

УДК 632.76:574.34:595.768.1

НОВАЯ ВСПЫШКА МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ КОРОЕДА-ТИПОГРАФА *IPS TYPOGRAPHUS* (L.) (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2022 г. **А. В. Селиховкин,^{1*} Н. А. Мамаев,^{1**} М. Б. Мартирова,^{1***} С. А. Меркурьев,^{2,3****} Б. Г. Поповичев^{1*****}**

¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова
Институтский пер., 5, С.-Петербург, 194021 Россия

*e-mail: a.selikhovkin@mail.ru (автор, ответственный за переписку), **e-mail: mamaevld@bk.ru,
e-mail: masha2340350@yandex.ru, *e-mail: b.g.popovichev@yandex.ru

² Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн

Университетская наб., 5, С.-Петербург, 199034 Россия

³ Санкт-Петербургский государственный университет
Университетская наб., 7/9, С.-Петербург, 199034 Россия
****e-mail: sam_hg@hotmail.com

Поступила в редакцию 01.02.2022 г.

После доработки 4.03.2022 г.

Принята к публикации 4.03.2022 г.

В Ленинградской обл. в 2021 г. началась новая и потенциально сильная вспышка массового размножения короеда-типографа *Ips typographus*. Перманентное присутствие значительного количества короеда-типографа в ельниках этого региона создало предпосылки для быстрого увеличения численности этого вида. Спровоцировало развитие вспышки размножения резкое повышение температуры в июне–июле 2021 г., благодаря которому успешно развились два сестринских и два основных поколения. Массовое размножение двух генераций короеда-типографа в ельниках Карельского перешейка отмечено впервые. По бивольтинному типу развивалась часть популяции: примерно 56 % особей дали второе поколение, успешно завершившее развитие, остальная часть молодых жуков ушла в диапаузу. Эта особенность развития обеспечивает устойчивость популяций короеда-типографа к неблагоприятным погодным условиям. Часть второго поколения, начавшая развиваться раньше, имела высокую энергию размножения (отношение числа особей молодого поколения к числу особей родительского поколения) (4.7), близкую к энергии размножения первого поколения (6.0). Следующую группу второго поколения, по-видимому, в основном представляло потомство сестринского поколения. Показатели развития в этой группе были существенно ниже (энергия размножения – 1.3) из-за того, что значительная часть особей этого поколения не успела завершить развитие до начала осенних холодов и подготовиться к диапаузе.

Короедный запас (число особей на гектар), обеспечивающий быстрое нарастание численности короеда-типографа, в условиях Карельского перешейка можно оценить в 140–150 тыс. особей/га, или 10–12 заселенных типографом елей на гектар. В рассматриваемом случае короедный запас был выше – 187 тыс. особей/га, что обеспечило появление очень большого потомства (около 3 млн особей/га), способного обеспечить стремительное нарастание вспышки.

Быстрый и устойчивый тренд роста температуры, наличие большого объема кормовой базы для короеда-типографа в Ленинградской обл. и в юго-западной части Карелии и сохранение короедного запаса позволяют предположить, что эта вспышка массового размножения будет стремительно развиваться, а в ближайшем будущем можно ожидать ее повторения.

Ключевые слова: короед-типограф, *Ips typographus*, вспышка массового размножения, численность, генерация.

DOI: 10.31857/S0367144522020034, **EDN:** HJTBWL

Вспышки массового размножения короеда-типографа *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) на территории Ленинградской обл. и в окрестностях С.-Петербурга отмечались начиная с XIX в. (Семашко, 1864; Шевырёв, 1895), а затем многократно в XX и XXI вв. (Катаев, 1948, 1952, 1956, 1983; Катаев и др., 1984; Осетров, Селиховкин, 1998; Селиховкин и др., 2016, 2017, 2018). В текущем столетии антропогенные факторы в сочетании с климатическими изменениями привели к резкому обострению ситуации. Различные виды рубок, в особенности санитарные рубки, строительство скоростных магистралей, понижение уровня грунтовых вод, повышение средней температуры воздуха и другие факторы создали благоприятные условия для размножения стволовых вредителей хвойных, в особенности короеда-типографа (Селиховкин, 2017; Селиховкин и др., 2017; Selikhovkin et al., 2021). Последняя вспышка массового размножения этого вредителя завершилась в 2016–2017 гг. (Селиховкин, 2017; Селиховкин и др., 2017, 2018). При исследованиях видового состава вредителей и патогенов и их роли в изменении состояния хвойных древостоев Ленинградской обл., проводившихся нами в 2021 г., были обнаружены масштабные очаги короеда-типографа в Ленинградской обл. на Карельском перешейке и в Гатчинском лесничестве, а также в Республике Карелия в Сортавальском лесничестве. При этом короед-типограф дал два поколения, что совершенно не характерно для его популяций в Ленинградской обл. и в особенности на Карельском перешейке (Селиховкин и др., 2017, 2018). В связи с этим была поставлена задача изучения особенностей размножения короеда-типографа в обнаруженных очагах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основные исследования проводились в Ленинградской обл., в Рошинском и Северо-западном лесничествах (Карельский перешеек) и в Учебно-опытном лесничестве Тосненского р-на (Лисинский лесхоз СПбГЛТУ), расположенном в 50 км к югу от С.-Петербурга.

