

ИЗУЧЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗЛЕТА *IPS TYPOGRAPHUS* (LINNAEUS, 1758) С ПОМОЩЬЮ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ПОРОШКА

А.А. Чалкин¹✉, С.Н. Лябзина^{2,3}, О.А. Кулинич^{1,4}

¹ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), Россия, 140150, Московская область, г.о. Раменский, рп. Быково, ул. Пограничная, д. 32

²Североморский филиал ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), Россия, 185003, Республика Карелия, г. Петрозаводск, Лососинская набережная, д. 7

³ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ), Россия, 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33

⁴Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова Российской академии наук (ИПЭЭ РАН), Россия, 119071, Москва, Ленинский проспект, д. 33

chalkin10@ya.ru

Представлены результаты исследования дальности и направления разлета короледа-типографа (*Ips typographus* L.) с мечением и повторным отловом имаго в условиях открытого биоценоза в Республике Карелия. Исследования, проведенные в двух повторностях, показали, что для массовой маркировки короедов подходит мелкодисперсный порошок люминофор ярко-зеленого или голубого оттенков с длительным послесвечением, частицы которого в течение нескольких дней остаются на теле короледа и хорошо заметны под ультрафиолетовым свечением, а меченые особи сохраняют свою активность. Отмечено, что порошок равномерно распределяется по всем участкам тела насекомого, концентрируясь под элитрами и на волосках. Анализ данных показывает, что в эксперименте 16 % (126 имаго из 782) меченых особей короледа-типографа отловлено повторно в феромонные ловушки барьерно-вороночного типа с видоспецифичным агрегационным аттрактантом, которые были размещены в северо-западном, юго-западном, северо-восточном и юго-восточном направлениях от точки выпуска короедов по 6 шт. на сторону с интервалом в 0,2 км. Установлено, что при повторном отлове максимальное количество жуков (60 %) отловлено в юго-западном направлении на расстоянии от 1 км от точки выпуска. Установлено, что расселение жуков короледа-типографа с учетом розы ветров происходило против направления преобладающего ветра, переносящего аттрактивные вещества.

Ключевые слова: *Ips typographus*, короледа-типограф, феромонные ловушки, люминофор, мечение с повторным отловом

Ссылка для цитирования: Чалкин А.А., Лябзина С.Н., Кулинич О.А. Изучение направления разлета *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) с помощью люминесцентного порошка // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 5. С. 118–128. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-5-118-128

Короледа-типограф (*Ips typographus* Linnaeus, 1758) является доминирующим видом среди ксилобионтов еловых ценозов и по-прежнему остается главной угрозой, приводящей к уничтожению лесных массивов ввиду частых вспышек его численности. В лесных биоценозах Карелии короледа-типограф преобладает среди насекомых ксилофильного комплекса еловых экосистем и отмечен на всей территории республики [1]. Численность короледа-типографа не имеет резко выраженных значений и находится в пределах нормы. Короледа-типограф в лесном хозяйстве имеет важное значение, как с экологической, так и с экономической точки зрения, в частности для прогнозирования его распространения и предотвращения гибели деревьев [2].

Заселение ели короледом-типографом и отмирание деревьев происходит преимущественно по стволу типу, при этом наибольшей уязвимостью отличаются старовозрастные ели

(100...120 лет), произрастающие в ельниках зеленомошниках на вершинах и склонах холмов.

Короледа-типограф является вторичным вредителем, атакующим деревья, которые уже подверглись негативному воздействию окружающей среды или стрессу.

Особенности возрастного состава, влагообеспеченность древостоев, проведение лесотехнических мероприятий ограничивают потенциальную вероятность возникновения и распространения масштабных очагов массового размножения не только короледа-типографа, но и других ксилофильных насекомых.

Короледа-типограф размножается в древесине усыхающих елей, однако при большой численности имаго способны атаковать деревья без внешних признаков ослабления [3, 4]. В Российской Федерации ель является товаром для международной торговли. Страны-импортеры выдвигают условия по отсутствию некоторых видов короедов в экспортируемой древесной продукции из Российской Федерации [5].

Распространение полетом — ключевая часть жизненного цикла кородея-типографа. Это обязательная фаза, которая происходит от молодого имаго до репродуктивной особи. Фаза расселения обязательна для всех видов короедов, но не всегда происходит в каждом поколении и чаще всего она отсутствует, если происходит повторное заселение в одном и том же месте [6]. Жукам необходимо расселяться, поскольку предоставленные ресурсы истощаются. После вылета некоторые особи начинают рассеиваться по ветру до тех пор, пока не встретится привлекательный семиохимический сигнал, а затем происходит ориентированный полет против ветра.

Ветровальные и усыхающие деревья являются кормовой базой для ксилофагов. В поисках новых участков они активно расселяются, и одной из причин миграции является истощение питательных ресурсов. Способность к полету сильно различается у разных видов короедов. Так, в некоторых трибах *Scolytinae* крылья у самцов редуцированы, и они теряют способность к полету (*Hypothenemus*, *Xyleborinus*, *Xyleborus* и др.). Во время расселительного полета короеды могут перемещаться на небольшие расстояния (*Phloeotribus spinulosus* (Rey, 1883)) или разлетаться на десятки километров (виды родов *Dendroctonus* Erichson, 1936 и *Scolytus* Latreille, 1804) [6–8].

Во время процесса поиска короедом растения-хозяина и последующего его заселения выделяют два типа полета: первоначальный полет кородея происходит при ветре до тех пор, пока жуки не почувствуют изменчивые сигналы и, реагируя на них, начнут полет против ветра. Физиологическое состояние отдельных короедов влияет на реакцию на летучие семиохимические сигналы у различных видов короедов по-разному. Около 25...30% *I. typographus* реагируют на ловушки с феромонами сразу после вылета, а большая часть популяции приземлится на потенциальных «хозяев» спустя некоторое время [9]. Проведенные исследования *I. typographus* показывают, что самые высокие реакции антенн на семиохимические вещества у жуков обнаруживаются после полета в течение 0...5 ч. Чувствительность усиков ниже у жуков, которые совершают очень длительные полеты (24–48 ч) [10].

Для измерения летной способности и расселения короедов разработаны как прямые, так и косвенные методы измерения полета и прогнозирования движения. При прямом исследовании устанавливают их способность к длительному перемещению, которую чаще всего измеряют в лабораторных условиях с помощью летных мельниц [11]. Эти устройства состоят из вращающегося рычага, подвешенного над центральной точкой поворота. Полет кородея-типографа на летных мельницах может достигать 50 км и более [12]. Например, дальность полета лубоеда (*Dendroctonus*

ponderosae Hopkins) на летных мельницах изменяется в среднем от 2 до 6 км, однако отдельные особи могут пролетать расстояние более 20 км [7]. Такое различие объясняется морфологическими или физиологическими факторами. Исследования видов *D. ponderosae* и *I. typographus* на летной мельнице доказывают, что жуки с одинаковым размером и массой обладают различной летной способностью [13–15]. Хотя этот метод полезен для измерения таких летных характеристик, как расстояние и скорость, его нельзя использовать для измерения ориентированного полета.

