

УДК 632.787:632.937

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ФЕРОМОННЫЙ МОНИТОРИНГ НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА¹

© 2023 г. В. И. Пономарев^а, *, Г. И. Клобуков^а, В. В. Напалкова^а^аБотанический сад УрО РАН, ул. 8 Марта, д. 202а, Екатеринбург, 620134 Россия

*E-mail: v_i_ponomarev@mail.ru

Поступила в редакцию 01.06.2022 г.

После доработки 18.08.2022 г.

Принята к публикации 18.10.2022 г.

Метод феромонного мониторинга в системе надзора за плотностью вредителей приобрел широкую популярность ввиду его относительной простоты. Целью исследования был анализ степени соответствия результатов феромонного мониторинга и динамики плотности популяции непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* (L.)), а также внешних факторов, влияющих на результаты феромонного мониторинга. Феромонный мониторинг проводили на ареале зауральской популяции в Свердловской области, в двух районах – с высокой плотностью популяции и периодическими вспышками массового размножения и очень низкой плотностью, с отсутствием периодических вспышек массового размножения в течение 10 лет. Параллельно с феромонным мониторингом проводили мониторинг плотности популяции на основании осеннего учета кладок. Результаты многолетнего феромонного мониторинга непарного шелкопряда позволяют прийти к следующим выводам. Основное влияние на уловистость ловушек оказывают погодные условия, в том числе температура воздуха и устойчивость воздушных потоков в период лета самцов. Плотность кладок и коэффициент размножения популяции непарного шелкопряда могут оказывать влияние на результаты феромонного мониторинга, но они не являются определяющими. Делать прогнозы изменения плотности популяции этого вида можно только при детальном феромонном мониторинге с точным фиксированием периода основного лета самцов и на основании поправочных коэффициентов, учитывающих погодные условия. Экономическая целесообразность такого рода работ с целью оценки плотности вредителя и слежения за динамикой численности представляется авторам сомнительной.

Ключевые слова: непарный шелкопряд, феромонный мониторинг, динамика плотности популяции, погодные факторы.

DOI: 10.31857/S0024114823020067, EDN: ALPTPR

Половые феромоны насекомых в последние десятилетия широко используются в практике лесозащиты как для обнаружения и контроля инвазивных видов, так и для мониторинга динамики плотности основных лесных насекомых-филлофагов (Grant, 1991; Маслов и др., 2013). Метод феромонного мониторинга в системе надзора за плотностью вредителей приобрел широкую популярность ввиду относительной простоты и низкой трудоемкости метода. В связи с тем, что устойчивая корреляция между плотностью популяции и уловистостью ловушек не прослеживается (Суховольский и др., 2021), при проведении лесопатологического мониторинга рекомендуется ориентироваться на пороговую (или критическую) уловистость, по достижении которой необходимо осуществлять детальный надзор (Маслов

и др., 2013). Феромонный мониторинг непарного шелкопряда активно проводят как в России, так и за рубежом, особенно на Североамериканском континенте (Elkinton et al., 1981; Tobin et al., 2016). Однако проведение феромонного мониторинга в России и на Североамериканском континенте имеет разную специфику. Так как непарный шелкопряд на этом континенте является инвазивным, наибольшее внимание при феромонном мониторинге уделяется контролю распространения этого вида и ориентировочного определения плотности популяции (Tobin et al., 2007; Regniere et al., 2009). В связи с тем, что, в отличие от подавляющего большинства районов ареала непарного шелкопряда в России, где самки откладывают яйцекладки на комли деревьев, и только в отдельных регионах откладка яиц возможна на скалы, под камни, на листья и по всему стволу (Дальний Восток, Бурятия, Тыва, Алтай) (Юрченко, Турова, 1988; Фомин и др., 2022), и верификация плот-

¹ Статья подготовлена в рамках госзадания Ботанического сада УрО РАН.

ности популяции на основании учета кладок относительно проста, характер откладки яйцекладок на Североамериканском континенте (по всему стволу, на ветвях, на строениях и т.п.) (Doan et al., 1981) не позволяет достаточно корректно верифицировать данные феромонного мониторинга по результатам осеннего учета кладок. В зависимости от концентрации феромона (диспарлюр), типа ловушки, региона, рельефа, гидротермических условий, называют разные цифры порогового (или критического) значения уловистости — от 50 до 500 самцов на ловушку (Бедный, 1984; Прибылова, 1986; Sharov et al., 1997; Кобзарь и др., 2012; и др.). В рекомендациях по применению феромонов при ведении лесопатологического мониторинга (Маслов и др., 2013), в зависимости от типа леса и бонитета, указана критическая уловистость в количестве от 20 до 100 самцов на ловушку. Однако средняя уловистость однотипной ловушки за сезон может различаться на порядок и более при сопоставимой плотности популяции как в разных частях ареала, так и в одном районе в разные сезоны (Пономарев и др., 2014).