По программе исследований в рамках проекта Российского научного фонда № 21-16-00065 проводились маршрутные обследования, целью которых был подбор насаждений для закладки пробных площадей по методике ICP Forests (Методика, 1995; Alekseev et al., 2018) и оценки состояния окружающих древостоев.

В ходе маршрутных обследований на Карельском перешейке было выявлено несколько очагов размножения короеда-типографа, шесть из которых занимали значительную площадь (табл. 1). Предварительное обследование очагов было проведено в период с 16 по 25 августа 2021 г. В процессе детального обследования очагов с 20 по 26 ноября 2021 г. были определены границы очагов и выполнена их координатная привязка, установлена доля деревьев, заселенных короедами первого и второго поколений. Деревья, заселенные вторым поколением короедов, имели зеленую или бледно-зеленую крону и мало отличались от незаселенных деревьев в августе (рис. 1). В ноябре хвоя приобрела желтую окраску, и эти отличия были хорошо видны. На деревьях, обработанных первым поколением, к этому времени хвои почти не осталось.

Таблица 1. Расположение и площадь очагов размножения короеда-типографа в Рошинском лесничестве Ленинградской обл., сформировавшихся в 2021 г.

№	Координаты центра очага		Площадь, га
	Широта, N	Долгота, E	
1	60°17'1.36"	29°56'22.8"	9.5
2	60°17'47.6"	29°54'15.1"	1.7
3	60°17'44.1"	29°53'45.4"	0.5
4	60°26'1.64"	28°53'34.4"	2.3
5	60°26'55.3"	28°52'32.7"	1.0
6	60°20'29.6"	29°56'33.7"	2.0
Всего	–	–	17.0

Анализ популяционных характеристик проводился на основе классической методики учета стволовых вредителей (Мозолевская и др., 1984). На каждом модельном дереве анализировалась только одна палетка на высоте груди (1.3 м), так как валка деревьев не представлялась возможной из-за сложностей оформления разрешений на нее. Протяженность палетки составляла 50 см по всей окружности ствола. На палетке подсчитывалось количество лётных отверстий, маточных ходов, брачных камер, живых жуков, куколок и личинок короеда-типографа. Кроме того, фиксировались ходы и личинки других видов стволовых вредителей, а также места ухода в древесину личинок жуков-усачей. Деревья отбирались случайным образом с исключением тех, у которых нижняя часть ствола была затенена подростом. В общей сложности было проанализировано 21 дерево.

Рассчитывались следующие популяционные характеристики: плотность поселения (ПП) – число жуков родительского поколения, приходящееся на единицу площади палетки (1 дм²); продукция – число жуков молодого поколения, приходящееся на единицу площади палетки; энергия размножения (ЭР) – отношение числа особей молодого поколения к числу особей родительского поколения; короедный запас (КЗ) – число жуков родительского поколения на 1 гектар; короедный прирост (КП) – число жуков молодого поколения на 1 гектар.

При анализе полученных данных по популяционным характеристикам использовалась проверка гипотезы о принадлежности выборок к одной генеральной совокупности, проведенная по t-критерию Стьюдента для малых выборок.

Для выяснения характера изменения температуры в С.-Петербурге за последние 40 лет (1980–2021 гг.) был применен регрессионный анализ средних температур. Отдельно исследовались среднегодовая и средняя температуры за вегетационный сезон (май–сентябрь), а также сумма эффективных температур (СЭТ) выше 10 °С на территории С.-Петербурга. Принята простая детерминированная линейная модель динамики температуры. При анализе изменения температуры методом наименьших квадратов были рассчитаны параметры уравнения регрессии, а также коэффициенты корреляции и доверительные интервалы. Использовались сведения Мирового центра данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (<http://aisori-m.meteo.ru/waisori/>), где содержатся непрерывные (суточные), длительные, выверенные и корректные ряды значений метеорологических показателей. Эти данные были дополнены данными из архива погоды С.-Петербурга за 2021 г. с сайта <http://pogoda-service.ru>, поскольку база Мирового центра данных заканчивается 2020 годом.

Средние температуры воздуха за месяц или вегетационный сезон вычислялись из среднесуточной температуры путем осреднения дневных данных. После этого для исследуемого временного интервала строились графики их многолетней динамики и рассчитывались коэффициенты



Рис. 1. Ели, заселенные первым, сестринским и вторым поколениями короэда-типографа, Рошинское лесничество, август 2021 г. (фото А. В. Селиховкина, 2017 г.)

