

Испытания различных вариантов препаративной формы синтетического феромона зимней пяденицы *Operophtera brumata* (L.)

Н.Г. ТОДОРОВ¹, В.М. РАСТЕГАЕВА²,
А.Э. НЕСТЕРЕНКОВА³, В.Л. ПОНОМАРЕВ⁴

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»
(ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское,
Московская обл., Россия

¹ ORCID 0000-0002-8990-3411, e-mail: todor-kol@mail.ru

² e-mail: vrast@mail.ru

³ e-mail: anastasiiae@mail.ru

⁴ e-mail: vladimir_l_ponomarev@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Зимняя пяденица *Operophtera brumata* (Linnaeus, 1758) – опасный вредитель лесных насаждений и плодовых деревьев, распространенный в северо-западной части Российской Федерации, в Молдавии, Сибири, Средней Азии, на Кавказе. Для борьбы с пяденицей используют химические, механические и биологические методы борьбы, важной составляющей которых является своевременное выявление и мониторинг численности данного вредителя. Незаменимым инструментом для этого служат феромонные ловушки, в которых используются диспенсеры с половым феромоном зимней пяденицы – (Z, Z, Z)-1,3,6,9-нонадекатетраеном, синтезированным в отделе синтеза феромонов ФГБУ «ВНИИКР» по разработанной методике. Действующее вещество, феромон, наносили на диспенсеры в смеси со стабилизаторами – витамином Е и ионолом.

В данной работе представлены результаты полевых испытаний различных вариантов клеевых феромонных ловушек с синтетическим феромоном в двух разных дозировках – 0,5 мг (смесь I) и 2,0 мг (смесь II) – на 1 диспенсер. Показано, что смесь II была эффективнее смеси I лишь в количественном отношении, но не по продолжительности аттрактивного действия, которая оказалась одинаковой для обоих вариантов. Таким образом, при использовании феромонных ловушек 4-кратное увеличение дозировки синтетического феромона не может считаться обязательным. Установлено, что ромбовидная ловушка обеспечивает более эффективный отлов вредителя за счет большей закрытости конструкции по сравнению с ловушкой «Квадро», а также с дельтовидной ловушкой в различных ее модификациях. Доказано преимущество энтомологического клея при использовании в качестве растворителя минеральных масел (клей «Полификс») по сравнению с клеем на водно-минеральной основе (клей «Унифлекс»).

Testing of various options for the formulation of synthetic pheromone of *Operophtera brumata* (L.)

N.G. TODOROV¹, V.M. RASTEGAEVA²,
A.E. NESTERENKOVA³, V.L. PONOMAREV⁴

FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center"
(FGBU "VNIICR"), Bykovo, Ramenskoye,
Moscow Oblast, Russia

¹ ORCID 0000-0002-8990-3411, e-mail: todor-kol@mail.ru

² e-mail: vrast@mail.ru

³ e-mail: anastasiiae@mail.ru

⁴ e-mail: vladimir_l_ponomarev@mail.ru

ABSTRACT

Common winter moth *Operophtera brumata* (Linnaeus, 1758) is a dangerous pest of forest plantations and fruit trees, common in the northwestern part of the Russian Federation, in Moldova, Siberia, Central Asia, and the Caucasus. To control the moth, chemical, mechanical and biological methods are used, an important component of which is the timely identification and monitoring of the number of this pest. An indispensable tool for this is pheromone traps, which use dispensers with the sex moth pheromone (Z, Z, Z)-1,3,6,9-nonadecatetraene, synthesized in the pheromone synthesis department of FGBU "VNIICR" according to the developed method. The active substance, pheromone, was applied to dispensers in a mixture with stabilizers – vitamin E and ionol.

This paper presents the results of field tests of various variants of glue pheromone traps with synthetic pheromone in two different dosages – 0.5 mg (mixture I) and 2.0 mg (mixture II) – per 1 dispenser. It was shown that mixture II was more effective than mixture I only in quantitative terms, but not in terms of the duration of the attractive action, which turned out to be the same for both options. Thus, when using pheromone traps, a 4-fold increase in the dosage of synthetic pheromone cannot be considered mandatory. It has been established that the rhomboid trap provides more effective pest trapping due to the greater closed structure in comparison with the Quadro trap, as well as with the deltoid trap in its various modifications. The advantage of entomological glue when used as a solvent for mineral oils (Polyfix glue) in comparison with water-mineral based glue (Uniflex glue) has been proved.