Целью исследования был анализ степени соответствия результатов многолетнего феромонного мониторинга и динамики плотности зауральской популяции непарного шелкопряда, а также внешних факторов, влияющих на результаты феромонного мониторинга.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Феромонный мониторинг непарного шелкопряда проводили в зауральской популяции в двух районах Свердловской области: в Екатеринбурге и его окрестностях (N 56°51', E 60°36'), в Каменск-Уральском районе (Свердловское лесничество, Покровский мастерский участок), на юге Свердловской области (N 56°28' E 61°36').

В насаждениях Каменск-Уральского района периодически возникают вспышки массового размножения непарного шелкопряда с сильной и сплошной дефолиацией насаждений. Насаждения представлены в основном двумя видами берез — основной кормовой породой непарного шелкопряда в этом регионе: березой повислой (*Betula pendula* (Roth)) и березой пушистой (*Betula pubescens* (Ehrh)) — с преобладанием первого вида.

В Екатеринбурге и его окрестностях за все годы наблюдений за непарным шелкопрядом вспышек массового размножения с сильной и сплошной дефолиацией насаждений не отмечено, очень высокая плотность кладок (до одной кладки на дерево березы) зафиксирована в 2016 г. Насаждения смешанные, с долей березы не более 10%.

В ходе мониторинга применяли феромонно-инсектицидные ловушки типа “молочный пакет” с диспенсерами, содержащими 500 мкг (+)—дис-

парлюра, и инсектицидными пластинами, пропитанными 2,2-дихлорвинилом-диметилфосфатом (производство США). В обоих районах в разные годы выставляли от 3 до 4 ловушек. Время экспозиции было всегда одинаково: вывешивали ловушки в конце июня, снимали — в конце сентября.

В насаждениях Каменск-Уральского района мониторинг проводили в двух пунктах учета, удаленных между собой на 4 км. В каждом пункте в разные годы вывешивали от одной до двух ловушек. В период с 2009 по 2012 гг. учет отловленных самцов осуществляли не реже раза в 3 дня, с 2013 по 2018 гг. — с периодичностью в две недели.

В Екатеринбурге и его окрестностях мониторинг проводили с 2010 по 2018 гг. в трех пунктах учета: 1) городские насаждения, доля кормовой породы (березы) до 10%, в разные годы от двух до трех ловушек; 2) пригород, 1 км от черты города в западном направлении, сосново-березовые насаждения, доля березы 10% и менее, одна ловушка; 3) пригород, 10 км от черты города в западном направлении, сосново-березовые насаждения, доля березы более 10%, две ловушки. Ловушки всегда вывешивали в одном и том же месте. Учет отловленных самцов в городе и пригороде (1 км от черты города) во все годы проводили ежедневно, в пункте пригород, 10 км от черты города в западном направлении — с периодичностью в две недели.

Учет плотности популяции по кладкам в пунктах феромонного мониторинга осуществляли осенью. В каждом пункте осматривали не менее 500 стволов березы.

Анализ метеоусловий в период лета выполняли на основании метеоданных, размещенных на сайте “Погода и климат”, обработку полученных результатов проводили с использованием программы Excel. Для удобства анализа, по аналогии с общепринятым показателем “коэффициент размножения”, который рассчитывается как частное от деления плотности кладок предыдущего года к плотности кладок текущего года, ввели показатель “коэффициент уловистости”.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты феромонного мониторинга и учета плотности кладок (табл. 1) свидетельствуют о том, что в Каменск-Уральском районе в течение 10 лет, несмотря на значительное изменение плотности популяции (на 1–2 порядка), уловистость ловушек сохранялась на очень высоком уровне. Исключение составили 2009 и 2010 гг. — период вспышки с очень высокой плотностью кладок (до 10 на дерево), когда уловистость ловушек была в 2 раза и более ниже по сравнению с периодом кризиса (2012 г.) и депрессии (с 2013 г.