уравнений линейной регрессионной модели, а также ее статистические параметры, включая коэффициенты корреляции между фактическими данными и их линейными трендами, коэффициент детерминации и среднее квадратическое отклонение (табл. 4). При расчете суммы эффективных температур величина порога принималась равной 10 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обследования, проведенные в Учебно-опытном лесничестве (Лисинский учебно-опытный лесхоз), не выявили очагов или куртин елей, заселенных в 2021 г. короэдом-

типографом. Встречались только группы не более чем из трех деревьев или отдельные ели, заселенные короедом-типографом. Следует отметить, что на территории лесничества более 20 лет практически не проводились никакие лесохозяйственные и, в том числе, санитарно-защитные мероприятия в силу ряда нормативно-правовых обстоятельств. Однако в Гатчинском лесничестве, к которому с востока примыкает Учебно-опытное лесничество, нами были обнаружены 3 очага короёда-типографа площадью от 150 до 300 га. Эти очаги сформировались в 2021 г., располагались в непосредственной близости от шоссеиных дорог и имели следующие координаты:

1-й – 59°27'12.7" с. ш., 030°06'48.1" в. д.; 2-й – 59°20'15.3" с. ш., 030°07'35.3" в. д.; 3-й – 59°19'36.6" с. ш., 030°07'31.5" в. д.

В Рощинском лесничестве были обнаружены 6 крупных очагов, сформировавшихся в 2021 г., которые послужили основными объектами исследований (см. табл. 1). Все очаги находились в спелых и перестойных ельниках, чистых или с небольшой примесью сосны и относительно недалеко друг от друга. Преобладающий тип леса – ельник-черничник. Насаждения имели нормальную полноту, только в одном очаге (№ 6) в 2020 г. была проведена добровольно-выборочная рубка, в результате которой полнота насаждения снизилась до 0.5.

В ходе обследования, проведенного в августе, было установлено, что первое поколение короёда-типографа полностью завершило развитие, а второе заселило значительную часть деревьев. Деревья, заселенные вторым поколением короёдов, имели зеленую или бледно-зеленую крону и мало отличались от незаселенных деревьев (см. рис. 1). Часть первого поколения закончила развитие быстро, в конце июня, и уже в августе на этих деревьях отмечались участки с облетевшей корой. Личинки усачей первого и второго возрастов на этих деревьях встречались, однако места ухода усачей в древесину, как и на всех других деревьях, заселенных в 2021 г., отсутствовали, т. е. деревья были заселены усачами в 2021 г. Позднее, при обследовании в ноябре, отмечались места ухода усачей *Monochamus* spp. и *Tetropium* spp. в древесину и куколочные колыбельки *Rhagium* spp. под корой.

В августе на некоторых деревьях активно развивались одновременно сестринское поколение и второе поколение короёда-типографа. Заселившиеся жуки хорошо различались: особи, откладывавшие яйца повторно, были темноокрашенными, почти черными, а заселившиеся жуки молодого поколения – светло-коричневыми. Заселение деревьев шло тремя волнами.

1. Первое (основное) родительское поколение (РП1) заселяло деревья в начале мая.
2. Повторно первое родительское поколение (РП1с) заселяло деревья в конце июня (его потомство составит сестринское поколение), и одновременно заселялись жуки нового поколения (РП2) – потомства РП1. РП2, по-видимому, было сформировано жуками основного родительского поколения и уже почти полностью закончило развитие во второй половине августа. Большинство отродившихся жуков вылетело.
3. В июле и позднее заселялись только жуки нового поколения (РП2), которое было представлено потомками преимущественно первого сестринского поколения. Значительная часть особей этого поколения не успела завершить развитие, и в ноябре под корой встречались и жуки, и куколки, и личинки.

Соответственно, были выделены три группы заселенных деревьев в зависимости от того, жуки какой генерации заселяли их.

1. Деревья, на которых развивалось первое поколение, т. е. заселенные родительским поколением РП1 (уже в начале августа на этих деревьях отмечались участки с облетевшей корой в местах развития и пожелтевшая хвоя).

2. Деревья, на которых развивались первое и второе сестринские поколения, а также второе поколение – потомки основного родительского поколения, т. е. деревья, заселенные РП1с и РП2.

3. Деревья, на которых развивалось второе поколение – потомство сестринского поколения.

Во второй группе, по-видимому, были жуки, откладывающие яйца как во второй, так и в третий раз и, соответственно, формирующие первое и второе сестринские поколения. Долю особей, приступающих к повторной откладке (первое сестринское поколение), нам не удалось установить. К откладке яиц второго сестринского поколения приступало 12 % самок. В литературе приводятся весьма разные данные о соотношении жуков, формирующих первое и второе сестринское поколения, но в целом оно составляет примерно 1 : 3 (Маслов, 2010). Из этого соотношения мы исходили в дальнейших расчетах.

При проведении повторного обследования в ноябре деревья, погибшие в результате развития первого поколения, хорошо отличались: имели желтую, сильно изреженную хвою, а на многих кора частично отвалилась. Деревья, на которых развивалось второе поколение, имели довольно интенсивное охвоение, хвоя была желто- или бледно-зеленой. На всех деревьях, заселенных в 2021 г. короедом-типографом, отсутствовали летные отверстия усачей. Нередко отмечались места ухода на зимовку в древесину личинок усачей *Monochamus* spp. и *Tetropium* spp., а также личинки усачей рода *Rhagium* F. в кукольных колыбельках под корой. Паразитοиды и хищники отмечались единично, в среднем менее одного случая на палетку.