Воздействие на жуков аттрактантов во время исследования на летной мельнице дает возможность измерить влияние семиохимических веществ на склонность к полету и поворот во время полета, но препятствует ориентированному полету. На частоту взмахов крыльев влияют в основном условия окружающей среды, в частности температура воздуха, летательные мышцы и морфология крыльев особи, что в совокупности определяет ее способность к полету. Частота взмахов крыльев увеличивается с ростом нагрузки на крыло (масса тела/площадь крыла), инерции и сопротивления [14]. В результате воздействия различных факторов, связанных с удержанием имаго, данные полета, полученные в летной мельнице, могут использоваться только в относительном, а не в абсолютном смысле.

По мнению ряда авторов [16–18], очень трудными являются исследования расселения жуков в естественной среде обитания с использованием мечения и повторного отлова в феромонные ловушки для получения точного представления об их полете. Такие полевые исследования отличаются сложностью проведения и интерпретации, хотя могут предоставить информацию о минимальной пропускной способности полета и самом полете, ориентированном в пределах насаждения. Ловушки с приманкой позволяют оценить привлекательность жуков к различным сигналам и наличие жуков в определенных средах обитания.

Измерить перемещение жуков в режиме реального времени сложно. В последнее время для этого применяют современные методы, основанные на моделировании потенциального расселения [19–21].

Для изучения распределения кородея-типографа при полете используют различные методы маркировки. Из литературных источников известно, что перед выпуском жуков маркируют краской, цветным порошком или гравировкой на надкрыльях [10, 21–24]. Порошок наиболее удобен при массовом варианте мечения, что позволяет в разы увеличить количество окрашенных особей [22, 23]. В дальнейшем меченых жуков повторно отлавливают с помощью ловчих деревьев [25, 26] или феромонных ловушек [23, 26].

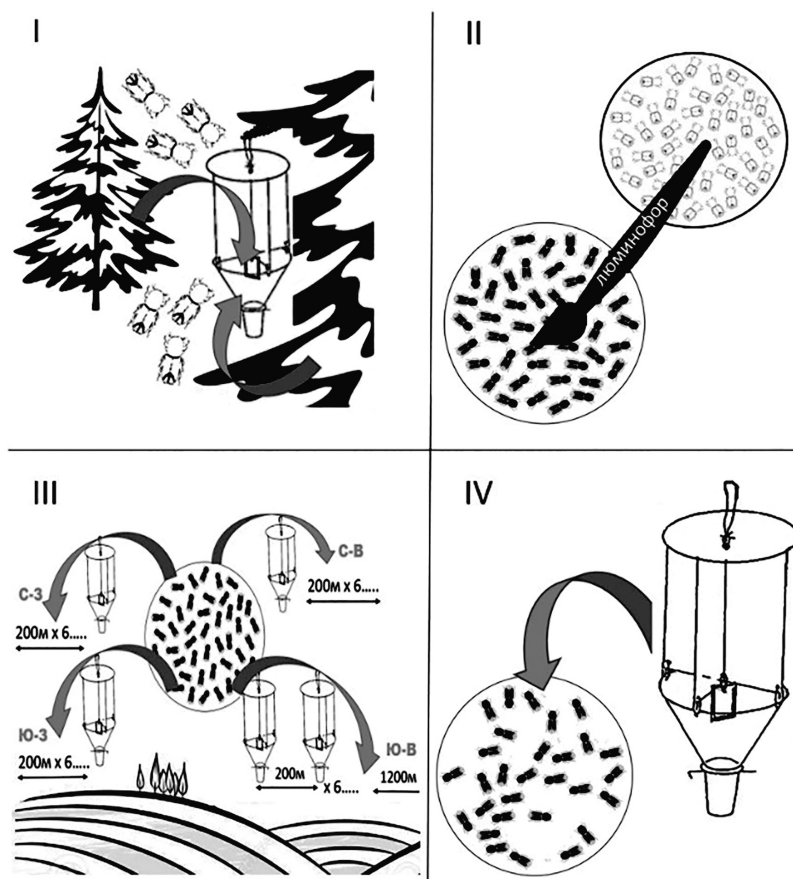


Рис. 1. Этапы исследований направления и дальности разлета имаго *Ips typographus*: I — отлов жуков в естественных биоценозах; II — мечение жуков люминофором; III — размещение ловушек и выпуск меченных имаго; IV — отлов меченных насекомых

Fig. 1. Stages of research on the direction and range of dispersal of adults of *Ips typographus*: I — catching beetles in natural biocenoses; II — marking of beetles with a phosphor; III — placement of traps and release of marked adults; IV — catching marked insects

Цель работы

Цель работы — изучение направления и дальности разлета короеда-типографа путем нанесения на поверхность его тела красящего пигмента люминофора с последующим контролем за перемещением с помощью феромонных ловушек.

Объекты и методы исследования

Исследование проводили в Карелии (Прионежский район, п. Шуя) в агроценозах на площади более 20 га (61°89' с. ш., 34°21' в. д.) в 2022 г. Для отлова имаго короеда-типографа использовали феромонные ловушки барьерно-вороночного типа производства ФГБУ «ВНИИКР» с агрегационным веществом, которое представляет собой трехкомпонентную смесь: ипсдиенол (I), 2-метил-3-бутен-2-ол (II), цис-вербенол (III).

При постановке опытов учитывали некоторые абиотические факторы. Известно, что особенно сильное влияние на полет жуков оказывают тем-

пература и влажность окружающей среды [27]. Экспериментальную часть работ проводили в июне и июле, когда положительные значения температуры воздуха на территории Республики Карелия наиболее высокие. Погодные условия в период первого и второго экспериментов незначительно отличались. В период первого выпуска (с 11 по 14 июня) средняя дневная температура воздуха составляла 17 °С, относительная влажность воздуха — 60...70 % при южном или юго-западном ветре скоростью 2...4 м/с, переменной облачности, кратковременных и ливневых осадках. В период второго выпуска (с 22 по 28 июля) климатические условия отличались от первого повышенной средней дневной температурой окружающей среды (21 °С), пониженной относительной влажностью воздуха (55...65 %) и южным либо юго-западным слабым ветром и слабыми осадками.

Для изучения направления и дальности полета эксперимент разделили на четыре этапа (рис. 1).