Таблица 1. Уловистость феромонных ловушек, плотность кладок в местах установок ловушек, коэффициент размножения и коэффициент уловистости

Годы	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Каменск-Уральский район										
Уловистость на ловушку, шт.	543	590	1164	859	1958	969	225	1530	1905	874
Плотность кладок, шт./дер.	16	10	11	0.19	0.13	0.016	0.03	0.36	0.06	0.015
Коэффициент размножения	2.9	0.65	1.03	0.017	0.70	0.12	1.95	11.7	0.17	0.25
Коэффициент уловистости	—	1.08	2	0.73	2.27	0.49	0.23	6.8	1.24	0.46
Екатеринбург (город)										
Уловистость на ловушку, шт.	—	209	38	17	664	8	3	648	67	3
Плотность кладок*, шт./дер.	0.2	0.04	0.005	0.005	0.04	0.008	0.005	0.76	0.04	0.005
Коэффициент размножения	—	0.2	0.13	1	8	0.2	0.63	152	0.05	0.13
Коэффициент уловистости	—	—	0.18	0.45	39.06	0.01	0.38	216	0.1	0.04
Пригород (1 км от черты города в западном направлении)										
Уловистость на ловушку, шт.	—	237	169	46	800	27	5	137	388	12
Коэффициент уловистости	—	—	0.71	0.27	17.39	0.03	0.19	27.4	2.83	0.03
Пригород (10 км от черты города в западном направлении)										
Уловистость на ловушку, шт.	—	913	528	114	638	209	8	202	2364	149
Плотность кладок*, шт./дер.	0.02	0.01	0.01	0.005	0.01	0.005	0.005	0.04	0.02	0.005
Коэффициент размножения	—	0.5	1	0.5	2	0.5	1	8	0.5	0.25
Коэффициент уловистости	—	—	0.58	0.22	5.6	0.33	0.04	66.67	11.7	0.06

Примечание. Плотность кладок приведена на осень текущего года; * для Екатеринбурга и окрестностей плотность кладок дана на одно дерево основного кормового растения (березы); — нет данных.

по настоящее время); а также 2015 г. с уловистостью чуть более 200 самцов на ловушку, что, по всей видимости, связано с низкой температурой воздуха в период лета самцов (об этом будет сказано ниже). В то же время результаты феромонного мониторинга в Екатеринбурге и его окрестностях показывают, что, несмотря на крайне низкую плотность популяции непарного шелкопряда в этом районе, отличающуюся на порядок, а в отдельные годы и больше (плотность приведена на кормовое дерево, березу, а ее состав в насаждениях около 10%), от плотности популяции в Каменск-Уральском районе, уловистость ловушек часто очень высока и иногда выше, чем в Каменск-Уральском районе. Эти данные свидетельствуют о крайней сложности определения пороговой или критической уловистости.

Расчет корреляции между уловистостью ловушек и плотностью популяции по кладкам показал, что для Каменск-Уральского района коэффициент корреляции составляет -0.37 при $P = 0.299$; для Екатеринбурга -0.67 при $P = 0.0501$; для окрестностей Екатеринбурга -0.24 при $P = 0.541$. Результаты расчета крайне неоднозначны. В районе, где феромонный мониторинг имеет практическое значение для контроля численности популяции (Каменск-Уральский район), корреляция отрицательная, а в районе, где такой мониторинг практического значения не имеет (Екатеринбург и окрестности), она положительная и для Екатеринбурга высокая (на грани значимости, но не значимая).

В связи с тем, что одна из основных задач феромонного мониторинга при контроле плотности популяции заключается в анализе ее изменения (увеличения или снижения), мы посмотрели соответствие изменения плотности популяции на основании учета кладок изменению уловистости ловушек. Для этого сравнили коэффициент размножения и коэффициент уловистости.

В Каменск-Уральском районе в четырех из девяти случаев коэффициент уловистости имел схожий вектор изменения при отклонении коэффициента размножения от единицы (рост или снижение плотности популяции) с коэффициентом размножения (2012, 2014, 2016, 2018 гг.). В четырех случаях из девяти уловистость указывала на обратную картину: в 2010, 2013, 2017 гг. при увеличении уловистости самцов произошло снижение плотности по сравнению с предыдущим годом; в 2015 г. при двукратном увеличении плотности уловистость сократилась в 4 раза. В одном случае (2011 г.) при отсутствии изменений в плотности популяции уловистость выросла двукратно.

В Екатеринбурге в 7 случаях за 8 лет коэффициент уловистости изменяется синхронно с коэффициентом размножения, в 2012 г. при коэффициенте размножения, равном 1, уловистость падает. В пригороде коэффициент уловистости изменяется синхронно с коэффициентом размножения в 5 случаях за 8 лет. В двух случаях (2011 и 2015 гг.) коэффициент уловистости меньше 1 при коэффициенте размножения 1, и только в одном случае (2017 г.) коэффициент уловистости

больше 1 при снижении плотности популяции. Проведенное исследование показывает, что сравнение векторов коэффициента размножения и коэффициента уловистости позволяет более объективно оценить изменение плотности популяции на основании феромонного мониторинга, по сравнению с корреляционным анализом или прямым сравнением уловистости ловушек в разные годы (особенно при низкой плотности популяции), равно как и ориентацией на пороговую (критическую) уловистость.