Средний диаметр стволов заселенных деревьев и плотность поселений первого и второго поколений существенно не различались (табл. 2). Нет значимых различий между характеристиками развития короедов 1-й и 2-й групп, развивающихся соответ-

Таблица 2. Характеристики развития короеда-типографа в очагах размножения в Рошинском лесничестве в 2021 г.

Заселяющееся поколение	Диаметр ствола дерева на высоте груди, см	Плотность поселения, особей/дм ²	Продукция, особей/дм ²	Энергия размножения
РП1 – первое	36.32 ± 7.95	1.67 ± 0.92	6.63 ± 3.40	6.04 ± 2.70
РП1с + РП2 – первое, откладывающее яйца повторно, и второе	31.00 ± 5.34	1.73 ± 0.25	8.15 ± 1.60	4.73 ± 0.90
РП2 – только второе	30.60 ± 8.8	2.03 ± 1.00	*2.57 ± 1.29	*1.31 ± 0.35

Примечание: * – различия с остальными значениями в данной колонке значимы при $p < 0.05$.

ственно весной и в первой половине лета; весьма высока энергия размножения, обеспечивающая многочисленность молодого поколения, и благодаря этому очень велика продукция. Однако второе поколение, начавшее заселять деревья позже (группа 3), размножается гораздо хуже: энергия размножения снижается примерно в 4 раза при некотором увеличении плотности поселения и закономерно низкой продукции.

Для расчета числа особей родительского поколения и молодого поколения жуков на 1 га (короедный запас и короедный прирост соответственно) было принято, что средняя протяженность района поселения составляет 20 м, число деревьев основной породы (ель) – 600 на гектар. Доля заселенных деревьев составила 80 %. Распределение деревьев по группам заселения в зависимости от генерации было довольно равномерным: 1-я группа (РП1) – 23.1; 2-я группа (РП1с + РП2) – 25.7; 3 группа (РП2) – 51.2 %. На основании размера доли жуков, формирующих сестринское поколение (РП1с), которая составляет 12 %, и показателей развития в разных группах заселения (см. табл. 2) были рассчитаны короедный запас и короедный прирост для первого родительского поколения РП1 и РП1с и второго родительского поколения (РП2) (табл. 3).

Из 1711 тыс. жуков первого и сестринского поколений (РП1 + РПс) больше половины (949 тыс.) продолжили развитие и сформировали многочисленное второе поколение. Остальные 762 тыс. особей и молодые жуки второго поколения (2131 тыс.) ушли на зимовку. Таким образом, сформирован огромный короедный запас 2022 г., который с учетом возможной гибели жуков во время подготовки к диапаузе составит примерно 2.5 млн особей.

ОБСУЖДЕНИЕ

Ухудшение состояние ельников Карельского перешейка в последние три десятилетия обеспечило наличие доступной кормовой базы для стволовых вредителей, в особенности для короеда-типографа. После окончания вспышки размножения *I. typographus* в 2010–2015 гг. небольшие группы или куртины заселенных им елей (см. рис. 2) можно было легко обнаружить на Карельском перешейке в Рошинском, Северо-западном и Приозерском лесничествах (Селиховкин и др., 1917, 1918; Селиховкин, 2022). По утверждению А. Д. Маслова (2010), критическая численность короеда-типографа составляет 90–110 тыс. особей на гектар, т. е. семи или восьми крупных елей, которые заселил короедом-типограф и дал потомство, может оказаться вполне достаточно для достижения численности, способной перерасти во вспышку массового размножения. Вероятно, именно за счет таких небольших куртин и возникли очаги

Таблица 3. Плотность популяции короеда-типографа в очагах размножения в Рошинском лесничестве в 2021 г., тыс. особей/га

	Средний диаметр ствола дерева на высоте груди, см	Короедный запас	Короедный прирост	Ушло на зимовку
Первое поколение (РП1 + РПс)	36.30	315	1711	762
Второе поколение (РП2)	30.60	949	2131	2131
Итого	–	–	3842	2893

размножения 2021 г. Если из короедного запаса РП1 (см. табл. 3) исключить жуков сестринского поколения, то число особей, заселивших деревья весной 2021 г., составит 187 тыс./га, т. е. будет выше критического значения, достаточного для возникновения вспышки массового размножения вредителей при благоприятных условиях (Маслов, 2010). Данные А. Д. Маслова получены в Центральной России, где для типографа характерно бивольтинное развитие. В нашем случае также наблюдалось массовое развитие второго поколения, не характерное для севера Ленинградской обл., однако около половины родительского поколения развивалась только в одном поколении. Соответственно, критическое значение численности типографа для севера Ленинградской обл. и южной Карелии должно быть несколько выше, чем по оценке А. Д. Маслова, предположительно 140–150 тыс. особей или 10–12 заселенных типографом елей на гектар.