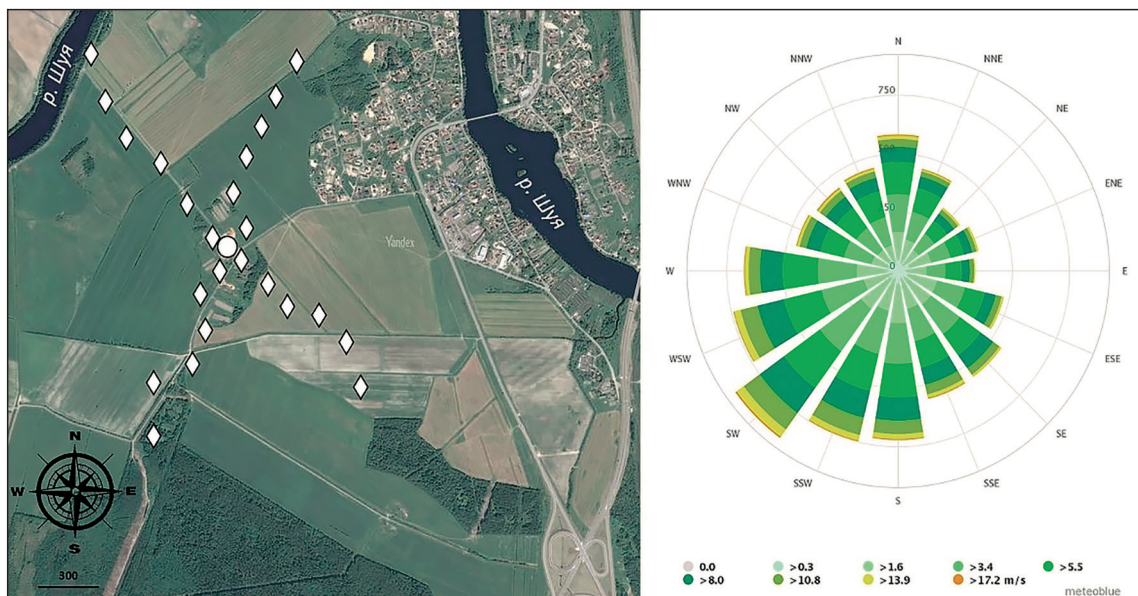


Рис. 2. Место проведения исследования (Прионежский район, Республика Карелия): *a* — схема размещения барьерно-вороночных ловушек в агроценозах: кружок — место выпуска *Ips typographus*, ромбы — размещение барьерно-вороночных ловушек («Яндекс карты» <https://yandex.ru/maps>); *б* — роза ветров в месте установленных ловушек (по данным Meteoblue) [30]

Fig. 2. Location of the study (Prionezhsky district, Republic of Karelia): *a* — diagram of the placement of barrier-funnel traps in agroecosystems circles — place of release of *Ips typographus*, diamonds — placement of barrier-funnel traps («Yandex maps» <https://yandex.ru/maps>); *b* — wind rose in the place of installed traps (according to Meteoblue data) [30]

I. Отлов жуков в естественных биоценозах.

Имаго короледа-типографа отлавливали широко применяемыми барьерно-вороночными феромонными ловушками для мониторинга ксилофагов. Такие ловушки широко применяют для мониторинга ксилофагов, отлавливая большое число жуков [1, 28, 29]. Всего отловлено 782 особи.

II. Мечение жуков люминофором. На этом этапе окрашивали имаго короледа-типографа фотолуминесцентным порошком, используя пигмент зеленого и синего цвета с длительным послесвечением — «Люминофор ЛДП». Окрашивание жуков осуществляли не менее чем за 1 ч до выпуска.

Для проверки смертности типографа от воздействия красящего пигмента отловленных жуков (100 шт.) предварительно окрасили порошком люминофором и перенесли в садки с корой ели и увлажненной фильтровальной бумагой, наблюдая за ними в течение 4 сут. при температуре 18...20 °С. Окрашивание имаго проводили в емкостях объемом 0,4 дм³, добавляя 0,5 г красящего порошка, перемешивали с помощью кисточки для глубокого проникновения мелких гранул порошка в складки между сегментами тела и под элитры.

III. Размещение ловушек для повторного отлова и выпуск окрашенных имаго. Этот этап проводили в агроценозах на площади около 20 га в 5 км от хвойного леса для снижения воздействия вываленных и усыхающих деревьев, которые привлекают ксилофагов и могут повлиять на

результат исследования. Для ограничения проникновения меченных короледа в лесные ценозы в месте исследования географическим барьером служила равнинная р. Шуя (рис. 2).

При изучении разлета короледа-типографа ловушки размещали в северо-западном, северо-восточном, юго-западном и юго-восточном направлениях по 6 шт. с интервалом 0,2 км на протяжении 1,2 км от места выпуска. Всего было установлено 24 ловушки (см. рис. 2) с учетом розы ветров, где преобладал ветер юго-западного направления [29]. Место выпуска короледа-типографа расположено на расстоянии 1,2 км от берега р. Шуя с северо-западной стороны и 1,4 км с северо-восточной. На лугах ловушки размещали на высоте 1,5...2 м от поверхности почвы на одиночных лиственных деревьях или сооружали специальные треноги.

Для успешного взлета насекомых применяли специальные возвышенности с горизонтальными и вертикальными поверхностями [24]. Для эксперимента была смонтирована трехуровневая деревянная подставка размером 20×20×15 см (рис. 3). Такая конструкция позволяет равномерно распределить жуков на поверхности и делает беспрепятственным их дальнейший взлет, что важно для оценки количества взлетевших насекомых.

IV. Отлов и подсчет меченых насекомых. Отловленных в ловушки окрашенных жуков короледа-типографа просматривали под бинокля-

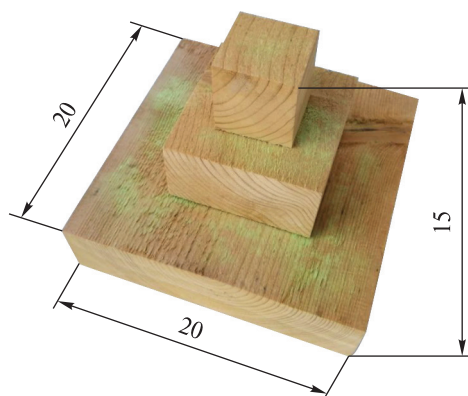


Рис. 3. Трехуровневая деревянная подставка для взлета *Ips typographus*

Fig. 3. Three-tier wooden take-off stand *Ips typographus*

Т а б л и ц а 1

Количество окрашенных и повторно отловленных в феромонные ловушки имаго *Ips typographus*

Number of *Ips typographus* adults painted and recaptured in pheromone traps

Выпуск (период)	Окрашено, шт.	Повторные отловы	
		количество, шт.	доля, %
Первый (июнь)	387	35	9
Второй (июль)	395	91	23
Всего	782	126	16

ром «Carl Zeiss Stemi 305» с УФ-свечением для корректного обнаружения на поверхности имаго следов красящего вещества люминофора. Учет материала из ловушек проводили с интервалом в 2 сут.