Такие различия в синхронности изменения данных феромонного мониторинга и численности популяции в районах с разной плотностью популяции подтверждают корректность математической модели (Суховольский и др., 2021) зависимости уловистости феромонных ловушек от плотности популяции: уловистость ловушки растет с увеличением плотности популяции, а далее, достигая критического значения, падает.

Несмотря на положительную корреляцию уловистости ловушек и плотности популяции при ее крайне невысокой численности (Екатеринбург и его окрестности), в отдельные годы происходят очень значительные изменения уловистости, не коррелирующие с соответствующим изменением плотности. Возможное объяснение этому может быть связано с погодными условиями в период лета самцов.

При анализе динамики уловистости ловушек в разные годы, в первую очередь, необходимо понять, почему во всех пунктах учета значительно снизилась уловистость в 2015 г., несмотря на не изменившуюся по сравнению с 2014 г. плотность популяций. Согласно сайту “Погода и климат”, в этом году отмечена очень низкая температура воздуха в июле-августе. В июле температура была на 3.6°C ниже нормы и составила 15.4°C. В августе на 2.6°C ниже нормы и составила 13.3°C. Лет самцов во всех пунктах учета проходил с конца июля до середины августа. Пороговый уровень температуры, необходимой для активного лета самцов непарного шелкопряда, составляет 15°C (Бедный, 1984). В 2014 г. во всех пунктах учета лет самцов проходил в августе при среднемесячной температуре 17.2°C, что выше нормы на 1.2°C.

В данных по уловистости самцов в Екатеринбурге обращает на себя внимание значительное ее увеличение в 2013 и в 2016 гг. Если увеличение уловистости в 2016 г. можно объяснить значительным увеличением плотности популяции, то в 2013 г. плотность популяции увеличилась на порядок по сравнению с 2012 г. и была сопоставима с плотностью популяции в 2010 г., а уловистость оказалась значительно выше. Температура воздуха в период лета самцов с 2010 по 2014 гг. была в пределах нормы или выше и повлиять на их лет не могла. Согласно проведенному нами анализу

(Пономарев и др., 2014), значительное увеличение уловистости в 2013 г. связано с тем, что в тот год в период лета самцов дули устойчивые ветры восточного направления (более 70% всего времени). Изменение уловистости коррелировало с длительностью устойчивости воздушных потоков одного направления. Значительное влияние устойчивых воздушных потоков на уловистость феромонных ловушек позже было подтверждено феромонным мониторингом в горных условиях Южного Кыргызстана (Пономарев и др., 2021).

Таким образом, погодные условия в период лета самцов могут оказывать значительное влияние на результаты феромонного мониторинга.

В данных по феромонному мониторингу в Екатеринбурге и его окрестностях обращает на себя факт того, что в одни годы уловистость в городе и окрестностях сопоставима, в другие она различается, иногда очень существенно, несмотря на то, что мониторинг проводили на относительно небольшой территории. В 2011, 2016 и 2017 гг. наблюдаются существенные различия в уловистости в городе и в окрестностях (1 км от черты города в западном направлении) в отличие от других годов мониторинга.

В окрестностях города (1 км и 10 км от черты города) не отмечено различий в уловистости в 2012, 2013, 2015 и в 2016 гг.

Результаты фенологии лета в местах ежедневного мониторинга (город и его окрестности на удалении в 1 км от черты города в западном направлении) показывают (табл. 2), что в одни годы фенология лета самцов в городе и пригороде была синхронной, в другие – сроки лета в городе и пригороде значительно различались. Причины этого явления были проанализированы нами ранее (Пономарев и др., 2016). Они связаны с разным температурным режимом в городе и окрестностях (Ландсберг, 1983) и ускорением развития гусениц при снижении суммы эффективных температур при раннеэмбриональном развитии.

В 2010, 2012, 2013 и 2016 гг. лет самцов в городе и его окрестностях проходил почти одновременно, с небольшой задержкой в пригороде. Относительно небольшие различия в сроках лета были и в 2018 г. Около 40% самцов в пригороде летело позже. Существенных различий в уловистости ловушек за период наблюдений, за исключением 2016 г., не отмечено. В 2016 г. плотность популяции в городе была на порядок больше, по сравнению с пригородом, и это единственный год за все время мониторинга, когда уловистость в городе оказалась намного выше, чем в пригороде.

Значительные различия в фенологии лета в городе и пригороде были зафиксированы в 2011, 2014, 2015 и 2017 гг.