Следует отметить, что часть не вылетевших жуков второго поколения, не завершивших развитие и оставшихся под корой на зиму, может выжить, дополнив короедный запас следующего года (Štefková et al., 2017). В итоге на зимовку ушло более 2.5 млн жуков на один гектар, т. е. очень большое количество, которое с высокой вероятностью приведет к гибели ельников на площади, примерно в 5–7 раз превышающей площадь очагов 2021 г.

Хорошо известно, что каждое основное поколение короеда-типографа может давать развитие двум сестринским поколениям (Jurc et al., 2006; Маслов, 2010; Öhrn, 2012). В северотаежных лесах, в том числе в Норвегии, как правило, отмечаются одно основное поколение типографа и одно или два сестринских (Маслов, 2010; Öhrn, 2012; Schebeck et al., 2021). Однако исследования фенотипов популяции короеда-типографа в Норвегии показали, что для нее характерно наличие как факультативной, так и облигатной диапаузы. Это позволяет части популяции при благоприятных условиях в июне–августе продолжить развитие, а второй части, имеющей облигатную диапаузу, избежать рисков при резком ухудшении погодных условий и сохранить часть особей (Schebeck et al., 2021). В нашем случае часть популяции (44 %) развивалась в одном поколении, и весьма вероятно, что она, так же как и норвежская популяция, могла иметь облигатную диапаузу. Эта особенность развития обеспечивает устойчивость популяций короеда-типографа к неблагоприятным погодным условиям. Важно отметить, что часть второго поколения, начавшая развиваться раньше, имела высокую энергию размножения, близкую к энергии размножения первого поколения. Следующую группу второго поколения, по-видимому, в основном представляло потомство сестринского поколения. Показатели развития в этой группе были существенно хуже, и значительная часть особей не успела завершить развитие.

По мере потепления климата бивольтинная часть популяции начинает преобладать. В Швеции по мере повышения эффективной температуры в последние 80 лет происходит отчетливо выраженный переход к бивольтинному развитию короеда-типографа, начиная с южной части страны (Jönsson et al., 2007, 2009). В Норвегии с потеплением климата частота бивольтинных моделей развития увеличивается медленнее, также начиная с ельников, расположенных в южной части страны и прилегающих к морским побережьям. Переход к выраженной бивольтинности резко увеличивает возможный ущерб от вспышек массового размножения *I. typographus* (Lange et al., 2009). Появление двух генераций у короеда-типографа в Ленинградской обл., даже частичное, позволило быстро реализовать накопленный потенциал как вспышку массового размножения и привести к гибели жизнеспособных ельников на больших площадях.

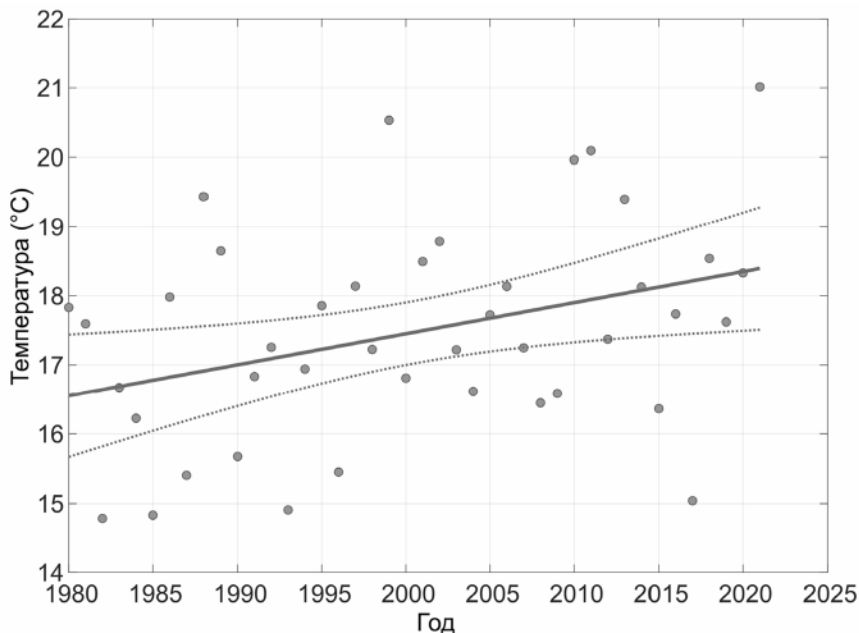


Рис. 3. Динамика средних температур за июнь–июль в С.-Петербурге с 1980 по 2021 г.

Точками обозначены расчетные значения; жирная линия – линия регрессии, полученная на основе регрессионной модели (см. табл. 4); пунктирные линии – доверительный интервал при $P \leq 0.05$.

Развитие короеда-типографа успешно протекает при температуре около $10\text{ }^{\circ}\text{C}$; оно не останавливается и при более низких температурах (Wermelinger, 2004; Маслов, 2010; Štefková et al., 2017), однако откладка яиц происходит при среднесуточной температуре немного выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Wermelinger, 2004; Маслов, 2010).