Результаты и обсуждение

В течение первого и второго выпусков было окрашено 782 особи короеда-типографа (табл. 1). Более 80 % жуков взлетает с трехуровневой деревянной подставки в течение 1...1,5 ч. Всего за два периода исследования повторно отловлено 126 особей, что составляет 16 % всех меченых жуков.

Исследователи Н. Мерисс, С. Поусон [24] и Дж. Хинце, Р. Джон [31] повторно отлавливали от 6 до 15 % меченых жуков. Используемый метод исследования с окрашиванием люминофором и повторным отловом позволяет установить направление и дальность разлета короеда-типографа. Следует отметить, что для анализа результатов необходимо большое количество жизнеспособных особей, и зачастую лишь немногие из них отлавливаются повторно, так как исследования с живым материалом в естественной среде не всегда являются предсказуемыми [25].

У вторично отловленных особей порошок оставался на теле жука в количестве не менее 10 %, особенно он накапливался в складках тергита брюшного отдела. В большинстве случаев порошок отсутствовал на лапках и усиках жука. Особи, отловленные в начале эксперимента, имели хорошо окрашенную порошок поверхность тела, в то время как у пойманных в конце исследования красящий пигмент просматривался только под элитрами. Интенсивность окраски зависела от дня отлова, однако красящий пигмент отчетливо выявлялся на всех повторно отловленных жуках. В лабораторных экспериментах по изучению выживаемости установлено, что лишь 8 % (8 особей из 100) были обездвижены и не подавали признаков жизни, что свидетельствует о незначительном воздействии люминофора на короеда-типографа.

В первом и втором выпусках количество отловленных жуков отличалось, что, вероятно, связано с воздействием как климатических факторов, так и возрастной структуры популяции. Климатические факторы, такие как температура и влажность окружающей среды, существенно влияют на летную активность короедов. Во втором выпуске количество повторно отловленных имаго было выше в связи с благоприятными абиотическими условиями, что способствовало интенсивному лету типографа. Многие виды короедов вынуждены начинать полет в небольшом диапазоне оптимальных температур, за его пределами не происходит успешное расселение [31]. Высокая влажность отрицательно влияет на активность *I. typographus*. Например, при повышенной относительной влажности атмосферного воздуха (71 %) численность жуков в полете в 2 раза меньше, чем при более низкой (49 %) [25].

На количество повторно отловленных особей в обоих выпусках не исключено и влияние возрастной структуры популяции. Высокая доля сбора короеда-типографа в июле для второго выпуска, возможно, связана с использованием для этого эксперимента молодых особей, которые более активны для расселения. В Карелии летный период короеда-типографа наблюдается с мая по сентябрь, жуки имеют одну генерацию с одним сестринским поколением и пиком численности в июле [1]. Для многих насекомых отмечено, что молодые особи более активны для расселения, чем родительское поколение и такое поведение способствует дифференциальному распределению и эволюционно стабильной стратегии расселения внутри популяций, что уменьшает плотность заселения деревьев и увеличивает площадь колонизации [32–34].

В вывешенных ловушках по всем исследуемым четырем направлениям было зафиксировано

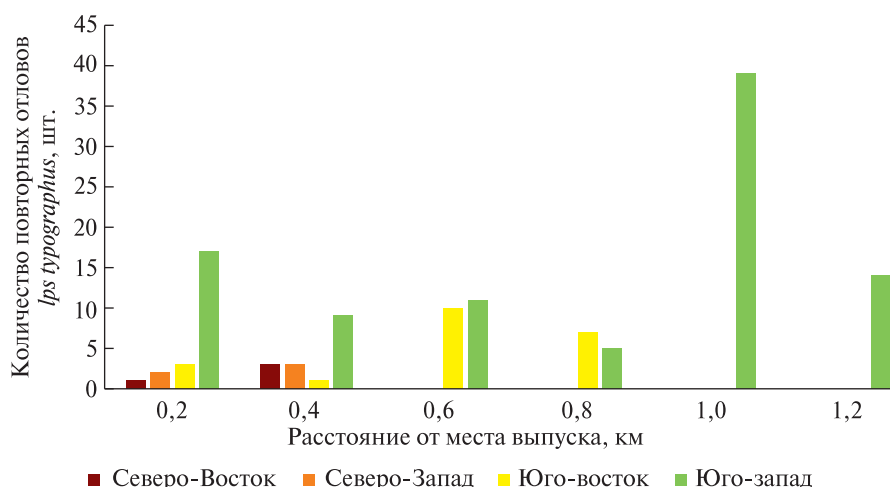


Рис. 4. Данные по повторному отлову окрашенных имаго *Ips typographus* в феромонные ловушки

Fig. 4. Data on recapture of colored adults of *Ips typographus* in pheromone traps

различное количество меченых жуков. Отмечено, что в южном направлении отловлено больше особей, чем в северном (рис. 4). В районе исследования преобладал юго-западный ветер [30], что, вероятно, способствовало распространению аттрактивного вещества и послужило фактором для полета короледа-типографа в этом направлении.

В результате исследований установили, что дальность разлета *I. typographus* в юго-западном направлении составила 1,2 км, в северо-западном — лишь несколько жуков преодолели расстояние 0,4 км (см. рис. 4). Однако не исключено, что часть особей, пойманных в ловушку, все еще могут быть способны к дальнейшему расселению. В исследованиях Н. Мерисс, С. Поусон [24] и Дж. Хинце, Р. Джон [31] отмечено, что многие короеды самостоятельно преодолевают расстояние около 1 км.

В течение эксперимента короеды-типографы зафиксированы в феромонных ловушках во всех направлениях, однако в юго-западном направлении количество отловленных особей всегда было больше, чем в остальных. Такой характер лета короедов можно объяснить преобладанием умеренного юго-западного ветра (см. рис. 2), который переносил аттрактивные вещества из ловушек этого направления к месту выпуска насекомых. Короеды, получая такой семиохимический сигнал, начинали самостоятельное движение против ветра по направлению к приманке. Например, в экспериментах С. Салом и соавторы [26] установили, что древесинник хвойный полосатый (*Trypodendron lineatum* Olivier) летит против ветра в направлении к аттрактанту.

Все полученные значения по отлову короледа-типографа имеют значимые отличия (табл. 2). Значения показателей критерия Пирсона (χ^2) и уровня значимости (p) при числе степеней свободы

Т а б л и ц а 2

Количество вторично отловленных особей *Ips typographus* в исследуемых направлениях
Number of recaptured individuals of *Ips typographus* in the studied directions

Расстояние, км	Направление разлета		Критерий Пирсона χ^2	Уровень значимости p
	северо-запад	юго-запад		
0,2	2	14	16,0	0,00148
0,4	3	9	12,0	0,05139
0,6	0	11	11,0	0,00049
0,8	0	5	5,0	0,01464
1,0	0	39	39,0	<0,05
1,2	0	14	14,0	<0,05

$df = 1$ доказывают, что в юго-западном направлении особи короледа-типографа в феромонные ловушки отлавливались чаще, чем в северо-западном.