В 2015 г., как уже указано выше, температурные условия были очень неблагоприятны в пери-

Таблица 2. Фенология лета самцов непарного шелкопряда в городе и пригороде Екатеринбурга в 2010–2018 гг. (% от отловленных самцов)

Даты учета	Годы учета																	
	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Улов самцов за сезон, шт.																	
	209	237	38	169	17	46	664	800	8	27	3	5	648	137	66	388	3	12
Распределение улова самцов по датам учета, %																		
4.07	7	3	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.07	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.07	7	0	3	0	35	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.07	9	0	0	0	41	41	0	0	0	0	33	0	0	1	0	0	0	0
20.07	14	2	5	0	12	44	0	0	0	0	0	0	82	8	0	0	0	0
24.07	30	15	8	1	0	9	0	0	0	0	67	0	18	90	0	0	0	8
28.07	16	14	40	10	0	2	38	31	0	0	0	20	0	0	6	0	0	0
1.08	12	38	29	20	0	2	47	41	20	0	0	0	0	0	15	0	67	0
5.08	5	21	0	6	0	0	15	25	20	0	0	40	0	0	20	1	0	8
9.08	1	4	0	16	0	0	0	2	40	24	0	0	0	0	9	10	33	43
13.08	0	1	13	39	0	0	0	1	0	8	0	20	0	1	9	5	0	8
17.08	0	0	0	9	0	0	0	1	20	11	0	0	0	0	23	17	0	25
21.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	20	0	0	8	19	0	0
25.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	9	36	0	8
29.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	9	0	0
2.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	3	0	0

Примечание. * Город; **пригород, 1 км от черты города.

од лета самцов во всех пунктах учета. Уловистость крайне низка.

Отсутствуют существенные различия в уловистости в 2014 г. Значительные различия отмечены в 2011 г. и очень значительные – в 2017 г. Какого-либо преобладания воздушных потоков в эти годы в период лета самцов в городе и пригороде не

Таблица 3. Розы ветров в период лета самцов непарного шелкопряда в Екатеринбурге и окрестностях в 2014 и 2017 гг.

Пункты учета	Направление ветра, % от всего времени							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
2011 г.								
Город	7	5	23	16	9	7	11	22
Пригород	15	2	13	10	4	9	26	21
2014 г.								
Город	3	4	10	20	24	10	12	17
Пригород	11	11	15	20	7	6	20	10
2017 г.								
Город	13	0	3	4	8	7	36	29
Пригород	8	1	4	7	15	15	30	20

Примечание. С – северный; СВ – северо-восточный; В – восточный; ЮВ – юго-восточный; Ю – южный; ЮЗ – юго-западный; З – западный; СЗ – северо-западный.

отмечено (табл. 3), и они не могли оказать существенного влияния на результаты мониторинга.

Среднесуточная температура воздуха в 2011 г. составляла в период основного лета самцов в городе и пригороде 22°C и 17°C соответственно, в 2014 г. – 17°C и 19°C и в 2017 г. – 16°C и 19°C. То есть, за исключением 2017 г., температурные условия были в пределах нормы и также не могли оказать существенного влияния на уловистость ловушек.

Особенно сложно интерпретировать результаты мониторинга в 2017 г., учитывая очень значительные различия в уловистости в пригороде, особенно в 10 км от черты города в западном направлении, по сравнению с городом (67 и 2364 самца на ловушку). Возможно, на результаты повлияла более высокая (на порядок) выживаемость до имаго в пригороде: в городе коэффициент размножения составил 0.05, в пригороде – 0.5. Также в период активного лета в городе температурные условия были близки к пороговым для имагинальной стадии (порог летной активности имаго – 15°C), тогда как в период лета особей в пригороде температура была в пределах нормы. Эти факторы могли повлиять на столь значительную разницу в уловистости в городе и пригороде в 2017 г.

В связи с тем, что значительные различия в уловистости ловушек в городе и пригороде были

выявлены только в годы с различной фенологией лета самцов в этих пунктах учета, а ранее установленные погодные факторы (температура воздуха и устойчивость воздушных потоков) на этот показатель решающего влияния оказать не могли, существует большая вероятность влияния других погодных факторов, в частности осадков и влажности воздуха.

Согласно расчетам В.Г. Суховольского с соавторами (2021), диспарлюр (феромон непарного шелкопряда) устойчив к ультрафиолетовому излучению, но неустойчив к молекулам воды в воздухе, то есть повышенная влажность воздуха и (или) осадки могут снижать насыщенность воздуха молекулами феромона и, таким образом, понижать уровень “информационного шума”, способного дезориентировать свежевывшедших самцов, и, соответственно, снижать размер информационного облака вокруг ловушки, влияя на поисковую активность самцов. Такие различия по влажности и осадкам в период основного лета самцов в городе и пригороде были отмечены в 2017 г. – 70% влажности воздуха и 35 мм осадков – в городе и 65% влажности и 9 мм осадков – в пригороде. В 2011 и 2014 гг. различий по этим погодным факторам не отмечено.

Являлся ли какой-то из факторов доминирующим или их действия носили кумулятивный эффект, на настоящий момент ответить невозможно, но такие значительные различия в уловистости в 2017 г. при сопоставимой плотности на ограниченной территории-еще раз указывают на крайне низкую объективность феромонного мониторинга.

