \pm 7,9$ ($n = 143$) и $213,0 \pm 12,3$ ($n = 140$) мин на 100

листьев соответственно. Если в 2011 г. только отдельные модельные деревья липы на пробной площади были заселены молью, то уже в 2012 г. число заселённых деревьев составило 100% [Ермолаев, Рублёва, 2017]. Другими словами, в условиях Удмуртии *Ph. issikii* проходит три фазы инвазии (появления, становления и распространения) [Liebhold, Tobin, 2008; Liebhold et al., 2023] всего за три года.

В разных частях вторичного ареала бабочки *Ph. issikii*, по-видимому, по-разному переносят зиму. Так, в условиях Среднего и Нижнего Поволжья минёр с трудом проходит этот период [Аникин и др., 2016]. С этим авторы связывают малочисленность первого поколения минёра. Напротив, в центральной части РФ бабочки *Ph. issikii* успешно зимовали при температурах ниже -25°C [Масляков, Ижевский, 2011]. Так, холодная зима 2005–2006 гг. в Москве (температура воздуха ниже -25°C держалась более 10 дней) не оказала существенного влияния на зимующих бабочек [Гниненко, Козлова, 2008]. То же было отмечено нами под Ижевском. Так, в 27–29 декабря 2002 г. средняя суточная температура воздуха составила $-32,3$, $-34,2$ и $-36,5^{\circ}\text{C}$ соответственно. При этом бабочки успешно перенесли зимовку. Наша оценка, проведённая в конце марта 2018 г. на пробной площади № 4, показала, что смертность бабочек за зимний период может составлять около 15–20%.

Весенние заморозки могут негативно влиять на численность вышедших из диапаузы бабочек *Ph. issikii*. Вторая половина апреля 2024 г. в восточной части вторичного ареала *Ph. issikii* была тёплой. Например, средняя суточная температура выше 10°C в Екатеринбурге и Тюмени продержалась 5 суток, в Челябинске, Кургане и Омске – 6 суток, в Ижевске и Уфе – 7 и 9 суток соответственно. При этом показатель достигал в большинстве городов более 20°C (рис. 2). В результате все бабочки *Ph. issikii* вышли из зимней диапаузы. Наше исследование, проведённое с помощью пирометра в г. Ижевск, показало, что первые бабочки *Ph. issikii* могут выходить из зимней диапаузы при нагреве коры зимовочного дерева уже в 7°C .