Проведенный нами опыт показал самостоятельный лет *I. typographus* на расстояние 1,2 км. Для короедов, как и многих мелких насекомых, характерен пассивный полет, где ветер может определять направление и переносить имаго на большие расстояния. Воздействие ветра позволяет минимизировать расходование короедом энергетических затрат и способствует расселению жуков на большие расстояния [35]. Такой вариант распределения установлен для горного соснового лубоеда *Dendroctonus ponderosae*, который, как и короед-типограф, расселяется с подветренного направления [36, 37].

На полет насекомых большое влияние оказывают абиотические факторы окружающей среды, которые действуют совместно, определяя как начало, так и продолжительность лёта. Летные исследования короедов-типографов показывают,

что большое значение в их распространении имеют температура воздуха и направление ветра. Температура воздуха определяет начало и время лёта. Расселение жуков на конкретной территории зависит от установившегося температурного режима. Ветер определяет, как направление, так и расстояние полета.

Проведение исследования в условиях агроценоза позволило отловить большее количество меченых особей, поскольку количество (плотность) деревьев в древостое влияет на полет короедов. В экспериментах также установлено, что отлов различных короедов в ловушках выше в прореженных насаждениях, чем в плотных древостоях [38].

Выводы

Исследования разлета короедов на примере *I. typographus* показали возможность применения порошка люминофора в качестве красящего пигмента для маркировки имаго короеда-типографа, который в течение нескольких дней сохранялся на поверхности тела жука в складках после повторного отлова в ловушки. Количество повторно отловленных жуков *I. typographus* составило 16 % от всех меченых порошком люминофора особей. Отмечена дальность разлета короеда-типографа на расстояние 1,2 км. Разлет короеда-типографа происходил против направления преобладающего юго-западного ветра. В этом направлении на расстоянии 1 км от места выпуска зарегистрировано наибольшее число особей.

Результаты работы могут найти отражение в совершенствовании методических рекомендаций по ликвидации очагов короеда-типографа при проведении фитосанитарных мероприятий.

Список литературы

- [1] Лябзина С.Н., Чалкин А.А. Феромониторинг короеда-типографа в Карелии // Защита и карантин растений, 2023. № 6. С. 27–29.
DOI: 10.47528/1026-8634_2023_6_27
- [2] Гниненко Ю.И., Хегай И.В., Чилахсаева Е.А. Технология комплексной защиты ельников от короеда-типографа с применением энтомофагов и феромонов. Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2021. 48 с.
- [3] Stereńczak K., Mielcarek M., Kamińska A., Kraszewski B., Piasecka Z., Miścicki S., Heurich, M. Influence of selected habitat and stand factors on bark beetle *Ips typographus* (L.) outbreak in the Białowieża Forest // Forest Ecology and Management, 2020, no. 459, e117826.
- [4] Пирцхалава-Карпова Н.Р., Карпов А.А., Грищенко М.Ю. Моделирование реакции короеда на изменение климата // Биомониторинг в Арктике / под ред. Т.Ю. Сорокиной. Архангельск: Изд-во САФУ, 2020. С. 40–44.
- [5] Леонтьев А.С., Мариничева Т.В., Абрамова Н.И., Мариничев Е.А. Особенности формирования очагов короеда-типографа в северо-западных районах Нижегородской области // J. of Agriculture and Environment, 2024. № 1 (41), no. 11.
- [6] Raffa K.F., Grégoire J.C., Lindgren B.S. Natural history and ecology of bark beetles. In Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species / Edited by F.E. Vega and R.W. Hofstetter. Academic Press, Elsevier, 2015, pp. 1–40.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00001-0>
- [7] Evenden M.L., Whitehouse C.M., Sykes J. Factors influencing flight capacity of the mountain pine beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) // Environ. Entomol., 2014, no. 43(1), pp. 187–196. doi.org/10.1603/EN13244
- [8] Demidko D.A., Demidko N.N., Mikhaylov P.V., Sultson S.M. Biological strategies of invasive bark beetles and borers species // Insects, 2021, no. 12(4), p. 367.
DOI: 10.3390/insects12040367
- [9] Nemeč V., Zúmr V., Starý P. Studies on the nutritional state and the response to aggregation pheromones in the bark beetle, *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae) // J. of Applied Entomology, 1993, no. 116(1–5), pp. 358–363.
DOI:10.1111/j.1439-0418.1993.tb01208.x
- [10] Duelli P., Zahradnik P., Knizek M., Kalinova B. Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone traps // J. of Applied Entomology, 1997, no 121, pp. 297–303.
DOI: 10.1111/j.1439-0418.1997.tb01409.x
- [11] Wijerathna A., Evenden M. Effect of environmental conditions on flight capacity in Mountain Pine Beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) // J. of Insect Behavior, 2020, no. 33(5–6), pp. 201–215.
DOI: 10.1007/s10905-020-09760-y
- [12] Jactel H., Gaillard J.A preliminary study of the dispersal potential of *Ips sexdentatus* (Boern) (Col., Scolytidae) with an automatically recording flight mill // J. of Applied Entomology, 1991, no. 112, pp. 138–145.
doi.org/10.1111/j.1439-0418.1991.tb01039.x
- [13] Forsse E., Solbreck C.H. Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: Duration, timing and height of flight // Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 2009, no. 100, pp. 47–57. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1985.tb02756.x
- [14] Shegelski V.A., Evenden M.L., Sperling F.A.H. Morphological variation associated with dispersal capacity in a tree-killing bark beetle *Dendroctonus ponderosae* Hopkins // Agricultural and Forest Entomology, 2019, no. 21(1), pp. 79–87. <https://doi.org/10.1111/afe.12305>
- [15] Lindman L., Ranius T., Schroeder M. Regional climate affects habitat preferences and thermal sums required for development of the Eurasian spruce bark beetle, *Ips typographus* // Forest Ecology and Management, 2023, no. 544, p. 121216. DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121216
- [16] Linton D.A., Safranyik L., McMullen L.H., Bets R.A. Field techniques for rearing and marking mountain pine beetles for use in dispersal studies // J. of the Entomological Society of British Columbia, 1987, no. 84, pp. 53–56.
- [17] Zúmr V. Dispersal of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae) in spruce woods // J. of Applied Entomology, 1992, no. 114, pp. 348–352.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1992.tb01138.x>
- [18] Franklin A.J., Grégoire J.C. Flight behaviour of *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) in an environment without pheromones // Annals of Forest Science, 1999, no. 56, pp. 591–598. doi.org/10.1051/forest:19990706
- [19] Shegelski V.A., Campbell E.O., Thompson K.M., Whitehouse C.M., Sperling F.A. Source and spread dynamics of mountain pine beetle in central Alberta, Canada // The Canadian Entomologist, 2021, no. 153(3), pp. 314–326.
DOI: 10.4039/tce.2020.83
- [20] Falfan V., Petrovič F., Gábor M., Šagát V., Hruška M. Mountain landscape dynamics after large wind and bark