Разработанный феромонный препарат может быть использован при выявлении вредителя и мониторинге численности зимней пяденицы.

Ключевые слова. Феромонные ловушки, вредители леса, очаги, выявление, мониторинг.

ВВЕДЕНИЕ

Зимняя пяденица *Operophtera brumata* (Linnaeus, 1758) – широко известный в странах Европы и Азии вредитель лесных, лесодекоративных и плодовых деревьев и кустарников (рис. 1).

Список кормовых растений зимней пяденицы весьма обширен: к числу основных повреждаемых пород относятся различные плодовые, а также дуб, бук, граб, береза, липа, клен, ильмовые, лещина, черемуха и многие другие (Афонин и др., 2008; <http://ecosystema.ru>; <https://givoyles.ru>).

В результате ранневесеннего питания гусениц вредителя в первую очередь страдают почки и молодые побеги, что отрицательно сказывается на урожае плодов и семян, а при многолетнем массовом поражении возможна полная гибель насаждения (Волков и др., 1955; <http://ecosystema.ru>; <http://wiki.rcfh.ru>).

В лесных массивах очаги зимней пяденицы чаще всего бывают приурочены к злаковым и осоклым дубравам и пойменным лесам среднего возраста, реже спелым, в особенности при наличии в них зарослей дикорастущих плодовых деревьев. В антропогенных условиях они встречаются в парках, запущенных плодовых садах. Часто образуют комплексные очаги с другими видами вредителей – с листовёртками, совками и волнянками.

Считается, что массовому размножению пяденицы способствуют годы с умеренно влажной и продолжительной осенью, без длительных морозных периодов и с нежарким влажным летом, однако в целом причины и динамика вспышек изучены достаточно слабо и прогнозировать их весьма сложно (<http://wiki.rcfh.ru>; <https://givoyles.ru>).

Трудности обнаружения данного вредителя при проведении лесопатологического обследования связаны преимущественно с отсутствием четких и доступных признаков (симптомов). Обследование обычно базируется на выявлении в начале июня гусениц в кронах деревьев, однако скрученные паутиной листья не являются видоспецифичным признаком, а обладающие ярко выраженной покровительственной окраской гусеницы очень часто остаются незамеченными (Корчагин, 1971). Детальное обследование проводят по куколкам в конце августа – начале сентября, но выявить их в подстилке и почве затруднительно по причине небольшого размера коконов, маскируемых под комочки грунта (<https://givoyles.ru>). Более продуктивным считается применение инсектицидных или клеевых поясов, позволяющих контролировать поднимающихся осенью по стволам в крону бескрылых

The developed pheromone preparation can be used to identify the pest and monitor the abundance of the common winter moth.

Key words. Pheromone traps, forest pests, outbreaks, detection, monitoring.

INTRODUCTION

O*perophtera brumata* (Linnaeus, 1758) – widely known pest in Europe and Asia of forest, ornamental and fruit trees and shrubs (Fig. 1).

The list of host plants of the common winter moth is very extensive: the main damaged species include various fruit trees, as well as oak, beech, hornbeam, birch, linden, maple, elm, hazel, bird cherry and many others (Afonin et al., 2008; <http://ecosystema.ru>; <https://givoyles.ru>).

As a result of the early spring nutrition of the pest caterpillars, the buds and young shoots are primarily affected, which negatively affects the yield of fruits and seeds, and with many years of mass damage, the complete death of the plantation is possible (Volkov et al., 1955; <http://ecosystema.ru>; <http://wiki.rcfh.ru>).

In forest areas, common winter moth outbreaks are most often associated with cereal and sedge oak forests and middle-aged floodplain forests, less often mature ones, especially if they contain thickets of wild fruit trees. Under anthropogenic conditions, they are detected in parks, neglected orchards. Often, they form complex outbreaks with other pest species – with leafworms, noctuids and tussock moths.



Рис. 1. Имаго самца зимней пяденицы (фото с сайта Российского центра защиты леса: <https://wiki.rcfh.ru>)

Fig. 1. Imago of a male common winter moth (photo from the website of the Russian Center for Forest Protection: <https://wiki.rcfh.ru>)

самок, однако этот вариант также нельзя считать достаточно точным в связи с высокой активностью различных животных-энтомофагов (<http://wiki.rcfh.ru>; <https://givoyles.ru>). Таким образом, в сложившейся ситуации дополнительным, менее трудоемким и имеющим больший охват территории способом мониторинга численности популяции зимней пяденицы могло бы стать применение феромонных ловушек (<http://wiki.rcfh.ru>).