На большей части ареала непарного шелкопряда на территории Российской Федерации самки откладывают яйца на комли деревьев. Для осеннего мониторинга плотности в этих частях ареала достаточно одного учета, при его относительно низкой трудоемкости и возможности контроля значительных площадей насаждений.

При проведении феромонного мониторинга в действующем методическом руководстве (Маслов и др., 2013) рекомендуется проводить осмотр ловушек не реже, чем каждые 3–5 дней, ловушки необходимо вывешивать с середины июня сроком на 2 мес. Исходя из рекомендаций, при проведении феромонного мониторинга непарного шелкопряда необходимо не менее двенадцати учетов. Экономическая целесообразность такого рода работ с целью оценки плотности вредителя и слежения за динамикой численности представляется сомнительной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов многолетнего феромонного мониторинга лета самцов непарного шелко-

пряда показал, что на результаты мониторинга значительное влияние оказывают погодные факторы в период лета. Наиболее существенными из них являются воздушные потоки и их устойчивость в период лета самцов, а также температура воздуха. Отмечено отсутствие корреляции между плотностью популяции и уловистостью ловушек при относительно высокой плотности популяции (более 0.01 кладки на дерево). При более низкой плотности популяции такая корреляция может наблюдаться, но при такой плотности она не имеет практического значения. Полученные результаты также указывают на высокую степень сложности определения пороговой или критической уловистости. Плотность кладок и коэффициент размножения популяции непарного шелкопряда могут оказывать влияние на результаты феромонного мониторинга, но они не являются определяющими.

Делать прогнозы изменения плотности популяции этого вида можно только при детальном феромонном мониторинге с точным фиксированием периода основного лета самцов и на основании поправочных коэффициентов, учитывающих погодные условия. Для их уточнения необходимы многолетние детальные учеты. Но даже при этих условиях объективность таких прогнозов крайне относительна и будет требовать верификации на основании осеннего учета кладок.

Феромонный мониторинг может быть использован в качестве вспомогательного инструмента мониторинга в тех частях ареала непарного шелкопряда, где осенний учет по кладкам сопряжен с трудностями их обнаружения, обусловленными откладкой яиц под камни, в расщелины скал, высоко по стволу или на листья деревьев (Алтай, Бурятия, Тыва, Дальний Восток и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бедный В.Д.* Технология применения диспарлюра в лесозащите. Кишинев: Штиинца, 1984. 113 с.
- Кобзарь В.Ф., Данилов Р.Ю., Кобзарь М.И.* Непарный шелкопряд *Lymantria dispar* (L.) в Краснодарском крае: мониторинг и прогнозирование изменения плотности популяции // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. СПб.: СПбГЛТУ, 2012. № 200. С. 42–50.
- Ландсберг Г.Е.* Климат города. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 248 с.
- Маслов А.Д., Лямцев Н.И., Сергеева Ю.А., Комарова И.А., Демаков Ю.П., Шеховцов В.П., Поповичев В.В., Ковалева О.А., Серый Г.А., Юрченко Г.И., Турова Г.И., Вендило Н.В., Лебедева К.В., Баранчиков Ю.Н., Петько В.М., Мозолевская Е.Г., Яковенко А.К., Пятнова Ю.Б.* Применение феромонов важнейших вредителей леса при ведении лесопатологического мониторинга. Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. 36 с.
- Пономарев В.И., Клобуков Г.И., Орозумбеков А.А., Серый Г.А.* Влияние погодных факторов на результатив-

ность феромонного мониторинга непарного шелкопряда *Lymantria dispar* (L.) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. № 207. С. 202–211.

Пономарев В.И., Клобуков Г.И., Напалкова В.В. Зависимость морфофизиологических показателей постэмбриональных стадий непарного шелкопряда *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) от температурных условий в период эмбрионального развития // Вестник Томского государственного университета. Сер. Биология. 2016. № 3(35). С. 107–127.

Пономарев В.И., Мамытов А.М., Ашимов К.С. Влияние расстояния между ловушками на результаты феромонного мониторинга непарного шелкопряда *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Erebidae) в горных условиях Южного Кыргызстана // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. СПб.: СПбГЛТУ, 2021. № 236. С. 185–197.

Прибылова М.В. Эффективность диспарлюровых ловушек для надзора и прогноза численности непарного шелкопряда // Лесное хозяйство. 1986. № 7. С. 68–70.

Сайт “Погода и климат”. Метеостанция Екатеринбурга. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=28440>

Суховольский В.Г., Артюшенко П.В., Томилин Ф.Н., Цикалова П.Е., Ковалев А.В. Феромоны лесных насекомых: системный и квантовохимический анализ. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 150 с.

Фомин С.Н., Баринов В.В., Мыглан В.С. Вспышки массового размножения *Lymantria dispar* в Республике Тыва, история исследований, результаты и дендрохронологические перспективы // Журн. Сибирского федерального университета. Сер. Биология. 2022. № 15(1). С. 48–71.

Юрченко Г.И., Турова Г.И. Временные рекомендации по надзору за непарным шелкопрядом на Дальнем Востоке // Хабаровск: ДальНИИЛХБ, 1988. 19 с.

Doane C.C., McManus M.L. The gypsy moth: research toward integrated pest management // U.S. Dept. of Agriculture. Technical bulletin. 1981. 1584 p.

Elkinton J.S., Cardé R.T. The use of pheromone traps to monitor distribution and population trends of the gypsy moth // Management of Insect Pests with Semiochemicals. Springer, Boston, MA. 1981. P. 41–55.

Grant G.G. Development and use of pheromones for monitoring lepidopteran forest defoliators in North America // Forest Ecology and Management. 1991. № 39. P. 153–162.

McManus M.L., Liebhold A.M. Gypsy moth IPM // Integrated Pest Management: Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2009. P. 414–423.

Régnière J., Nealis V.G., Porter K.B. Climate suitability and management of the gypsy moth invasion into Canada // Biological Invasions. 2009. № 11. P. 135–148.

Sharov A.A., Liebhold A.M., Roberts E.A. Correlation of counts of gypsy moths (Lepidoptera: Lymantriidae) in pheromone traps with landscape characteristics // Forest Science. 1997. № 43(4). P. 483–490.

Tobin P.C., Blackburn L.M. Slow the Spread: a national program to manage the gypsy moth // General Technical Report NRS-6. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 2007. 109 p.

Tobin P.C., Cremers, K.T., Hunt, L., Dillan P. All quiet on the western front? Using phenological inference to detect the presence of a latent gypsy moth invasion in Northern Minnesota // Biological Invasions. 2016. № 18. P. 3561–3573.

External Factors Affecting the Pheromone Monitoring of the Spongy Moth

V. I. Ponomarev^{1, *}, G. I. Klobukov¹, and V. V. Napalkova¹

¹Institute Botanic Garden, Ural Branch of the RAS, 8-Marta st. 202a, Yekaterinburg, 620144 Russia

*E-mail: v_i_ponomarev@mail.ru

The method of pheromone monitoring in the pest density management system has gained wide popularity due to its relative simplicity. The aim of the study was to analyze the degree of conformity between the results of pheromone monitoring and population density dynamics of the spongy moth (*Lymantria dispar* (L.)), as well as external factors affecting the results of pheromone monitoring. The pheromone monitoring was carried out in the area of the Trans-Ural moth population in the Sverdlovsk region, in two areas – the one with a high population density and periodic outbreaks and other one with a very low density and no periodic outbreaks over the last 10 years. Simultaneously with the pheromone monitoring, population density was monitored based on autumn counts of egg masses. The results of long-term pheromone monitoring of the spongy moth allow us to come to the following conclusions. The catching capacity of traps is mainly influenced by weather conditions, including air temperature and the stability of air currents during the males' flight. The masses' density and the reproduction rate of the spongy moth population can influence the results of pheromone monitoring, but they are not the decisive factors. It is possible to make predictions of changes in the population density of this species only with detailed pheromone monitoring with accurate recording of main males' flight period, using correction factors that take into account weather conditions. However, the authors doubt the economic feasibility of this kind of measures for the purpose of assessing the pest's population's density and monitoring its dynamics.

Keywords: spongy moth, pheromone monitoring, population density dynamics, weather factor.

Acknowledgements: The paper was prepared within the framework of the State contract with the Botanical Garden of the Ural Branch of the RAS.

REFERENCES

- Bednyi V.D., *Tekhnologiya primeneniya disparlyura v lesozashchite* (Technology of disparlure application in forest protection), Kishinev: Shtiintsa, 1984, 167 p.
- Doane C.C., McManus M.L., The gypsy moth: research toward integrated pest management, Technical bulletin, U.S. Dept. of Agriculture, 1981, 1584 p.
- Elkinton J.S., Cardé R.T., The use of pheromone traps to monitor distribution and population trends of the gypsy moth, In: *Management of Insect Pests with Semiochemicals*, Boston, MA: Springer, 1981, pp. 41–55.
- Fomin S.N., Barinov V.V., Myglan V.S., Vspyshki massovogo razmnzheniya *Lymantria dispar* v Respublike Tyva, istoriya issledovaniy, rezul'taty i dendrokronologicheskie perspektivy (Outbreaks of *Lymantria dispar* (L.) in Tyva, research history), *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta, Ser. Biologiya*, 2022, No. 15(1), pp. 48–71.
- Grant G.G., Development and use of pheromones for monitoring lepidopteran forest defoliators in North America, *Forest Ecology and Management*, 1991, No. 39, pp. 153–162. <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=28440>
- Kobzar' V.F., Danilov R.Y., Kobzar' M.I., Neparniy shelkopryad *Lymantria dispar* (L.) v Krasnodarskom krae: monitoring i prognozirovanie izmeneniya plotnosti populyatsii (Gypsy moth *Lymantria dispar* (L.) in Krasnodar region: monitoring and forecasting of population density dynamics), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2012, No. 200, pp. 42–50.
- Landsberg G.E., *Klimat goroda* (The urban climate), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983, 248 p.
- Maslov A.D., Lyamtsev N.I., Sergeeva Yu.A., Komarova I.A., Demakov Yu.P., Shekhovtsov V.P., Popovichev V.V., Kovaleva O.A., Seryi G.A., Yurchenko G.I., Turova G.I., Vendilo N.V., Lebedeva K.V., Baranchikov Yu.N., Pet'ko V.M., Mozolevskaya E.G., Yakovenko A.K., Pyatnova Yu.B., *Primenenie feromonov vazhneishikh vreditel' lesa pri vedenii lesopatologicheskogo monitoringa* (The use of pheromones of the most important forest pests in forest pathological monitoring), Pushkino: VNIILM, 2013, 36 p.
- McManus M.L., Liebhold A.M., *Gypsy moth IPM, Integrated Pest Management: Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2009, pp. 414–423.
- Ponomarev V.I., Klobukov G.I., Napalkova V.V., Zavisimost' morfofiziolozhicheskikh pokazatelei postembrional'nykh stadii neparnogo shelkopryada *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) ot temperaturnykh uslovii v period embrional'nogo razvitiya (The dependence of the morphological and physiological indices of *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) postembryonic stages from temperature conditions during embryogenesis), *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Biologiya*, 2016, No. 3(35), pp. 107–127.
- Ponomarev V.I., Klobukov G.I., Orozumbekov A.A., Seryi G.A., Vliyanie pogodnykh faktorov na rezul'tativnost' feromonogo monitoringa neparnogo shelkopryada *Lymantria dispar* (L.) (Influence of climate factors on the efficiency of gypsy moth *Lymantria dispar* (L.) pheromone monitoring), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2014, No. 207, pp. 202–211.
- Ponomarev V.I., Mamytov A.M., Ashimov K.S., Vliyanie rasstoyaniya mezhdru lovushkami na rezul'taty feromonogo monitoringa neparnogo shelkopryada *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Erebidae) v gornykh usloviyakh Yuzhnogo Kirgystana (The influence of the distance between traps on the results of pheromone monitoring of the gypsy moth *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Erebidae) in the Southern Kyrgyzstan mountain region), *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2021, No. 236, pp. 185–197.
- Pribylova M.V., Effektivnost' disparlyurovykh lovushek dlya nadzora i prognoza chislennosti neparnogo shelkopryada (Efficiency of Disparlure Traps for Surveillance and Prediction of Gypsy Moth Abundance), *Lesnoe khozyaistvo*, 1986, No. 7, pp. 68–70.
- Régnière J., Nealis V.G., Porter K.B., Climate suitability and management of the gypsy moth invasion into Canada, *Biological Invasions*, 2009, No. 11, pp. 135–148.
- Sharov A.A., Liebhold A.M., Roberts E.A., Correlation of counts of gypsy moths (Lepidoptera: Lymantriidae) in pheromone traps with landscape characteristics, *Forest Science*, 1997, No. 43(4), pp. 483–490.
- Sukhovol'skii V.G., Artyushenko P.V., Tomilin F.N., Tsikalo P.E., Kovalev A.V., *Feromony lesnykh nasekomykh: sistemnyi i kvantovokhimicheskii analiz* (Forest Insect Pheromones: Systemic and Quantum Chemical Analysis), Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2021, 150 p.
- Tobin P.C., Blackburn L.M., Slow the Spread: a national program to manage the gypsy moth, *General Technical Report NRS-6*, Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2007, 109 p.
- Tobin P.C., Cremers, K.T., Hunt, L. Dillan P., All quiet on the western front? Using phenological inference to detect the presence of a latent gypsy moth invasion in Northern Minnesota, *Biological Invasions*, 2016, No. 18, pp. 3561–3573.
- Yurchenko G.I., Turova G.I., *Vremennye rekomendatsii po nadzoru za neparnym shelkopryadom na Dal'nem Vostoke* (Temporary recommendations for the surveillance of gypsy moths in the Far East), Khabarovsk: Dal'NIILKhb, 1988, 19 p.