- beetle disasters and subsequent logging — Case studies from the Carpathians // *Remote Sensing*, 2021, no. 13(19), p. 3873. doi.org/10.3390/rs13193873
- [21] Srivastava V., Carroll A.L. Dynamic distribution modeling using a native invasive species, the mountain pine beetle // *Ecological Modelling*, 2023, no. 482, p. 110409. doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110409
- [22] Reid T.G., Reid M.L. Fluorescent powder marking reduces condition but not survivorship in adult mountain pine beetles // *Can. Entomol.*, 2008, no. 140(5), pp. 582–588. doi:10.4039/n08-035
- [23] Doležal P., Okrouhlík J., Davidková M. Fine fluorescent powder marking study of dispersal in the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) // *European J. of Entomology*, 2016, no. 113, pp. 1–8. DOI: 10.14411/eje.2016.00
- [24] Meurisse N., Pawson S. Quantifying dispersal of a non-aggressive saprophytic bark beetle // *PLoS one*, 2017, no. 12(4), e0174111. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174111
- [25] Franklin A.J., Grégoire J.C. Flight behaviour of *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) in an environment without pheromones // *Annals of Forest Science*, 1999, no. 56, pp. 591–598. doi.org/10.1051/forest:19990706
- [26] Salom S.M., McLean J.A. Flight behavior of scolytid beetle in response to semiochemicals at different wind speeds // *J. of Chemical Ecology*, 1991, no. 17(3), pp. 647–661.
- [27] Пирцхалава-Карпова Н.Р., Карпов А.А., Грищенко М.Ю., Козловский Е.Е. Исследование участков леса, подверженных влиянию кородеда-типографа (*Ips typographus*) в заповеднике «Курильский» (о. Кунашир) // *Лесотехнический журнал*, 2020. Т. 10. № 1 (37). С. 50–59. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.1/5
- [28] Усень В.В., Шатравко В.Г., Блинова Н.С., Помаз Г.М. Атрактивность феромонных препаратов для мониторинга численности стволовых вредителей в сосновых насаждениях Беларуси // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук*, 2023. Т. 68. № 1. С. 7–14. https://doi.org/10.29235/1029-8940-2023-68-1-7-14
- [29] Arbuzova E.N., Kulinich O.A., Chalkin A.A., Weis V., Magomedov R.K., Mordkovich Ya.B., Kozyreva N.I., Ryss A.Yu. Efficacy of ethanedinitrile fumigant application against the pinewood nematode, *bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: aphelenchidae), in pine logs // *Russian J. of Nematology*, 2020, t. 28, no. 1, pp. 71–78.
- [30] Метеоблюе. Архив погоды, роза ветра п. Шуя, Республика Карелия, Россия. URL:https://www.meteoblue.com/ru/historyclimate (дата обращения 01.11.2024).
- [31] Hinze J., John R. Effects of heat on the dispersal performance of *Ips typographus* // *J. of Applied Entomology*, 2020, no. 144, pp. 144–151. https://doi.org/10.1111/jen.12718
- [32] Исаев А.С., Пальникова Е.Н., Суховольский В.Г., Тарасова О.В. Динамика численности лесных насекомых-филлофагов: модели и прогнозы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2015. 262 с.
- [33] Takagi E. Colonization success of a tree-killing bark beetle: Geographic variation and mismatch with host preference // *Ecology and Evolution*, 2023, no. 13(7), p. e10274. DOI: 10.1002/ece3.10274
- [34] Howe M., Mason C.J., Gratton C., Keefover-Ring K., Wallin K., Yanchuk A., Zhu J., Raffa K.F. Relationships between conifer constitutive and inducible defenses against bark beetles change across levels of biological and ecological scale // *Oikos*, 2020, no. 129(7), pp. 1093–1107. DOI: 10.1111/oik.07242
- [35] Jackson P.L., Straussfogel D., Lindgren B.S., Mitchell S., Murphy B. Radar observation and aerial capture of mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae* Hopk. (Coleoptera: Scolytidae), in flight above the forest canopy // *Canadian J. of Forest Research*, 2008, no. 38(8), pp. 2313–2327. https://doi.org/10.1139/X08-066
- [36] Jaime L., Batllori E., Lloret F. Bark beetle outbreaks in coniferous forests: a review of climate change effects // *European J. of Forest Research*, 2024, no. 143, pp. 1–17. DOI: 10.1007/s10342-023-01623-3
- [37] Fettig C.J., Audley J.P., Homicz C.S., Progar R.A. Applied Chemical Ecology of the Western Pine Beetle, an Important Pest of Ponderosa Pine in Western North America // *Forests* – 2023, no. 14(4), p. 757. DOI: 10.3390/f14040757
- [38] Safranyik L., Shore T.L., Linton D.A. Measuring trap efficiency for bark beetles (Col., Scolytidae) // *J. of Applied Entomology*, 2004, no. 128(5), pp 337–341. DOI: 10.1111/j.1439-0418.2004.00851.x

Сведения об авторах

Чалкин Андрей Андреевич [✉] — науч. сотр. отдела лесного карантина, ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), chalkin10@ya.ru

Лябзина Светлана Николаевна — д-р биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»; науч. сотр. Североморского филиала ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), slyabzina@petrsu.ru

Кулинич Олег Андреевич — д-р биол. наук, гл. науч. сотр., начальник отдела лесного карантина, ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»); Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук (ИПЭЭ РАН), okulinich@mail.ru

Поступила в редакцию 18.03.2024.

Одобрено после рецензирования 15.07.2024.

Принята к публикации 22.08.2024.