Дальнейшее снижение температуры ниже 0°C в сочетании с выпадением снежного по-

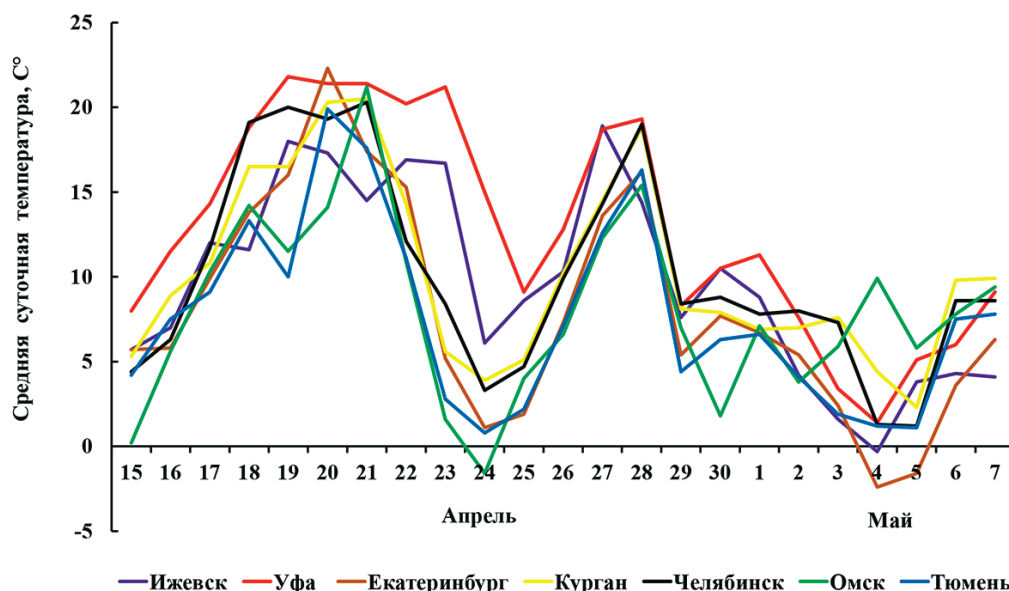


Рис. 2. Динамика средней суточной температуры в период с 15.04.2024 по 07.05.2024 в семи городах РФ, по данным архива фактической погоды Гидрометцентра России (<https://meteoinfo.ru/archive-pogoda>).

крова привело к гибели моли на значительной территории Предуралья, Урала, Зауралья и Западной Сибири. В Западной Сибири было несколько волн заморозков. В Омске ночные отрицательные температуры держались с 23 по 26 апреля (до -6.1°C) и с 29 апреля по 3 мая (до -4.1°C). В Тюмени это явление наблюдали 24–25 апреля (до -1.8°C), с 29 по 30 апреля (до -2.2°C) и 4 по 6 мая (до -3.6°C). На остальной территории заморозок прошёл с 4 по 6 мая. При этом ночная температура воздуха опускалась в Кургане до -1.1°C , в Челябинске, Екатеринбурге, Уфе и Ижевске — до -2.3 , -3.6 , -4.8 и -4.1°C соответственно.

Вместе с *Ph. issikii* на территории Урала и Западной Сибири исчез и другой инвазивный вид — дубовая широкоминирующая моль *Acrocercops brongniardella* (Fabricius, 1798) (Gracillariidae). В последние годы этот аборигенный вид расширял свой ареал в том числе и на восток [Ермолаев и др., 2024б]. Детальное исследование дубовых посадок в парке Омского государственного агроуниверситета (г. Омск, 02.06.2024), в экопарке Затюменский (г. Тюмень, 03.06.2024), в дендрарии ботанического сада УрО РАН (г. Екатеринбург, 04.06.2024) показало полное отсутствие этого вида. Ранее этот минёр давал очаги в пер-

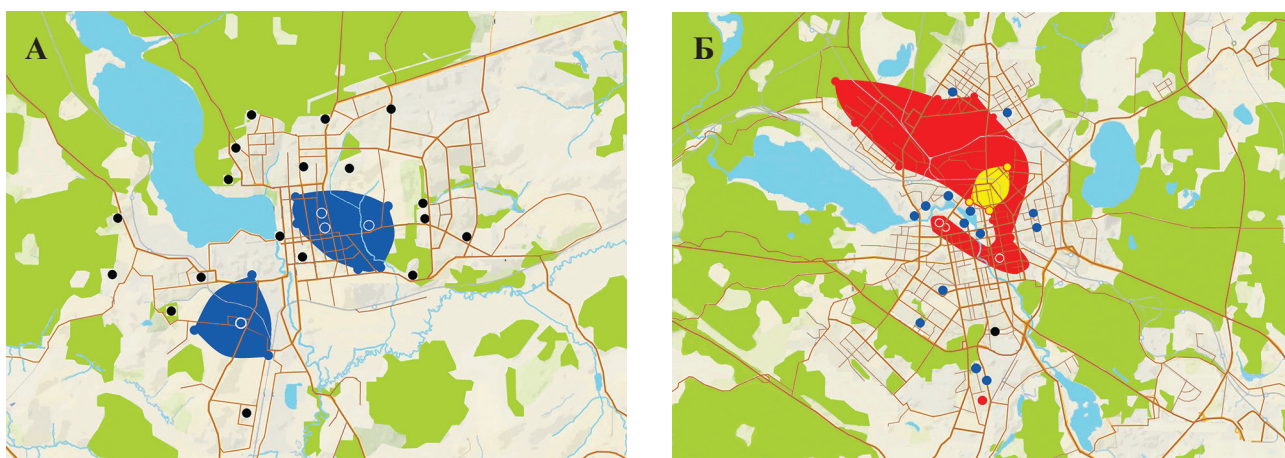


Рис. 3. Распространение липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* в Ижевске (А) и Екатеринбурге (Б) в июне 2024 г.: плотность заселения минёром липы представлены разным цветом: чёрные точки — моль не обнаружена; синие точки и области — плотность заселения находится в диапазоне от 1 до 2 мин на 100 листьев; красные точки и область — плотность заселения от 2 до 4 мин на 100 листьев; жёлтые точки и область — более 4 мин на 100 листьев.



Рис. 4. Листья липы мелколистной *Tilia cordata* Mill., повреждённые заморозком (Уфа, 05.06.2024, фото: Ермолаев И.В.).

вой [Гайвас и др., 2019] и третьей [Замшина, 2023] локации. Башкирская (близ г. Уфа) и удмуртская (долина р. Сива) популяции *A. brongniardella* выжили. При этом плотность заселения дубов этим минёром упала до минимальных показателей.

Детальное исследование липовых насаждений на примере Ижевска и Екатеринбурга показало, что в крупных городах отдельные особи бабочек *Ph. issikii* способны выживать даже в условиях проявления экстремальных температур вследствие значительной гетерогенности температурных условий. Подобные условия создаются за счёт теплового загрязнения. Общеизвестно, что над городами формируется тёплый слой воздуха высотой до 200 м. При этом температура воздуха в городе бывает на 0.5–5.0 °C выше, чем в пригороде [Ландсберг, 1983; Musco, 2016]. То же отмечено и для Ижевска [Климат Ижевска, 1979, с. 87], и для Екатеринбурга [Климат Свердловска, 1981, с. 55]. Результаты наших исследований показаны на рисунке 3. По сути дела, рисунки распределения *Ph. issikii* отражают картину теплового загрязнения городов на 4–6 мая 2024 г. В Ижевске (рис. 3, А) выявлены две области с плотностью заселения от 1 до 2 мин на 100 листьев. Первая (слева) связана с территорией металлургического завода «Ижсталь» и частным сектором, вторая (справа) – с центром города и частным сектором. Более крупный г. Екатеринбург (рис. 3, Б) позволил сформировать

значительную область моли с плотностью заселения более 2 мин на 100 листьев в центре и промышленном северо-западе города. В центральной части города выявлена зона со значительно более высокой плотностью заселения лип минёром: с 4.7 до 8.5 мин на 100 листьев. Интересно, что местоположение этой области практически совпадает с зоной хронического очага тополевой моли-пестрянки *Ph. populifoliella* [Ермолаев, 2019, см. рис. 1], существовавшего в городе, по крайней мере, с 1918 г. [Колосов, 1918] по начало 1980-х гг. [Данилова, 1981]. Кроме того, на юге Екатеринбурга была выявлена локальная точка с высокой плотностью заселения липы *Ph. issikii* (5.9 мин на 100 листьев): в парке на Аптечной. По всей вероятности, этот случай связан с соседством этой локации с Заводом керамических изделий.

Негативное влияние поздневесеннего заморозка на яйцекладку моли исследовали 22–23 мая 2002 г. в Ижевске. Средние суточные температуры здесь составили –0.4 и –1.2 °C соответственно. В результате часть листовой пластинки липы была отморожена и погибла. В свою очередь это привело к гибели некоторого количества яиц, отложенных минёром на лист. При этом негативное влияние данного фактора на трёх пробных площадях было различно. Если снижение плотности первого поколения минёра на пробной площади № 2 было значительным (на 59.8% от показателя предыдущего года), на пробной

площади № 1 – умеренным (на 22.4%), то на пробной площади № 3 какого-либо влияния на динамику численности вообще не было. По всей вероятности, влияние поздневесеннего заморозка может зависеть как от рельефа местности, так и от структуры насаждения. Схожий эффект мы наблюдали в 2024 г. в липняке к югу от Уфы. Среди исследованных популяций *Tilia cordata* к моменту заморозков 4–6 мая (см. рис. 2) только местные успели раскрыть листья (рис. 4).

Заключение

Низкая теплообеспеченность на востоке вторичного ареала *Ph. issikii* создаёт условие доминирования здесь однолетней генерации минёра. За 24 года наблюдений в г. Ижевск *Ph. issikii* имел однолетний цикл развития в 70.8% случаев. Реализация однолетней генерации моли, как правило, приводит к росту численности его популяции, а реализация двух поколений – к её снижению. Экстремально высокие температуры в период развития гусениц, как и экстремально низкие температуры во время выхода имаго из зимней диапаузы, могут приводить к временно-локальному исчезновению инвазионного вида на значительной территории.

Благодарности

Выражаем благодарность С.Ю. Синёву, С.В. Барышниковой (Зоологический институт РАН) и А.В. Селиховкину (Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет) за поддержку работы на разных этапах её выполнения.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Все экспериментальные протоколы были выполнены в соответствии с руководящими принципами ЕС по уходу и использованию лабораторных животных (86/609 / СЕЕ) и при соблюдении правил, утверждённых распоряжением Президиума АН СССР от 2 апреля 1980 № 12000-496 и приказом Минвуза СССР

от 13 сентября 1984 № 22. Все усилия были предприняты, чтобы использовать только минимальное количество животных, необходимое для получения надёжных научных данных.

Финансирование работы

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00026).

Литература

- Аникин В.В., Золотухин В.В., Кириченко Н.И. Минирующие моли-пестрянки (Lepidoptera: Gracillariidae) Среднего и Нижнего Поволжья. Ульяновск: Корпорация технологий продвижения, 2016. 152 с.
- Архив фактической погоды Гидрометцентра России. 2025. // (<https://meteoinfo.ru/archive-pogoda>) (Accessed on 14.01.2024).
- Богачева И.А., Замшина Г.А., Николаева Н.В. Массовые и многочисленные насекомые-филлофаги деревьев и кустарников Екатеринбурга // Фауна Урала и Сибири. 2018. № 1. С. 46–73.
- Гайвас А.А., Шевченко Н.Ю., Христин В.В., Лещина М.М. Моль дубовая широкоминирующая, вредитель дубовых насаждений ФГБОУ ВО Омский ГАУ // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения С.И. Леонтьева. Омск: Омский государственный аграрный ун-т, 2019. С. 443–447.
- Гниненко Ю.И., Козлова Е.И. Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* в Прибалтике // Информационный бюллетень ВПРС МОББ. Биологические методы в интегрированной защите плодовых и лесных насаждений. Познань-Пушкино. 2007. № 37. С. 18–21.
- Гниненко Ю.И., Козлова Е.И. Прогрессирующие вредители липы в городских посадках // Защита и карантин растений. 2008. № 1. С. 47.
- Данилевский А.С. Фотопериодизм и сезонное развитие насекомых. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1961. 243 с.
- Данилова А.П. Распространение тополевой моли в зелёных насаждениях Свердловска // Фауна Урала и Европейского Севера. Свердловск: Уральский государственный ун-т, 1981. Вып. 9. С. 122–128.
- 2ГИС. 2025. // (<https://2gis.ru>) (Accessed on 14.01.2025)
- Ермолаев И.В., Зорин Д.А. Экологические последствия инвазии *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в липовых лесах Удмуртии // Зоологический журнал. 2011а. Т. 90, № 6. С. 717–723.
- Ермолаев И.В., Зорин Д.А. Особенности распределения липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в естественных насаждениях // Зоологический журнал. 2011б. Т. 90, № 10. С. 1193–1196.
- Ермолаев И.В., Ефремова З.А., Ижболдина Н.В. Паразиты как фактор смертности липовой моли-пестрян-

- ки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) // Зоологический журнал. 2011. Т. 90, № 1. С. 24–32.
- Ермолаев И.В., Ижболдина Н.В. Влияние плотности популяции липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae) на соотношение внутривидовых форм // Энтомологическое обозрение. 2012. Т. 91, № 1. С. 131–142.
- Ермолаев И.В., Токарева П.С. Особенности разлёта бабочек липовой моли-пестрянки // Защита и карантин растений. 2015. № 2. С. 50.
- Ермолаев И.В., Рублёва Е.А. История, скорость и факторы инвазии липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) в Евразии // Российский журнал биологических инвазий. 2017. № 1. С. 2–19.
- Ермолаев И.В., Ефремова З.А., Домрачев Т.Б. О влиянии паразитоидов (Hymenoptera, Eulophidae) на выживаемость липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) в Удмуртии // Зоологический журнал. 2018. Т. 97, № 4. С. 401–407.
- Ермолаев И.В. Экологические механизмы непериодической популяционной волны на примере тополевой моли-пестрянки – *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) // Журнал общей биологии. 2019. Т. 80, № 6. С. 451–476.
- Ермолаев И.В., Ефремова З.А., Герасимова Н.А., Королёва Е.А., Лушников Н.Н., Петров А.И., Пчельников А.А. Паразитоиды (Hymenoptera) липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) разных городов Российской Федерации и роль этих паразитоидов в смертности инвазивного вида // Зоологический журнал. 2019. Т. 98, № 4. С. 407–414.
- Ермолаев И.В., Домрачев Т.Б. Влияние количества генераций на динамику численности липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera: Gracillariidae) в Удмуртии // Российский журнал биологических инвазий. 2020. № 4. С. 66–80.
- Ермолаев И.В., Ефремова З.А., Белокобыльский С.А., Тюлькин Ю.А., Егоренкова Е.Н. Паразитоиды (Hymenoptera, Eulophidae, Braconidae) как фактор смертности липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) в Зауралье и Западной Сибири // Зоологический журнал. 2023. Т. 102, № 7. С. 790–798.
- Ермолаев И.В., Ефремова З.А., Белокобыльский С.А., Курбатов В.В., Егоренкова Е.Н. Паразитоиды (Hymenoptera, Eulophidae, Braconidae) как фактор смертности липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) в Предуралье // Зоологический журнал. 2024а. Т. 103, № 4. С. 58–65.
- Ермолаев И.В., Яценко И.О., Рысин С.Л., Абдулхакова А.А. Кормовые растения дубовой широколиственной моли *Acrocercops brongniardella* (Fabricius, 1798) (Gracillariidae) // Российский журнал биологических инвазий. 2024б. № 3. С. 102–112.
- Замшина Г.А. К изучению инвазивной дубовой широколиственной моли *Acrocercops brongniardella* в городе Екатеринбурге // Фауна Урала и Сибири. 2023. № 2. С. 70–73.
- Клепиков М.А. Обзор фауны кривоусых крохоток-молей и молей-пестрянок (Lepidoptera: Bucculatricidae, Gracillariidae) Ярославской области // Эверсманния. Энтомологические исследования в Европейской России и соседних регионах. Тула: Гриф и К, 2005. Вып. 3–4. С. 56–62.
- Климат Ижевска. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 135 с.
- Климат Свердловска. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 191 с.
- Козлова Е.И. Липовая минирующая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* Kumata – вредитель липы в европейской части России // Защита леса от вредителей и болезней: сборник статей. М.: ВНИИЛМ, 2006. С. 75–77.
- Колосов Ю.М. Тополёвая моль // Зауральский край. Екатеринбург. 1918. № 50. С. 4.
- Ландсберг Г.Е. Климат города. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 248 с.
- Масляков В.Ю., Ижевский С.С. Инвазии растительноядных насекомых в европейскую часть России. М.: ИГРАН, 2011. 289 с.
- Осипова А.С. Липовая моль-пестрянка – распространяющийся вредитель липы // Экология и защита леса. СПб.: Санкт-Петербургская лесотехническая академия, 1992. С. 75–77.
- Осипова А.С. Комплекс беспозвоночных-филлофагов Приокско-Террасного биосферного заповедника и его использование в лесном мониторинге: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Московский государственный ун-т леса, 1995. 22 с.
- Саулич А.Х. Сезонное развитие насекомых и возможности их расселения. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 1999. 248 с.
- Саулич А.Х., Волкович Т.А. Экология фотопериодизма насекомых. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2004. 276 с.
- Фролов Д.Н. Тополёвая моль – вредитель зелёных насаждений Иркутска // Труды Иркутского государственного ун-та. Серия биологическая. 1948. Т. 3, № 2. С. 1–20.
- Целищева Л.Г. Динамика повреждений листьев липы мелколистной членистоногими минёрами и галлообразователями в заповеднике «Нургуш» в 2015–2017 гг. // Труды государственного природного заповедника «Нургуш». Киров: Типография «Старая Вятка», 2017. Т. 4. С. 132–139.
- Dobrosavljevic J., Markovic Č., Stojanovic A. Contribution to the knowledge of *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) in Serbia // Acta entomologica. 2018. Vol. 23, No 1. P. 25–32.
- Kirichenko N.I., Triberti P., Ohshima I., Haran J., Byun B.-K., Li H., Augustin S., Roques A., Lopez-Vaamonde C. From east to west across the Palearctic: phylogeography of the invasive lime leaf miner *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae) and discovery of a putative new cryptic species in East Asia // PLoS ONE. 2017. Vol. 12, No 2. e0171104. P. 1–22.
- Kirichenko N.I., Zakharov E.V., Lopez-Vaamonde C. Tracing the invasion of a leaf-mining moth in the Palearctic through DNA barcoding of historical herbaria // Scientific Reports. 2022. 12: 5065 [https://doi.org/10.1038/s41598-022-08894-7] (Accessed on 14.01.2025).

- Liebhold A.M., Tobin P.C. Population ecology of insect invasions and their management // Annual Review of Entomology. 2008. Vol. 53. P. 387–408.
- Liebhold A.M., Brockerhoff E.G., McCullough D.G. Chapter 23. Forest insect invasions and their management // Forest entomology and pathology. Vol. 1: Entomology. J.D. Allison, T.D. Paine, B. Slippers, M.J. Wingfield (eds.). Springer, 2023. P. 789–810.
- Lu M., Li E., Liu P., Liu T. Leaf-mining moths of the genus *Phyllonorycter* Hübner (Lepidoptera: Gracillariidae: Lithocolletinae) associated with Malvaceae in China, with descriptions of one new species // Zootaxa. 2022. 5205. No 3. P. 265–280 [https://doi.org/10.11646/zootaxa.5205.3.5] (Accessed on 14.01.2025).
- Musco F. Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario. N.Y.: Springer. 2016. 396 p.
- Tobin P.C., Liebhold A.M., Roberts E.A., Blackburn L.M. Chapter: 9. Estimating spread rates of non-native species: the gypsy moth as a case study // Pest risk modeling and mapping for invasive alien species (ed. R.C. Venette). 2015. P. 131–144.

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE POPULATION DYNAMICS OF *PHYLLONORYCTER ISSIKII* (KUMATA, 1963) (LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE) IN THE SECONDARY RANGE OF THE MINER

© 2025 Ermolaev I.V.¹, Devi N.M.², Bubnov M.O.², Bessonova V.A.²

¹Udmurt State University, Izhevsk, 426034, Russia

²Institute of Plant and Animal Ecology, Ekaterinburg, 620144, Russia

e-mail: ermolaev-i@yandex.ru

The influence of temperature fluctuations on the population dynamics of the lime leafminer *Ph. issikii* was studied during the period 2001–2024 in Izhevsk City. During the observation period the miner had one generation per year in 70.8% of cases. The implementation of one-year generation of the miner as a rule leads to an increase in the size of its population, and the implementation of two generations leads to its decrease.

Temporary disappearance of *Ph. issikii* in large areas occurs as a result of the influence of extremely high temperatures on the development of the miner larvae and extremely low temperatures on adults emerging after winter diapause.

Key words: temperature, lime leafminer, *Phyllonorycter issikii*.