При анализе изменения средней температуры воздуха – среднегодовой, средней за вегетационный период и суммы эффективных температур (рис. 3–5, табл. 4) – установлены положительные достоверные линейные тренды изменения всех исследуемых температур, при этом коэффициенты корреляции лежат в диапазоне 0.36–0.56. В июне–июле 2021 г. в Ленинградской обл. произошел резкий скачок температуры (рис. 3). Лето 2021 г. было весьма жарким – при летней норме $18.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ средняя температура за июнь–июль была $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, что превышает предыдущие максимумы температур, наблюдавшиеся в 1999, 2010 и 2011 гг. (20.5 , 19.9 и $20.1\text{ }^{\circ}\text{C}$), и составляет абсолютный максимум с 1980 г.

Резкое увеличение температуры обеспечило возможность быстрого развития первой генерации, сестринского поколения и появления второго поколения, которое успешно закончило развитие уже в августе. Потомство жуков, приступивших к откладке яиц позднее (преимущественно сестринские поколения), развивалось не так успешно. Температура в августе и сентябре была относительно низкой; многие особи к началу холодов остались под корой на стадии куколки или имаго. Однако решающее значение, по-видимому, имела высокая температура в первой половине лета. Именно этот жаркий период обеспечил стремительное нарастание численности. Интересно отме-

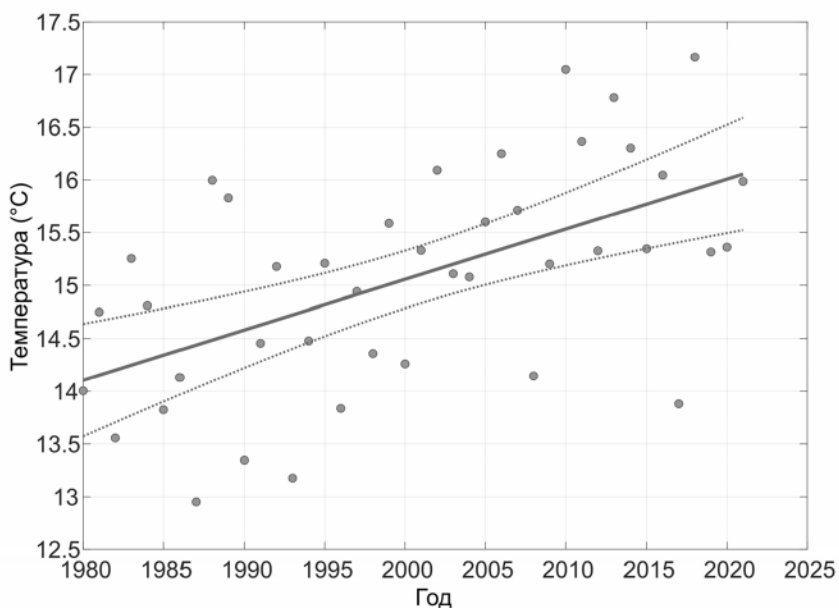


Рис. 4. Динамика средних температур за вегетационный сезон (май–сентябрь) 2021 г.; Ленинградская обл. Обозначения как на рис. 3.

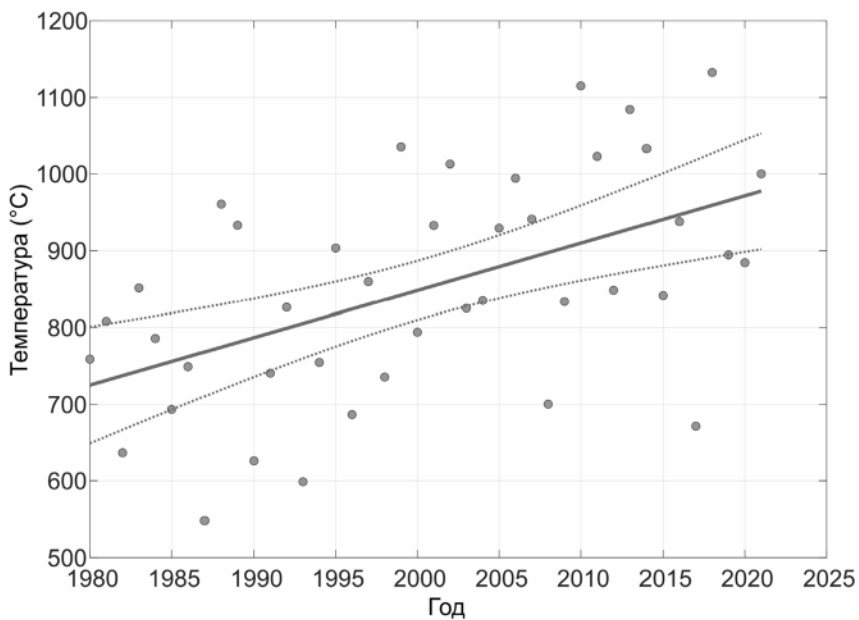


Рис. 5. Динамика эффективных температур за вегетационный период (май–сентябрь) 2021 г.; Ленинградская обл. Сумма эффективных температур рассчитывалась от порога 10 °С. Обозначения как на рис. 3, 4.

Таблица 4. Параметры модели линейной регрессии изменения средних температур (Т) в Ленинградской обл.

Температуры	Уравнение линейной регрессии (Т – температура, Y – год)	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Среднеквадратическое отклонение
Средние за июнь–июль	$T = 0.045 \times Y + 16.5$	0.36	0.13	1.45
Средние за вегетационный сезон (май–сентябрь)	$T = 0.048 \times Y + 14.1$	0.56	0.32	0.87
Эффективные за вегетационный сезон (май–сентябрь)	$T = 6.16 \times Y + 719$	0.53	0.28	124

тить, что средняя и эффективная температуры за вегетационный сезон растут быстрее (градиент оцененной регрессии составляет 0.32 и 0.38 соответственно) и существенно более постоянны (коэффициенты корреляции больше 0.5), чем средняя температура двух летних месяцев (см. табл. 4). В 2010 г., когда температурные показатели были близки к показателям 2021 г. (см. рис. 3–5), началась предыдущая вспышка размножения типографа (Селиховкин и др., 2016, 2018), однако появления значительной численности второго поколения не наблюдалась. Возможно, что высокая температура именно июня и июля обеспечивает появление многочисленного второго поколения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Ленинградской области в 2021 г. началась новая и потенциально сильная вспышка массового размножения короэда-типографа. Перманентное присутствие значительного количества короэда-типографа в ельниках Карельского перешейка стало предпосылкой быстрого увеличения численности этого вида.

Развитие вспышки размножения было спровоцировано резким повышением температуры в июне–июле 2021 г., за счет которого успешно развилось два сестринских и два основных поколения. Массовое появление двух генераций короэда-типографа в ельниках Карельского перешейка отмечено впервые. По бивольтинному типу развивалась часть популяции, примерно 56 % особей, остальная ее часть развивалась по моновольтинному типу.

Короедный запас, обеспечивающий быстрое нарастание численности короэда-типографа в условиях Карельского перешейка, можно оценить в 140–150 тыс. особей/га, или 10–12 заселенных типографом елей на гектар. В описываемой нами вспышке короедный запас был выше – 187 тыс. особей/га, что обеспечило появление потомства в количестве около 3 млн особей/га, т. е. очень высокой численности, способной обеспечить стремительное нарастание вспышки.

Быстрый и устойчивый тренд роста температуры и наличие большого объема кормовой базы для короэда-типографа в Ленинградской обл. и в юго-западной части Карелии за счет проведения санитарных рубок и других факторов (Селиховкин, 2021, 2022) и, соответственно, сохранение значительного короедного запаса позволяют

предположить, что данная вспышка массового размножения короеда-типографа будет стремительно развиваться, а в ближайшем будущем можно ожидать ее повторения.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-16-00065, <https://rscf.ru/project/21-16-00065/>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Катаев О. А. 1948. Краткая история Лисинского учебно-опытного лесхоза в лесознтомологическом отношении. Рукопись. СПб.: Лесотехническая академия, 56 с.
- Катаев О. А. 1952. Вторичные вредители хвойных древостоев Ленинградской области и меры борьбы с ними. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. СПб.: Лесотехническая академия, 257 с.
- Катаев О. А. 1956. Обзор санитарного состояния Лисинского лесного массива за 1787–1955 годы. Труды Лесотехнической академии. № 73. Л., с. 49–58.
- Маслов А. Д. 2010. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. Пушкино: ВНИИЛМ, 138 с.
- Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forest (методика ЕЭК ООН). Федеральная служба лесного хозяйства России, Инструкция от 21 февраля 1995 г.
- Мозолевская Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С. 1984. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесная промышленность, 152 с.
- Осетров А. В., Селиховкин А. В. 1998. Видовое разнообразие и динамика плотности популяций короедов в хвойных древостоях, поврежденных сильными ветрами. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии **6** (164): 27–34.
- Селиховкин А. В. 2017. Эффективность санитарно-оздоровительных мероприятий в современных условиях на примере Ленинградской области. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии **221**: 35–51.
- Селиховкин А. В. 2022. Вспышка массового размножения короедов в лесах России быть! В кн.: Материалы Третьей Всероссийской конференции с международным участием «Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике». 11–15 апреля 2022 года. Москва (в печати).
- Селиховкин А. В., Ахматович Н. А., Варенцова Е. Ю., Поповичев Б. Г. 2018. Размножение короеда типографа и других дендропатогенных организмов на Карельском перешейке. Лесоведение (6): 426–433.
- Селиховкин А. В., Варенцова Е. Ю., Поповичев Б. Г. 2017. Сплошные санитарные рубки как метод контроля плотности популяций стволовых вредителей и распространения дендропатогенных организмов в современных условиях на примере Ленинградской области. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии **220**: 186–199.
- Селиховкин А. В., Глебов Р. Н., Магдеев Н. Г., Ахматович Н. А., Поповичев Б. Г. 2016. Оценка роли насекомых и дендропатогенных организмов в усыхании древостоев Ленинградской области и Республики Татарстан. Лесоведение **2**: 83–95.
- Шевырёв И. Я. 1896. Опустошительное размножение короедов в средней России с 1882 г. по 1894 г. и попытки борьбы с ними. Сельское хозяйство и лесоводство **10**: 523–545.
- Шиперович В. Я. 1931. Роль энтомофауны в отмирании деревьев в сосново-еловых насаждениях Лисинского учебно-опытного лесхоза. Труды Лесотехнической академии. Лесоводственный цикл. М.; Л.: Государственное научно-техническое издательство, с. 202–240.
- Alekseev A. S. 2018. Assessment and inventory of forest ecosystems biodiversity: Case study for Karelian Isthmus of Leningrad Region, Russia. Open Journal of Ecology **8** (5): 305–323. <https://www.doi.org/10.4236/oje.2018.85019>
- Jönsson A. M., Appelberg G., Harding S., Barring L. 2009. Spatio-temporal impact of climate change on the activity and voltinism of the spruce bark beetle, *Ips typographus*. Global Change Biology **15**: 486–499.
- Jönsson A. M., Harding S., Barring L., Ravn H. P. 2007. Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. Agricultural and Forest Meteorology **146**: 70–81.
- Jurc M., Perko M., Džeroski S., Demsar D., Hrasovec B. 2006. Spruce bark beetles (*Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, Col.: Scolytidae) in the Dinaric mountain forests of Slovenia: Monitoring and modeling. Ecological Modeling **194**: 219–226.

- Lange H., Økland B., Krokene P. 2010. To be or twice to be? The life cycle development of the spruce bark beetle under climate change. In: A. A. Minai, D. Braha, Y. Bar-Yam (eds). *Unifying Themes in Complex Systems*, Pt. 2. Berlin: Springer Verlag, p. 251–258. (Proceedings of the 6th International Conference on Complex Systems).
- Öhrn P. 2012. The Spruce Bark Beetle *Ips typographus* in a Changing Climate – Effects of Weather Conditions on the Biology of *Ips typographus*. Introductory Research Essay No 18. Uppsala: Department of Ecology, SLU, 27 p.
- Schebeck M., Dobart N., Ragland G. J., Schopf A., Stauffer C. 2021. Facultative and obligate diapause phenotypes in populations of the European spruce bark beetle *Ips typographus*. *Journal of Pest Science* **95**: 889–899. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01416-w>
- Štefková K., Okrouhlík J., Doležal P. 2017. Development and survival of the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) at low temperatures in the laboratory and the field. *European Journal of Entomology* **114**: 1–6. <https://www.doi.org/10.14411/eje.2017.001>
- Wermelinger B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. *Forest Ecology and Management* **202**: 67–82.

A NEW OUTBREAK OF THE EUROPEAN SPRUCE BARK BEETLE, *IPS TYPOGRAPHUS* (L.) (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) IN LENINGRAD PROVINCE

A. V. Selikhovkin, N. A. Mamaev, M. B. Martirova, S. A. Merkuriev, B. G. Popovichev

Key words: the European spruce bark beetle, *Ips typographus*, outbreak, generations number.

SUMMARY

A new and potentially strong outbreak of the European spruce bark beetle *Ips typographus* has begun in the Leningrad region in 2021. The permanent presence of a significant quantity of the species in the spruce forests of the Karelian Isthmus (Leningrad Province) created a basis for a rapid increase of the abundance of this species.

The development of a breeding outbreak was provoked by a sharp increasing in temperature in June–July 2021. Due to the increase in temperature, two sister and two main generations successfully developed. The mass appearance of two generations of the European spruce bark beetle in the forests of the Karelian Isthmus was revealed for the first time. A part of the population, approximately 56% of individuals, developed according to the bivoltine type (two generations), while the rest developed according to the univoltine type (one generation). This feature of development provides the European spruce bark beetle with the resistance of populations to adverse weather conditions. The part of the second generation that started to develop earlier had a high reproduction energy (the ratio of the number of offspring beetles to the number of parent beetles – 4.7), close to the reproduction energy of the first generation (6.0). The next group of the second generation, apparently, was mainly represented by the offspring of the sister generation. Development indicators in this group were significantly worse (reproduction energy – 1.3). A significant part of the individuals did not have time to complete development.

The bark beetle stock (number of individuals per hectare), which ensures a rapid increase in the number of spruce bark beetle in the conditions of the Karelian Isthmus, can be estimated at 140–150 thousand beetles per hectare (b/ha). In the case under consideration, the bark beetle stock was higher – 187 thousand b/ha, which ensured the appearance of offspring in the amount of about 3 million b/ha, i.e. a very large number capable of providing a rapidly growing outbreak.

The rapid and steady trend of temperature growth and the presence of a large amount of food supply for the European spruce bark beetle in Leningrad Province and in the southwestern part of Karelia, and the preservation of the bark beetle stock suggest that this outbreak will develop rapidly, and in the near future we can expect its recurrence.