RESEARCH OF *IPS TYPOGRAPHUS* (LINNAEUS, 1758) FLIGHT BEHAVIOR USING LUMINESCENT POWDER

A.A. Chalkin¹✉, S.N. Lyabzina^{2,3}, O.A. Kulinich^{1,4}

¹All-Russian Center for Plant Quarantine, 32, Pogradichnaya st., 140150, Bykovo village, Ramenskoye, Moscow reg., Russia

²Sevromorsk branch of the Federal State Budgetary Institution «All-Russian Center for Plant Quarantine», 7, Lososinskaya naberezhnaya, 185003, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

³Petrozavodsk State University, 33, Lenina av., 185910, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

⁴Center for Parasitology, Institute of Ecology and Evolution. A.N. Severtsov Russian Academy of Sciences, 33, Leninskiy av., 119071, Moscow, Russia

chalkin10@ya.ru

The study results of the range and direction of the bark beetle (*Ips typographus* L.) flight using a method of tagging and recapturing of adults in an open biocenosis in the Republic of Karelia are presented. Studies carried out in two repetitions showed that a finely dispersed powder of phosphor of bright green or blue shades with a long afterglow is suitable for mass tagging of bark beetles; its particles remain on the body of the bark beetle for several days and are clearly visible under UV light, and the tagged individuals retain their activity. It was noted that the powder is evenly dispersed over all parts of the insect body, concentrating under the wing sheath and on the setae. The data analysis shows that in the experiment 16 % (126 adults out of 782) of tagged bark beetle adults were recaptured in pheromone traps of barrier-folder type with species-specific aggregation attractant, which were placed in north-western, south-western, north-eastern and south-eastern directions from the point of bark beetle release, 6 pieces per side at an interval of 0,2 km. It was found that during recapture, the maximum number of beetles (60 %) was captured in the southwestern direction at a distance of 1 km from the release point. It was found that the dispersal of bark beetle-typograph, taking into account the wind rose, occurred against the direction of the prevailing wind carrying attractants.

Keywords: *Ips typographus*, bark beetle, pheromone traps, phosphor, marking and recapture

Suggested citation: Chalkin A.A., Lyabzina S.N., Kulinich O.A. *Izuchenie napravleniya razleta Ips typographus (Linnaeus, 1758) s pomoshch'yu lyuminestsentnogo poroshka* [Research of *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) flight behavior using luminescent powder]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 5, pp. 118–128. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-5-118-128

References

- [1] Lyabzina S.N., Chalkin A.A. *Feromonitoring koroeda-tipografa v Karelii* [Pheromonitoring of the bark beetle in Karelia]. *Zashchita i karantin rasteniy* [Plant Protection and Quarantine], 2023, no. 6, pp. 27–29. DOI: 10.47528/1026-8634_2023_6_27
- [2] Gninenko Yu.I., Khegay I.V., Chilakhsaeva E.A. *Tekhnologiya kompleksnoy zashchity el'nikov ot koroeda-tipografa s primeneniem entomofagov i feromonov* [Technology of integrated protection of spruce forests from the bark beetle using entomophages and pheromones]. Pushkino: VNIILM, 2021, 48 p.
- [3] Stereńczak K., Mielcarek M., Kamińska A., Kraszewski B., Piasecka Ż., Miścicki S., Heurich, M. Influence of selected habitat and stand factors on bark beetle *Ips typographus* (L.) outbreak in the Białowieża Forest. *Forest Ecology and Management*, 2020, no. 459, e117826.
- [4] Pirtskhalava-Karpova N.R., Karpov A.A., Grishchenko M.Yu. *Modelirovanie reaktsii koroeda na izmenenie klimata* [Modeling of the bark beetle response to climate change]. *Biomonitoring v Arktike* [Biomonitoring in the Arctic]. Ed. by T.Yu. Sorokina. Arkhangelsk: NArFU, 2020, pp. 40–44.
- [5] Leontenkov A.S., Marinicheva T.V., Abramova N.I., Marinichev E.A. *Osobennosti formirovaniya ochagov koroeda-tipografa v severo-zapadnykh rayonakh Nizhegorodskoy oblasti* [Features of the formation of bark beetle foci in the northwestern regions of the Nizhny Novgorod region]. *J. of Agriculture and Environment*, 2024, no. 1 (41), no. 11.
- [6] Raffa K.F., Grégoire J.C., Lindgren B.S. *Natural history and ecology of bark beetles*. In *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species* / Ed. F.E. Vega and R.W. Hofstetter. Academic Press, Elsevier, 2015, pp. 1–40. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00001-0>
- [7] Evenden M.L., Whitehouse C.M., Sykes J. Factors influencing flight capacity of the mountain pine beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Environ. Entomol.*, 2014, no. 43(1), pp. 187–196. doi.org/10.1603/EN13244
- [8] Demidko D.A., Demidko N.N., Mikhaylov P.V., Sultson S.M. Biological strategies of invasive bark beetles and borers species. *Insects*, 2021, no. 12(4), p. 367. DOI: 10.3390/insects12040367
- [9] Nemeč V., Zumr V., Starý P. Studies on the nutritional state and the response to aggregation pheromones in the bark beetle, *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *J. of Applied Entomology*, 1993, no. 116(1–5), pp. 358–363. DOI:10.1111/j.1439-0418.1993.tb01208.x
- [10] Duelli P., Zahradnik P., Knizek M., Kalinova B. Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone traps. *J. of Applied Entomology*, 1997, no 121, pp. 297–303. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1997.tb01409.x
- [11] Wijerathna A., Evenden M. Effect of environmental conditions on flight capacity in Mountain Pine Beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *J. of Insect Behavior*, 2020, no. 33(5–6), pp. 201–215. DOI: 10.1007/s10905-020-09760-y
- [12] Jactel H., Gaillard J.A. preliminary study of the dispersal potential of *Ips sexdentatus* (Boern) (Col., Scolytidae) with an automatically recording flight mill. *J. of Applied Entomology*, 1991, no. 112, pp. 138–145. doi.org/10.1111/j.1439-0418.1991.tb01039.x