Половой феромон зимней пяденицы был идентифицирован как (Z, Z, Z)-1,3,6,9-нонадекатетраен (Roelofs et al., 1982; Bestmann et al., 1982) (рис. 2).

Опыты по разработке препаративной формы синтетического полового феромона зимней пяденицы были проведены на базе ФГБУ «ВНИИКР» в 2019–2020 гг. Задачей первого этапа работы (2019 г.) была оценка аттрактивности различных дозировок полового феромона зимней пяденицы в диспенсерах. В задачу второго этапа работы (2020 г.) входили сравнительные испытания эффективности различных вариантов феромонной клеевой ловушки в зависимости от конструкции ловушки и типа применяемого в ней энтомологического клея.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выполнения полевых опытов использовался половой феромон зимней пяденицы – (Z, Z, Z)-1,3,6,9-нонадекатетраен, синтезированный в отделе синтеза феромонов ФГБУ «ВНИИКР» по оригинальной методике. Действующее вещество наносили на диспенсеры в смеси со стабилизаторами – витамином Е и ионолом.

В качестве диспенсеров на протяжении всего эксперимента были использованы синие медичинские пробки высотой 9 мм и диаметром 12 мм из бромбутильного каучука производства КНР (содержание материала: вода – 0,8%, зольный остаток – 47%, аммоний – 0,0002%, цинк – 0,0003%) с нанесенным на них синтетическим феромоном в количестве 0,5 мг (вариант I) и 2,0 мг (вариант II) соответственно на 1 диспенсер (рис. 3).

На первом этапе работы в обоих вариантах опыта были использованы клеевые ловушки типа «Ромб» (ромбовидные ловушки). На втором этапе работы были применены ловушки типа «Ромб», типа «Квадро» и типа «Дельта» (рис. 4–6), параллельно в дельтовидных ловушках были проверены клеи разных составов от нескольких производителей.

Ловушка типа «Дельта», или дельтовидная ловушка (рис. 4), – универсальная и наиболее часто применяемая конструкция для отлова чешуекрылых с помощью половых феромонов (ТУ 72.11.13-033-04731278-2015). Корпус изготовлен из плотного ламинированного картона, который складывается в треугольно-призматическую ловушку, основание которой составляет 12,9 см, боковые стороны – 12,4 см, длина – 18,6 см. На дно помещается лист картона размером 18 x 12 см с нанесенным энтомологическим клеем (клеевой вкладыш). Общая площадь клеевой поверхности – 216 см². В опытах второго этапа на вкладыши наносили 2 варианта клея – «Полификс» (ТУ 2387-002-55841212-2002, «Химтэк», г. Уфа) и «Унифлекс» (ТУ 5262-001-68159309-2013, Республика Беларусь). Был испытан также усовершенствованный вариант

It is believed that the mass reproduction of the moth is facilitated by years with a moderately wet and long autumn, without long frosty periods and with a cool, humid summer, however, in general, the causes and dynamics of outbreaks are poorly studied and it is very difficult to predict them (<http://wiki.rcfh.ru>; <https://givoyles.ru>).

Difficulties in detecting this pest during a forest pathological examination are mainly associated with the absence of clear and accessible signs (symptoms). The survey is usually based on the detection of caterpillars in the crowns of trees in early June, however, leaves twisted with cobwebs are not a species-specific feature, and caterpillars with a pronounced protective coloration very often go unnoticed (Korchagin, 1971). A detailed examination is carried out on pupae in late August – early September, but it is difficult to identify them in the litter and soil due to the small size of cocoons disguised as lumps of soil (<https://givoyles.ru>). It is considered more productive to use insecticidal or glue belts, which make it possible to control wingless females ascending the trunks in the fall into the crown, however, this option also cannot be considered sufficiently accurate due to the high activity of various entomophagous animals (<http://wiki.rcfh.ru>; <https://givoyles.ru>). Thus, in the current situation, the use of pheromone traps could be an additional, less labor-intensive and more area-covering method for monitoring the abundance of the common winter moth population (<http://wiki.rcfh.ru>).

The sex pheromone of the common winter moth was identified as (Z, Z, Z)-1,3,6,9-nonadecatetraene (Roelofs et al., 1982; Bestmann et al., 1982) (Fig. 2).

Experiments on the development of a preparative form of a synthetic sex pheromone of the common winter moth were carried out on the basis of



Рис. 2. Химическая структура (Z, Z, Z)-1,3,6,9-нонадекатетраена

Fig. 2. Chemical structure of (Z, Z, Z)-1,3,6,9-nonadecatetraene



Рис. 3. Внешний вид диспенсеров с синтетическим половым феромоном зимней пяденицы (фото авторов)

Fig. 3. Dispensers with synthetic sex pheromone of the common winter moth (photo by the authors)



Рис. 4. Внешний вид дельтовидной клеевой ловушки (фото авторов) **Fig. 4.** Deltoid glue trap (photo by the authors)



Рис. 5. Внешний вид ромбовидной клеевой ловушки (фото авторов) **Fig. 5.** Diamond-shaped glue trap (photo by the authors)

дельтовидной ловушки («Дельта-Н», ТУ 72.11.13-128-04731278-2020), который предусматривает отсутствие вкладышей и нанесение энтомологического клея по всей площади внутренней поверхности ловушки (648 см²).

Ловушки типа «Ромб» и типа «Квадро» являются модификациями дельтовидной ловушки.

Ловушка типа «Ромб» (рис. 5) (ТУ 72.11.13-080-04731278-2018) по внешнему виду представляет собой две спаянные узкими концами пластины из ламинированного с двух сторон картона размером 20 x 16 см, которые разворачиваются в фигуру, напоминающую объемный ромб с двумя верхними гранями размером 10 на 16 см и двумя нижними гранями размером 9 на 16 см. С внутренней стороны ловушки нанесен энтомологический клей для фиксации привлеченных феромоном насекомых. Общая площадь клеевой поверхности – 420 см². В верхнем ребре конструкции имеются 2 отверстия диаметром 0,5 см для подвешивания ловушки с помощью входящей в комплект проволоки.

FGBU “VNIKR” in 2019–2020. The task of the first stage of work (2019) was to evaluate the attractiveness of various dosages of the common winter moth sex pheromone in dispensers. The task of the second stage of work (2020) included comparative tests of the effectiveness of various versions of the pheromone glue trap, depending on the design of the trap and the type of entomological glue used in it.

MATERIALS AND METHODS

To perform field experiments, we used the sex pheromone of common winter moth – (Z, Z, Z)-1,3,6,9-nonadecatetraene, synthesized in the pheromone synthesis department of FGBU “VNIKR” according to the original method. The active substance was applied to dispensers in a mixture with stabilizers – vitamin E and ionol.

As dispensers throughout the experiment, blue medical plugs 9 mm high and 12 mm in diameter made of bromobutyl rubber manufactured in China were used (material content: water – 0.8%, ash residue – 47%, ammonium – 0.0002%, zinc – 0.0003%) with synthetic pheromone applied to them in the amount of 0.5 mg (option I) and 2.0 mg (option II), respectively, per 1 dispenser (Fig. 3).

At the first stage of work, in both variants of the experiment, glue traps of the Rhombus type (diamond-shaped traps) were used. At the second stage of the work, traps of the Rhombus type, Quadro type and Delta type were used (Fig. 4–6), in parallel, adhesives of different compositions from several manufacturers were tested in deltoid traps.

The Delta type trap, or deltoid trap (Fig. 4), is a universal and most commonly used design for trapping Lepidoptera using sex pheromones (ТУ 72.11.13-033-04731278-2015). The case is made of thick laminated cardboard, which is folded into a triangular-prismatic trap, the base of which is 12.9 cm, the sides are 12.4 cm, and the length is 18.6 cm. A sheet of cardboard measuring 18 x 12 cm with applied entomological glue (adhesive insert). The total area of the adhesive surface is 216 cm². In the experiments of the second stage, 2 types of glue were applied to the liners – Polyfix (ТУ 2387-002-55841212-2002, Khimtek, Ufa) and Uniflex (ТУ 5262-001-68159309-2013, Republic of Belarus). An improved version of the deltoid trap was also tested (Delta-N, ТУ 72.11.13-128-04731278-2020), which provides for the absence of liners and the application of entomological glue over the entire area of the inner surface of the trap (648 cm²).

Ловушка типа «Квадро» (рис. 6) (ТУ 72.11.13-127-04731278-2020), в свою очередь, является вариантом ромбовидной ловушки с упрощенной системой фиксации формы и с увеличенной площадью клеевой поверхности: грани ловушки имеют внешние размеры 44,5 на 24,0 см, общая площадь клеевой поверхности – 912 см², а верхняя и нижняя половины ловушки, в отличие от «Ромба», имеют одинаковый объем. На внутреннюю поверхность ловушек «Ромб» и «Квадро» наносили клей уфимского производства «Полификс». Все ловушки подвешивали на ветви деревьев с помощью проволоки, скрепляющей корпус ловушки. Ловушки вывешивали в конце сентября на территории ФГБУ «ВНИИКР» (Московская обл., Раменский р-н, р. п. Быково) в лесном массиве, состоящем из сосен, елей, осин и берез, возраста около 50 лет, на ветвях лиственных деревьев, чередуя положение ловушек разных вариантов случайным образом.

Статистическую обработку данных проводили методом однофакторного дисперсионного анализа, реализованного в ПО MS Excel 2016 г. Различия оценивали по t-критерию Стьюдента и считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как в 2019 г., так и в 2020 г. погодные условия были благоприятны для массового лёта самцов зимней пяденицы. В 2019 г. лёт начался в первых числах октября и практически полностью завершился к концу месяца, а в 2020 г. начался в конце первой декады октября и продолжался до первой декады ноября. Результаты проведенных экспериментов представлены в таблицах 1 и 2.

Как видно по данным таблицы 1, на синтетическую феромонную смесь II, содержащую 2 мг действующего вещества (ловушки II-1 – II-10), было поймано в 2 раза больше самцов целевого вида, чем на смесь I, содержащую 0,5 мг синтетического феромона (ловушки I-1 – I-10). Различия были

Traps of the Rhombus type and the Quadro type are modifications of the deltoid trap.

The Rhombus type trap (Fig. 5) (ТУ 72.11.13-080-04731278-2018) in appearance consists of two plates of cardboard laminated on both sides, soldered with narrow ends, 20 x 16 cm in size, which unfold into a figure resembling a three-dimensional rhombus with two upper faces measuring 10 by 16 cm and two lower faces measuring 9 by 16 cm. Entomological glue was applied on the inside of the trap to fix the insects attracted by the pheromone. The total area of the adhesive surface is 420 cm². There are two 0.5 cm diameter holes in the upper rib of the structure for hanging the trap using the wire included in the kit.

The trap of the Quadro type (Fig. 6) (ТУ 72.11.13-127-04731278-2020), in turn, is a variant of a diamond-shaped trap with a simplified system for fixing the shape and with an increased area of the adhesive surface: the edges of the trap have external dimensions of 44.5 by 24.0 cm, the total area of the adhesive surface is 912 cm², and the upper and lower halves of the trap, unlike the Rhombus, have the same volume. On the inner surface of the traps Rhombus and Quadro was applied glue produced in Ufa Polifix. All traps were hung on tree branches with a wire fastening the body of the trap. The traps were hung out at the end of September on the territory of FGBU «VNIICR» (Moscow Oblast, Ramenskoye, Bykovo) in a forest area consisting of pines, spruces, aspens and birches, about 50 years old, on the branches of deciduous trees, alternating the position of the traps of different options randomly.

Statistical data processing was carried out by the method of one-way analysis of variance implemented in MS Excel 2016 software. Differences were assessed by Student's t-test and considered statistically significant at $p < 0,05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Both in 2019 and 2020, the weather conditions were favorable for the mass flight of males of the winter moth.

In 2019, the flight began in early October and almost completely ended by the end of the month, and in 2020 it began at the end of the first ten days of October and continued until the first ten days of November. The results of the experiments are presented in tables 1 and 2.

As can be seen from Table 1, the synthetic pheromone mixture II containing 2 mg of the active substance (traps II-1 – II-10) caught 2 times more males of the target species than mixture I containing 0.5 mg of synthetic pheromone (traps I-1 – I-10). The differences were considered statistically significant ($F_{\text{fact}} = 8.04 > F_{\text{table}} = 4.41$; $df = 1$, $P\text{-value} = 0.01$). However, mixture II was more effective than mixture I only in quantitative terms, but not in terms of the duration of the attractive action, which turned out to be



Рис. 6. Внешний вид клеевой ловушки «Квадро» (фото авторов)

Fig. 6. Quadro glue trap (photo by the authors)

признаны статистически достоверными ($F_{\text{факт.}} = 8,04 > F_{\text{табл.}} = 4,41$; $df = 1$, $P\text{-значение} = 0,01$). Однако смесь II была эффективнее смеси I лишь в количественном отношении, но не по продолжительности аттрактивного действия, которая оказалась одной и той же для обоих вариантов. Таким образом, для выявления и мониторинга вредителя 4-кратное увеличение дозировки синтетического феромона не может считаться обязательным.

При обработке данных, полученных в ходе проведения опыта по изучению эффективности различных вариантов клеевых ловушек, рассчитывали не только среднее количество самцов, пойманных в ловушку данного типа, но и, с учетом достаточного разнообразия конструкций, среднее количество насекомых, пойманных на 1 cm^2 клеевой поверхности (табл. 2).

При сравнении двух вариантов клея (табл. 2) более эффективным был признан «Полификс» российского производства (ловушки ДУ1–ДУ5). Уловы на вкладышах, содержавших клей «Унифлекс»,

the same for both variants. Thus, for pest detection and monitoring, a 4-fold increase in the dosage of synthetic pheromone cannot be considered mandatory.

When processing the data obtained during the experiment on the study of the effectiveness of various versions of glue traps, we calculated not only the average number of males caught in a trap of this type, but also, taking into account a sufficient variety of designs, the average number of insects caught per 1 cm^2 of glue surface (Table 2).

When comparing two variants of the adhesive (Table 2), Russian-made Polifix (traps DU1–DU5) was recognized as more effective. Catches on liners containing Uniflex glue produced in the Republic of Belarus (traps DB1–DB5) were on average 30% lower. We attribute this to the fact that the loss of water by Belarusian glue during operation probably causes its excessive thickening, which negatively affects the possibility of fixing target objects with a small body mass.

In a comparative analysis of different variants of glue traps (Table 2), the diamond-shaped trap

Таблица 1

Результаты отлова самцов зимней пяденицы на синтетический феромон в различных дозировках

Table 1

The results of capturing male common winter moths for synthetic pheromone in various dosages

№ ловушки Trap №	14.10.2019	18.10.2019	22.10.2019	26.10.2019	05.11.2019	11.11.2019	Итого по ловушке, экз. Trap Total, ex.	В среднем на ловушку, экз. Trap average, ex.
I-1	14	4	4	2	0	0	24	22,2
I-2	14	24	9	7	0	2	56	
I-3	9	4	3	4	0	2	22	
I-4	8	2	1	1	0	0	12	
I-5	5	2	3	0	0	0	10	
I-6	10	4	0	3	0	0	17	
I-7	10	7	2	5	0	0	24	
I-8	1	3	1	2	0	0	7	
I-9	11	1	8	0	0	0	20	
I-10	23	5	2	0	0	0	30	
Сумма Total							222	
II-1	9	12	7	3	0	0	31	42,5
II-2	35	25	18	10	0	2	90	
II-3	9	13	6	3	0	0	31	
II-4	10	8	7	4	1	0	30	
II-5	24	14	5	8	0	0	51	
II-6	20	11	9	3	0	1	44	
II-7	12	7	11	4	0	0	34	
II-8	14	11	6	4	2	1	38	
II-9	16	8	8	3	2	0	37	
II-10	24	12	3	0	0	0	39	
Сумма Total							425	

Таблица 2

Результаты отлова самцов зимней пяденицы в различные варианты феромонных ловушек (Д1–Д5 – ловушки «Дельта», Р1–Р5 – ловушки «Ромб», К1–К5 – ловушки «Квадро», ДБ1–ДБ5 – ловушки «Дельта» с клеем «Унифлекс», Беларусь, ДУ1–ДУ5 – ловушки с клеем «Полификс», г. Уфа)

Table 2

The results of capturing male common winter moths in various pheromone traps (D1–D5 – Delta traps, P1–P5 – Rhombus traps, K1–K5 – Quadro traps, DB1–DB5 – Delta traps with Uniflex glue, Belarus, DU1–DU5 – traps with Polyfix glue, Ufa)

№ ловушки Trap №	Количество отловленных самцов по датам, экз. Number of captured males by date, ex.				Суммарно по ловушкам, экз. Total for traps ex.	В среднем на ловушку/см², экз. Average per trap/cm², ex.
	05.10.2020	17.10.2020	28.10.2020	12.11.2020		
Д1 D1	2	22	18	6	48	41,4/0,0639
Д2 D2	1	33	11	5	50	
Д3 D3	1	30	20	6	57	
Д4 D4	0	9	19	0	28	
Д5 D5	0	4	16	4	24	
Всего Total	4	98	84	21	207	
Р1	0	14	22	13	49	46,0/0,1095
Р2	0	31	27	0	58	
Р3	1	15	12	0	28	
Р4	0	30	7	13	50	
Р5	2	24	9	10	45	
Всего Total	3	114	77	36	230	
К1	0	14	18	4	36	31,0/0,0340
К2	0	14	10	5	29	
К3	0	15	12	7	34	
К4	0	6	6	1	13	
К5	2	21	20	0	43	
Всего Total	2	70	66	17	155	
ДБ1 DB1	1	5	4	0	10	9,8/0,0454
ДБ2 DB2	0	7	1	0	8	
ДБ3 DB3	1	4	3	0	8	
ДБ4 DB4	0	8	0	0	8	
ДБ5 DB5	0	12	3	0	15	
Всего Total	2	36	11	0	49	
ДУ1 DU1	0	7	6	0	13	15,2/0,0694
ДУ2 DU2	0	17	4	0	21	
ДУ3 DU3	0	12	4	2	18	
ДУ4 DU4	0	8	2	2	12	
ДУ5 DU5	0	7	4	1	12	
Всего Total	0	51	20	5	76	

выпускаемый в Республике Беларусь (ловушки ДБ1–ДБ5), были в среднем на 30% ниже. Мы связываем это с тем, что потеря белорусским клеем в ходе эксплуатации воды, вероятно, вызывает его чрезмерное загустение, что отрицательно сказывается на возможности фиксации целевых объектов с небольшой массой тела.

При сравнительном анализе различных вариантов клеевых ловушек (табл. 2) наиболее эффективной была признана конструкция ромбовидной ловушки (Р1–Р5), которая отличается наибольшей степенью закрытости, затрудняющей насекомым выход из ловушки и обеспечивающей тем самым

design (P1–P5) was recognized as the most effective, which is distinguished by the highest degree of closeness, which makes it difficult for insects to exit the trap and thus provides a greater probability of fixing an object on the adhesive layer (Fig. 7).

And, on the contrary, the most open of the traps – Quadro, having the largest adhesive surface, is characterized by an extremely low catchability (traps K1–K5).



Рис. 7. Самцы зимней пяденицы в ромбовидной ловушке (фото авторов)

Fig. 7. Male common winter moth in a diamond-shaped trap (photos by the authors)

большую вероятность фиксации объекта на клеевом слое (рис. 7).

И, напротив, наиболее открытая из ловушек – «Квадро», обладая наибольшей клеевой поверхностью, отличается крайне низкой уловистостью (ловушки K1–K5). Кроме того, обладая чрезмерно большой для своей конструкции площадью поверхности, ловушка «Квадро» в условиях высокой влажности очень плохо сохраняет свою форму (рис. 8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты полевых испытаний феромонных ловушек отечественного производства с синтетическим феромоном зимней пяденицы показали их высокую биологическую активность по отношению к этому вредителю, что позволяет использовать данные феромонные ловушки для выявления и мониторинга численности такого опасного вредителя леса, как зимняя пяденица *Operophtera brumata*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков С., Зимин Л., Руденко Д., Тупеневич С. Альбом вредителей и болезней сельскохозяйственных культур нечерноземной полосы европейской части СССР. – М.–Л.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1955, 488 с.
2. Корчагин В. Вредители и болезни плодовых и ягодных культур. – М.: Колос, 1971, 160 с.
3. Bestmann H., Brosche T., Koschatzky K., Michaelis K., Platz H., Roth K. and Vostrowsky O., 1982. 1,3,6,9-Nonadecatetraen, das Sexualpheromon des



Рис. 8. Внешний вид ловушки «Квадро» в условиях влажной погоды (фото авторов)

Fig. 8. Quadro trap in wet weather (photo by the authors)

In addition, having an excessively large surface area for its design, the Quadro trap retains its shape very poorly under conditions of high humidity (Fig. 8).

CONCLUSION

The results of field tests of Russian pheromone traps with synthetic common winter moth pheromone showed their high biological activity against this pest, which makes it possible to use these pheromone traps to identify and monitor the abundance of such a dangerous forest pest as *Operophtera brumata*.

REFERENCES

1. Volkov S., Zimin L., Rudenko D., Tupenevich S. Album of pests and diseases of agricultural crops of the non-chernozem belt of the European part of the USSR [Album vreditel'ey i bolezney selskokhozyaystvennykh kultur nechernozemnoy polosy yevropeyskoy chasti SSSR]. M.–L.: State publishing house of agricultural literature, 1955, 488 p. (in Russian).
2. Korchagin V. Pests and diseases of fruit and berry crops [Vrediteli i bolezni plodovykh i yagodnykh kultur]. M.: Kolos, 1971, 160 p. (in Russian).
3. Bestmann H., Brosche T., Koschatzky K., Michaelis K., Platz H., Roth K. and Vostrowsky O. 1,3,6,9-Nonadecatetraen, das Sexualpheromon des

Frostspanners *Operophtera brumata* (Geometridae). – *Tetrahedron Lett.*, 23: 4007–4010.

4. Roelofs W., Hill A., Linn C., Meinwald J., Jain S., Herbert H. and Smith R., 1982. Sex pheromone of the winter moth, a geometrid with unusually low temperature precopulatory responses. – *Science*, 217: 657–659.

5. Афонин А., Грин С., Дзюбенко Н., Фролов А. (ред.). Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения [DVD-версия]. 2008 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения: 02.11.2022).

6. Интернет-журнал «Живой лес» [Электронный ресурс]. – URL: <https://givoyles.ru> (дата обращения: 15.09.2022).

7. Российский центр защиты леса [Электронный ресурс]. – URL: http://wiki.rcfh.ru/index.php/пяденица_зимняя (дата обращения: 02.11.2022).

8. Экологический центр «Экосистема» [Электронный ресурс]. – URL: <http://ecosystema.ru> (дата обращения: 15.09.2022).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тодоров Николай Георгиевич, старший научный сотрудник – начальник отдела синтеза и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0002-8990-3411*, e-mail: todor-kol@mail.ru.

Растегаева Валентина Михайловна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией синтеза феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; e-mail: vrast@mail.ru.

Нестеренкова Анастасия Эдуардовна, научный сотрудник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; e-mail: anastasiiae@mail.ru.

Пономарев Владимир Леонидович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией испытания и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; e-mail: vladimir_l_ponomarev@mail.ru.

Frostspanners *Operophtera brumata* (Geometridae). *Tetrahedron Lett.*, 1982; 23: 4007–4010.

4. Roelofs W., Hill A., Linn C., Meinwald J., Jain S., Herbert H. and Smith R. Sex pheromone of the winter moth, a geometrid with unusually low temperature precopulatory responses. *Science*, 1982; 217: 657–659.

5. Afonin A., Green S., Dzyubenko N., Frolov A. (ed.). Agroecological Atlas of Russia and neighboring countries: economically significant plants, their diseases, pests and weeds [DVD version]. 2008 [Electronic resource]. URL: <http://www.agroatlas.ru> (last accessed: 02.11.2022).

6. Internet journal “Living Forest” [Electronic resource]. URL: <https://givoyles.ru> (last accessed: 15.09.2022).

7. Russian Center for Forest Protection [Electronic resource]. URL: http://wiki.rcfh.ru/index.php/пяденица_зимняя (last accessed: 02.11.2022).

8. Ecological center “Ecosystem” [Electronic resource]. URL: <http://ecosystema.ru> (last accessed: 15.09.2022).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikolai Todorov, Senior Researcher, Head of the Department of Pheromones Synthesis and Application, FGBU “VNIIEK”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0002-8990-3411*, e-mail: todor-kol@mail.ru.

Valentina Rastegaeva, PhD in Chemistry, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Pheromone Synthesis, FGBU “VNIIEK”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: vrast@mail.ru.

Anastasia Nesterenkova, Researcher, Forest Quarantine Department, FGBU “VNIIEK”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: anastasiiae@mail.ru.

Vladimir Ponomarev, PhD in Biology, Senior Researcher, Head of the Laboratory for Testing and Application of Pheromones, FGBU “VNIIEK”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: vladimir_l_ponomarev@mail.ru.