- [13] Forsse E., Solbreck C.H. Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: Duration, timing and height of flight. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 2009, no. 100, pp. 47–57. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1985.tb02756.x
- [14] Shegelski V.A., Evenden M.L., Sperling F.A.H. Morphological variation associated with dispersal capacity in a tree-killing bark beetle *Dendroctonus ponderosae* Hopkins. *Agricultural and Forest Entomology*, 2019, no. 21(1), pp. 79–87. <https://doi.org/10.1111/afe.12305>
- [15] Lindman L., Ranius T., Schroeder M. Regional climate affects habitat preferences and thermal sums required for development of the Eurasian spruce bark beetle, *Ips typographus*. *Forest Ecology and Management*, 2023. no. 544, p. 121216. DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121216
- [16] Linton D.A., Safranyik L., McMullen L.H., Bets R.A. Field techniques for rearing and marking mountain pine beetles for use in dispersal studies. *J. of the Entomological Society of British Columbia*, 1987, no. 84, pp. 53–56.
- [17] Zumr V. Dispersal of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae) in spruce woods. *J. of Applied Entomology*, 1992, no. 114, pp. 348–352. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1992.tb01138.x>
- [18] Franklin A.J., Grégoire J.C. Flight behaviour of *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) in an environment without pheromones. *Annals of Forest Science*, 1999, no. 56, pp. 591–598. doi.org/10.1051/forest:19990706
- [19] Shegelski V.A., Campbell E.O., Thompson K.M., Whitehouse C.M., Sperling F.A. Source and spread dynamics of mountain pine beetle in central Alberta, Canada. *The Canadian Entomologist*, 2021, no. 153(3), pp. 314–326. DOI: 10.4039/tce.2020.83
- [20] Falťan V., Petrovič F., Gábor M., Šagát V., Hruška M. Mountain landscape dynamics after large wind and bark beetle disasters and subsequent logging — Case studies from the Carpathians. *Remote Sensing*, 2021, no. 13(19), p. 3873. doi.org/10.3390/rs13193873
- [21] Srivastava V., Carroll A.L. Dynamic distribution modelling using a native invasive species, the mountain pine beetle. *Ecological Modelling*, 2023, no. 482, p. 110409. doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110409
- [22] Reid T.G., Reid M.L. Fluorescent powder marking reduces condition but not survivorship in adult mountain pine beetles. *Can. Entomol.*, 2008, no. 140(5), pp. 582–588. [doi:10.4039/n08-035](https://doi.org/10.4039/n08-035)
- [23] Doležal P., Okrouhlik J., Davidková M. Fine fluorescent powder marking study of dispersal in the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae). *European J. of Entomology*, 2016, no. 113, pp. 1–8. DOI: 10.14411/eje.2016.00
- [24] Meurisse N., Pawson S. Quantifying dispersal of a non-aggressive saprophytic bark beetle. *PloS one*, 2017, no. 12(4), e0174111 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174111>
- [25] Franklin A.J., Grégoire J.C. Flight behaviour of *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) in an environment without pheromones. *Annals of Forest Science*, 1999, no. 56, pp. 591–598. doi.org/10.1051/forest:19990706
- [26] Salom S.M., McLean J.A. Flight behavior of scolytid beetle in response to semiochemicals at different wind speeds. *J. of Chemical Ecology*, 1991, no. 17(3), pp. 647–661.
- [27] Pirtskhalava-Karpova N.R., Karpov A.A., Grishchenko M.Yu., Kozlovskiy E.E. *Issledovanie uchastkov lesa, podverzhennykh vliyaniyu koroeda-tipografa (Ips typographus) v zapovednike «Kuril'skiy» (o. Kunashir)* [Study of forest areas affected by the bark beetle (*Ips typographus*) in the Kurilsky Nature Reserve (Kunashir Island)]. *Lesotekhnicheskij zhurnal [Forest Engineering Journal]*, 2020, v. 10, no. 1 (37), pp. 50–59. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.1/5
- [28] Usenya V.V., Shatravko V.G., Blinova N.S., Pomaz G.M. *Attraktivnost' feromonnykh preparatov dlya monitoringa chislennosti stvolovyykh vrediteley v sosnovykh nasazhdeniyakh Belarusi* [Attractiveness of pheromone preparations for monitoring the number of stem pests in pine plantations of Belarus]. *Izvestiya Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya biologicheskikh nauk [Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Biological Sciences]*, 2023, v. 68, no. 1, pp. 7–14. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2023-68-1-7-14>
- [29] Arbuzova E.N., Kulinich O.A., Chalkin A.A., Weis V., Magomedov R.K., Mordkovich Ya.B., Kozyreva N.I., Ryss A.Yu. Efficacy of ethanedinitrile fumigant application against the pinewood nematode, *bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: aphelenchidae), in pine logs. *Russian J. of Nematology*, 2020, t. 28, no. 1, pp. 71–78.
- [30] *Meteoblue. Arhiv pogody, roza vetra p. Shuya, Respublika Kareliya, Rossiya* [Meteoblue. Weather archive, wind rose p. Shuya, Republic of Karelia, Russia]. Available at: <https://www.meteoblue.com/ru/historyclimate> (accessed 01.11.2024).
- [31] Hinze J., John R. Effects of heat on the dispersal performance of *Ips typographus*. *J. of Applied Entomology*, 2020, no. 144, pp. 144–151. <https://doi.org/10.1111/jen.12718>
- [32] Isaev A.S., Pal'nikova E.N., Sukhovol'skiy V.G., Tarasova O.V. *Dinamika chislennosti lesnykh nasekomykh-fillofagov: modeli i prognozy* [Dynamics of the number of forest phyllophagous insects: models and forecasts]. Moscow: Partnership of scientific publications KMK, 2015, 262 p.
- [33] Takagi E. Colonization success of a tree-killing bark beetle: Geographic variation and mismatch with host preference. *Ecology and Evolution*, 2023, no. 13(7), p. e10274. DOI: 10.1002/ece3.10274
- [34] Howe M., Mason C.J., Gratton C., Keefover-Ring K., Wallin K., Yanchuk A., Zhu J., Raffa K.F. Relationships between conifer constitutive and inducible defenses against bark beetles change across levels of biological and ecological scale. *Oikos*, 2020, no. 129(7), pp. 1093–1107. DOI: 10.1111/oik.07242
- [35] Jackson P.L., Straussfogel D., Lindgren B.S., Mitchell S., Murphy B. Radar observation and aerial capture of mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae* Hopk. (Coleoptera: Scolytidae), in flight above the forest canopy. *Canadian J. of Forest Research*, 2008, no. 38(8), pp. 2313–2327. <https://doi.org/10.1139/X08-066>
- [36] Jaime L., Batllori E., Lloret F. Bark beetle outbreaks in coniferous forests: a review of climate change effects. *European J. of Forest Research*, 2024, no. 143, pp. 1–17. DOI: 10.1007/s10342-023-01623-3
- [37] Fettig C.J., Audley J.P., Homicz C.S., Progar R.A. Applied Chemical Ecology of the Western Pine Beetle, an Important Pest of Ponderosa Pine in Western North America. *Forests* – 2023, no. 14(4), p. 757. DOI: 10.3390/f14040757
- [38] Safranyik L., Shore T.L., Linton D.A. Measuring trap efficiency for bark beetles (Col., Scolytidae). *J. of Applied Entomology*, 2004, no. 128(5), pp 337–341. DOI: 10.1111/j.1439-0418.2004.00851.x

Authors' information

Chalkin Andrei Andreevich✉ — Researcher of the Forest Quarantine Department of All-Russian Center for Plant Quarantine, chalkin10@ya.ru

Lyabzina Svetlana Nikolaevna — Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Petrozavodsk State University; Researcher, Sevromorsk Branch of the Federal State Budgetary Institution «All-Russian Center for Plant Quarantine», slyabzina@petsu.ru

Kulinich Oleg Andreevich — Dr. Sci. (Biology), Chief Scientific Associate, Head of Forest Quarantine Department, All-Russian Center for Plant Quarantine; Center for Parasitology, Institute of Ecology and Evolution. A.N. Severtsov Russian Academy of Sciences, okulinich@mail.ru

Received 18.03.2024.

Approved after review 15.07.2024.

Accepted for publication 22.08.2024.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest