

*На правах рукописи*



Егорова Людмила Дмитриевна

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСНЫХ  
РАСТЕНИЙ ОТ ЗИМНЕЙ ПЯДЕНИЦЫ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Специальность 06.01.07 – защита растений

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов – 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова»

Научный руководитель – **Дубровин Владимир Викторович,**

доктор биологических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Белицкая Мария Николаевна,**

доктор биологических наук, профессор.

ФГБНУ «Всероссийский НИИ агролесомелиорации»,  
главный научный сотрудник;

**Девяткин Александр Михайлович,**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБОУ ВПО «Кубанский ГАУ», профессор

кафедры фитопатологии, энтомологии и защиты растений

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока»

Защита состоится 29 декабря 2014 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.05 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная площадь, д. 1. E-mail: dissovet01@sgau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» и на сайте [www.sgau.ru](http://www.sgau.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Нарушев Виктор Бисенгалиевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** На территории Нижнего Поволжья часто возникают вспышки массового размножения многих листогрызущих насекомых.

В Саратовской области снижение прироста стволовой древесины дуба от дефолиации составляют в среднем 20% ежегодно, что ведет к значительным экономическим потерям.

К числу наиболее опасных представителей листогрызущих насекомых в регионе относится зимняя пяденица (*Operophtera brumata* L.).

В связи с этим особую актуальность приобретает разработка научно обоснованной технологии защиты древесных растений от данного вредителя.

Это, в свою очередь невозможно без разработки усовершенствованных методов учета численности и прогноза вредоносности, которые необходимы при принятии решения о необходимости защитных мероприятий.

Также важно изучение экологических особенностей вредителя, поскольку для назначения сроков защитных мероприятий необходимо иметь достаточно полные данные о сроках наступления фенологических фаз развития насекомого.

**Степень разработанности проблемы.** Основополагающие работы по вопросам динамики численности и борьбе с вредными лесными насекомыми были проведены во второй половине 20 века [Викторов, 1955, 1960, 1969, 1971, 1975; Ильинский, 1961; Воронцов, 1963, 1967, 1978, 1984, 1988, 1991, 1995; Исаев, Хлебоброс, 1974, 1977; Крушев, 1978; Исаев, 1984].

Наиболее обширные исследования по изучению биологических особенностей зимней пяденицы на территории нашей страны проводились в Ленинградской области [Кожанчиков, 1947, 1950], Воронежской области [Моравская, 1960; Рубцов, Рубцова, 1984; Дубровин, 2005], а также на территории Саратовской области [Дубровин, 2005].

Отдельные вопросы биологии вредителя рассмотрены в работах Марковца [1948], Селищенской [1948], Кононовой [1964].

Изучением зимней пяденицы занимались также в Великобритании [Варли, Градуэлл, Хасселл, 1978; Holliday, 1983], Чехии [Mrkva, 1968], Канаде [Cuming, 1961; MacPhee, 1967; MacPhee et. al., 1988; Embree, 1970, 1991; Gillespie et. al., 1978; Topp, Kirsten, 1991].

Вопросы защиты древесных растений от зимней пяденицы рассматриваются в работах ряда авторов [Воронцов, 1995; Дубровин, 2005; Мешкова, Давиденко, 2008; Бахвалов, 2010; Симоненкова, 2011].

Однако, несмотря на длительные исследования в области защиты древесных растений от зимней пяденицы, эффективная и экологически обоснованная технология защиты от данного вредителя в Нижнем Поволжье разработана недостаточно.

**Цель исследований** – разработать научно обоснованную технологию защиты древесных растений от зимней пяденицы в Нижнем Поволжье.

Задачи исследований:

- выявить очаги формирования вспышек массового размножения, стациональную приуроченность и кормовые породы вредителя;
- изучить фенологические особенности зимней пяденицы в зависимости от изменения метеорологических факторов для установления оптимальных сроков проведения защитных мероприятий;
- установить характер распределения фитофага в пространстве древостоев для разработки усовершенствованных методов учета вредителя на различных фазах развития;
- изучить факторы популяционной динамики зимней пяденицы для выявления регулирующей роли факторов среды;
- разработать методику прогноза вредоносности фитофага для определения необходимости проведения защитных мероприятий;
- исследовать возможность применения посева нектароносных растений как способа борьбы с зимней пяденицей;
- установить эффективность биологических и химических препаратов в защите древесных растений от зимней пяденицы.

**Научная новизна.** Впервые для условий Нижнего Поволжья разработан экспресс–метод учета бабочек зимней пяденицы, позволяющий в полевых условиях определить плодовитость самок вредителя.

Разработаны методы прогноза вредоносности зимней пяденицы.

Впервые в условиях Нижнего Поволжья был использован метод привлечения энтомофагов путем посева нектароносных растений как способ борьбы с зимней пяденицей в комплексе мероприятий по защите древесных растений.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Выявлены особенности развития очагов зимней пяденицы в конкретных лесорастительных условиях на территории Нижнего Поволжья.

Детально изучено пространственное распределение зимней пяденицы в насаждениях.

Найдены параметры и модели распределения, на основе которых разработаны статистически обоснованные методы учета вредителя.

Проанализирована популяционная динамика зимней пяденицы с использованием таблицы выживаемости.

Выявлены ключевые механизмы регуляции численности вредителя, вызывающие наибольшую смертность за генерацию, а также спектр природных энтомофагов.

Предложенный метод прогноза позволяет оценить угрозу объедания насаждений с целью назначения защитных мероприятий.

Разработана научно обоснованная технология защиты древесных растений от зимней пяденицы и дана ее экономическая оценка.

**Методология и методы исследования.** Методология работы основана на анализе научных публикаций отечественных и зарубежных авторов. Исследования включали полевые и лабораторные наблюдения и эксперименты, а также статистический анализ полученных результатов.

**Положения, выносимые на защиту:**

- условия образования очагов зимней пяденицы;

- особенности развития и распространения зимней пяденицы в древесных насаждениях;

- динамика численности зимней пяденицы;

- оптимизация методов учета зимней пяденицы;

- прогнозирование вредоносности зимней пяденицы;

- научно обоснованная технология защиты древесных растений.

**Степень достоверности результатов** обеспечена использованием общепринятых методик по закладке и проведению опытов, а также математической обработкой экспериментальных данных методами корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов.

**Апробация результатов исследований.** Основные положения диссертационной работы докладывались на научных конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова (Саратов, 2012–2014), на международных научно-практических конференциях Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова: «Вавиловские чтения» (Саратов, 2012, 2013), на международной научно-практической конференции Воронежского государственного аграрного университета: «Развитие аграрного сектора экономики в условиях глобализации» (Воронеж, 2013).

**Публикации.** По материалам диссертационного исследования опубликовано 9 научных работ, в том числе 3 в изданиях, включенных в перечень ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и рекомендаций производству общим объемом 164 страницы компьютерного текста. Работа содержит 30 таблиц, 21 рисунок, 15 приложений. Список используемой литературы включает 260 наименований, в том числе 138 на иностранном языке.

**Личный вклад.** Соискатель принимал участие в разработке программы исследований, проводил полевые и лабораторные опыты. Статистическая обработка данных проводилась автором, анализ полученных результатов, выполнен автором с редакцией руководителя.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

*Во введении и первой главе* дается аналитический обзор имеющихся в литературе данных по образованию очагов и приуроченности зимней пяденицы к определенным станциям и кормовым породам [Моравская, 1960; Рубцов, Рубцова, 1984; Дубровин, 2005; Tikkanen et. al. 2000, 2002, 2006]; биологии и фенологии вредителя [Кожанчиков, 1947, 1950; Марковец, 1948; Селищенская, 1948; Моравская, 1960; Кононова, 1964; Рубцов, Рубцова, 1984; Дубровин, 2005; Mrkva, 1968; Cuming, 1961; MacPhee, 1967; MacPhee et. al., 1988; Embree, 1970, 1991; Gillespie et. al., 1978; Тopp, Kirsten, 1991]; по динамике численности насекомых и борьбе с вредителями [Викторов, 1955, 1960, 1969, 1971, 1975; Ильинский, 1961; Воронцов, 1963, 1967, 1978, 1984, 1988, 1991, 1995; Исаев, Хлебопрос, 1974, 1977; Варли, Градуэлл, Хасселл, 1978; Крушев, 1978; Исаев, 1984; Дубровин, 2005; Бахвалов и др., 2007; Мартемьянов, Бахвалов, 2007; Мешкова, Давиденко, 2008; Бахвалов, 2010; Симоненкова, 2011; Solomon, 1957; Holliday, 1983; Roland, 1987, 1988, 1994, 1995].

*Во второй главе описываются условия района проведения исследований и методика работы.*

Исследования выполнялись в период с 2012 по 2014 годы на стационарных площадях, заложенных на территории Энгельсского и Саратовского лесничеств, леспаркхоза «Кумысная поляна» и в лесополосах НИИСХ Юго–Востока, в насаждениях с различной лесоводственно–таксационной характеристикой.

Климат Саратовской области умеренно–континентальный, с достаточно жарким летом и холодной, малоснежной зимой, а также хорошо выраженными переходными сезонами. Протяженность зимы в среднем 139 дней, абсолютный минимум температур может достигать  $-38^{\circ}\text{C}$ . Снежный покров наблюдается с декабря до конца марта. Для районов Правобережья годовая сумма осадков составляет 400–460 мм, а для Левобережья – 275–360 мм, при этом на теплый период приходится 59–73% от их количества.

Изучение фенологических и биологических особенностей проводилось каждые 3–5 дней на постоянных маршрутных ходах, расположенных в очагах размножения фитофага. Точки учета размещались равномерно по маршрутному ходу [Дубровин, 2005].

Учет численности гусениц проводился в верхней, средней и нижней частях кроны на концевых ветвях, имеющих 15–25 точек роста при помощи сучкореза. При этом учитывались сопутствующие виды насекомых и производилась оценка степени объедания деревьев [Наставления по надзору, учету и прогнозу хвое- и листогрызущих насекомых в европейской части РСФСР, 1988].

Учет куколок зимней пяденицы проводился методом почвенных раскопок [Осмоловский, 1964].

Бабочек подсчитывали на клеевых кольцах [Моравская, 1960; Уткина, 2011], а также с помощью разработанного нами метода, который заключается в закреплении вокруг ствола лент из миллиметровой бумаги шириной 10 см с целлофановой защитной пленкой. На пленку наносят энтомологический клей и проводят учет прилипших бабочек самок зимней пяденицы.

Динамика лета бабочек в течение суток устанавливалась путем отлова самцов на специально сконструированную световую ловушку с одновременным слежением за активностью самок на клеевых кольцах.

При анализе динамики численности вредителя на различных фазах развития результаты учетов переводились на унифицированную единицу учета, равную 100 точкам роста.

Для разработки плана последовательного учета гусениц зимней пяденицы была применена методика Е. А. Купо [1969], основанная на уравнении связи дисперсии и средней (1):

$$S^2 = (\alpha + 1) \cdot m + (\beta - 1) \cdot m^2, \quad (1)$$

где  $S^2$  – дисперсия;

$m$  – средняя плотность популяции, экз./м<sup>2</sup>;

$\alpha$  и  $\beta$  – постоянные характеристики.

Применялась также существующая в статистике формула определения объема выборки на заданном уровне вероятности (2):

$$n = \frac{t^2 S^2}{\bar{x} \varepsilon^2}, \quad (2)$$

где  $t$  – критерий Стьюдента;

$S^2$  – дисперсия;

$\bar{x}$  – средняя численность, шт.;

$\varepsilon$  – относительная точность учета.

Составление таблиц выживаемости и обработка материалов проводилось по методикам В.В. Страхова [1974]; А.И. Воронцова [1978]; Дж.К. Варли, Дж.Р. Градуэлла [1978]; D.G. Harcourta [1969].

Система прогноза степени объедания древостоев основана на методике, описанной в книге «Методы мониторинга вредителей и болезней леса» [2004].

Испытание препаратов проводилось на территории Энгельсского лесничества.

Схема опыта:

1. Контроль (обработка водой);
2. Лепидоцид, СК 10 млрд спор/г, с нормой расхода 3 л/га;
3. Битоксибациллин, П 20 млрд спор/г, с нормой расхода 3 л/га;
4. Актеллик, КЭ 500 г/л, с нормой расхода 1 л/га;
5. Битоксибациллин, П 20 млрд спор/г, с нормой расхода 2 л/га + 1/20 нормы расхода актеллика, КЭ (500 г/л);
6. Битоксибациллин, П 20 млрд спор/г, с нормой расхода 2 л/га + нектароносы.

Препараты испытывались в 4–х кратной повторности. Обработка проводилась с помощью ранцевого опрыскивателя. Площадь каждой учетной делянки составляла 50 м<sup>2</sup>, на каждой из них обрабатывалось по 4 дерева.

Нектароносные растения высевались в очагах зимней пяденицы на участках размером 1×10 м. В качестве нектароноса был выбран укроп (*Anethum graveolens* L.). При подзимнем посеве (конец октября – начало ноября) период цветения это-

го растения наступает раньше и совпадает с присутствием в природе гусениц зимней пяденицы.

Полученный в результате исследований материал обрабатывался математическими методами с помощью дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов [Плохинский, 1970, Свалов, 1975, Доспехов, 1979], а также с использованием программ Microsoft Office Excel и Statistica 6.0.

***В третьей главе отражены результаты исследований по особенностям развития зимней пяденицы и образования очагов вредителя.***

В наших исследованиях очаги зимней пяденицы были обнаружены в насаждениях с различной лесоводственно–таксационной характеристикой, при этом самый высокий показатель численности был зафиксирован в пойменной и боромятликовой дубравах III – IV с полнотой 0,7–0,8.

Очаги развивались и в снытьевой дубраве IV бонитета с полнотой 0,5 (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика насаждений в очагах зимней пяденицы (среднее за 2012-2014 гг.)

Пробная площадь	Состав насаждений	Возраст насаждений, лет	Высота, м	Диаметр, см	Ярус	Бонитет	Полнота	Тип леса	Средняя численность гусениц на 100 точек роста, шт.
1	10Д	45	14	20	1	III	0,8	дубрава пойменная	5,31±0,42
2	5ДНН4ЛП1КЛО	45	13	16	1	IV	0,7	дубрава боромятликовая	4,82±0,29
3	9Д1Б	78	15	24	1	IV	0,5	дубрава снытьевая	3,45±0,36
4	8Д1КЛО1 Вз+Ос	82	20	12	1	IV	0,7	полезащитная лесополоса	2,47±0,29

Примечание: 1 - Энгельское лесничество, 2 -леспаркхоз «Кумысная поляна», 3 - Саратовское лесничество, 4 – полеззащитные лесополосы НИИСХ Юго-Востока.

Для выявления предпочитаемых зимней пяденицей пород была проведена сравнительная оценка численности гусениц вредителя на различных видах деревьев (таблица 2).

Таблица 2 – Численность гусениц зимней пяденицы, масса куколок- самок и выживаемость яиц после перезимовки на различных кормовых породах (среднее за 2012-2014 гг.)

Кормовая порода	Среднее число гусениц зимней пяденицы на 100 точек роста, шт.	Средняя масса куколок-самок, г	Среднее число яиц, шт.	Число жизнеспособных яиц после перезимовки, шт.	Выживаемость яиц после перезимовки, (W),%
Дуб черешчатый ранней формы <i>Quercus robur L.</i>	4,27 ± 0,24	0,17 ± 0,14	182 ± 6,8	163 ± 7,2	89,6
Ясень зеленый <i>Fraxinus excelsior Borkh.</i>	0,8 ± 0,32	0,09 ± 0,24	123 ± 10,2	81 ± 8,6	65,9
Осина обыкновенная <i>Populus tremula L.</i>	0,52 ± 0,18	0,05 ± 0,02	108 ± 12,5	61 ± 11,3	56,5
Яблоня лесная <i>Malus sylvestris L.</i>	0,4 ± 0,21	0,08 ± 0,11	115 ± 14,7	72 ± 13,2	62,6
Вяз обыкновенный <i>Ulmus laevis L.</i>	1,15 ± 0,67	0,10 ± 0,12	159 ± 9,4	141 ± 8,7	88,4
Клен <i>Acer platanoides L.</i>	0,63 ± 0,83	0,06 ± 0,08	136 ± 10,2	97 ± 9,3	71,3
Ффакт.> Фтеор. НСР <sub>0,95</sub>	0,2	0,03	14	12	

Данные таблицы 2 показывают, что наибольшая численность вредителя наблюдалась на дубе черешчатом и составляла в среднем 4,27 гусениц на 100 точек роста, наиболее неблагоприятными породами для развития гусениц были осина и клен, численность фитофага здесь была значительно ниже и составляла соответственно 0,52 и 0,63 гусеницы на 100 точек роста.

Наиболее благоприятной породой для развития гусениц является дуб черешчатый ранней формы. Такие показатели, как средняя масса куколок-самок и выживаемость яиц после перезимовки были выше, чем на других породах и составляли соответственно 0,17 г и 89,6%.

На ясене и вязе масса куколок-самок была ниже (0,09 г и 0,10 г), однако величина выживаемости при развитии на вязе оставалась на достаточно высоком уровне и составляла 88,4 %.

Для выявления стациальной приуроченности зимней пяденицы к различным лесорастительным условиям было изучено распределение величины плодовитости и рассчитан коэффициент асимметрии, который характеризует меру скошенности показателя от нормального распределения (таблица 3).

Таблица 3 – Плодовитость бабочек зимней пяденицы и коэффициент асимметрии при питании на различных породах (среднее за 2012–1014 гг.)

Порода	Дуб		Вяз	
	45	60	30	50
Возраст, лет	45	60	30	50
Средняя плодовитость, шт. яиц	204±11	159±8	172±6	146±5
Коэффициент асимметрии	0,202	0,300	0,265	0,317

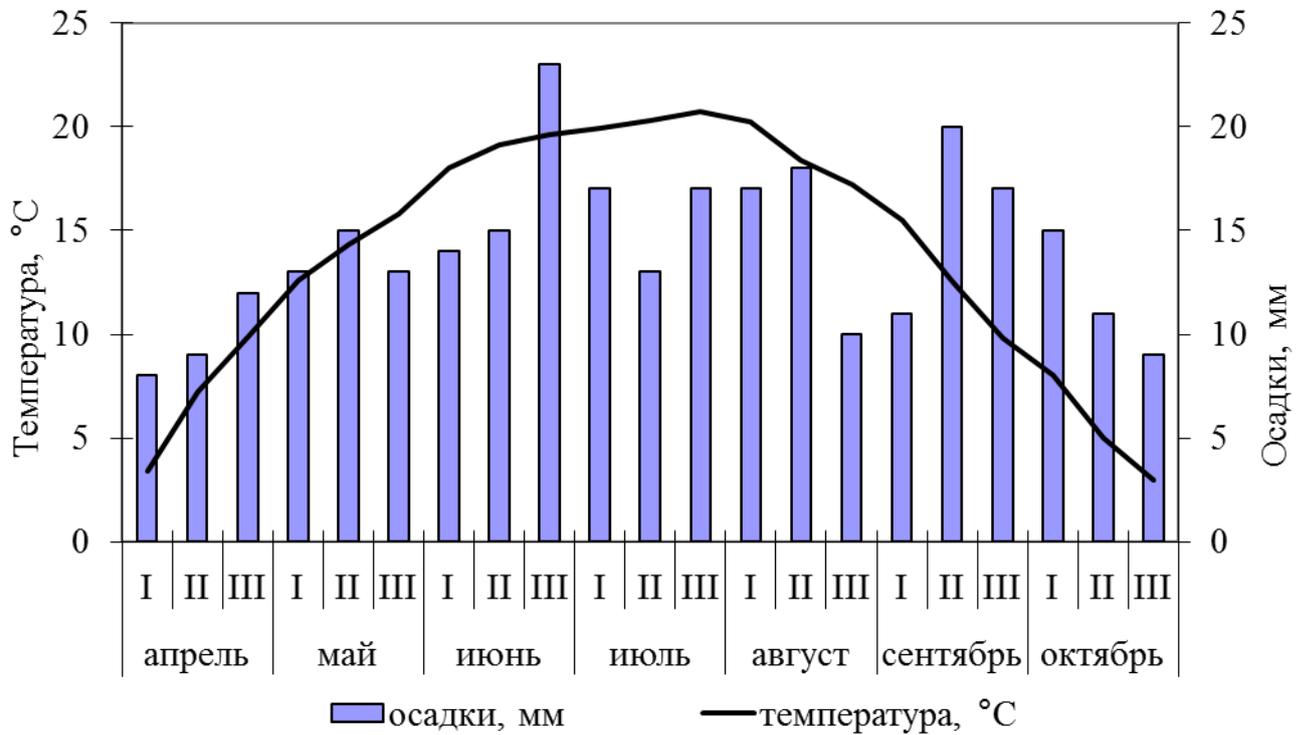
Исходя из данных таблицы 3, наиболее благоприятные условия для развития вредителя складываются на дубе (45 лет) и вязе (30 лет), так как величина плодовитости здесь выше – соответственно 204 и 172 шт. яиц, а коэффициент асимметрии меньше – соответственно 0,202 и 0,265.

Для выявления фенологических особенностей вредителя производился учет сроков наступления фаз онтогенеза с одновременной оценкой накапливающихся положительных температур воздуха. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Фенологические особенности развития зимней пяденицы в зависимости от накопления сумм среднесуточных положительных температур воздуха (среднее за 2012–1014 гг.)

Фаза развития	Дата	Срок развития (фаза/дни)	Сумма среднесуточных положительных температур, °С
Появление первых гусениц	22.04	<u>гусеница</u> 21	310
Массовый выход гусениц	25.04		
Появление первых куколок	13.05	<u>куколка</u> 147	2982
Массовое окукливание	15.05		
Конец окукливания	21.05		
Появление первых бабочек	5.10	<u>бабочка</u> 33	300
Начало массового лета	22.10		
Конец лета	9.10		

По наблюдениям за развитием зимней пяденицы и влиянием метеоусловий на продолжительность отдельных фаз онтогенеза составлена феноклимограмма (рисунок 1).



		апрель			май			июнь			июль			август			сентябрь			октябрь				
ГОДЫ	1																				В	В	В	
																						Я	Я	Я
	2	Я	Я	Я	Я																			
				Г	Г	Г	Г	Г																
								К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	
																							В	В

Рисунок 1 – Феноклимограмма развития зимней пяденицы.  
 Я – яйцо; Г – гусеница; К – куколка; В – взрослое насекомое

*В четвертой главе приведены результаты исследований динамики численности зимней пяденицы.*

Составление таблиц выживаемости дает возможность изучить роль отдельных факторов, влияющих на плотность популяции, что является основной задачей в исследованиях динамики численности насекомых.

Согласно исследованиям, на выживаемость яиц влияют абиотические факторы, смертность на этой стадии не превышает 18,3% (таблица 5).

Таблица 5 – Таблица выживаемости зимней пяденицы в насаждениях (среднее за 2012-2014 гг.)

Фазы развития	Численность, шт. на 100 точек роста	Факторы смертности	Число погибших, шт. на 100 точек роста	Смертность, %
Яйца	76,22	Хищники	1,52	2,0
		Абиотические факторы	12,43	16,3
			13,95	18,3
Гусеницы I – III возрастов	62,27	Асинхронность отрождения гусениц и распускания почек на дубе	27,79	44,6
		Хищники	3,86	6,2
			31,65	50,8
Гусеницы IV – V возрастов	30,62	Паразиты	0,83	2,7
		Болезни	0,31	1,0
		Хищники	5,66	18,5
		Межвидовая и внутривидовая конкуренция	14,36	46,9
		Неустановленные причины	1,54	5,0
			25,7	74,1
Куколки	4,82	Паразиты	0,12	2,5
		Хищники	2,38	49,4
		Неустановленные причины	0,14	2,9
			2,64	54,8
Бабочки	2,43			
За поколение			73,94	96,7

Смертность гусениц I–III возрастов достигала 50,8%. Основное влияние на численность вредителя на этой стадии оказывала асинхронность распускания почек и отрождения гусениц.

Среди энтомофагов зимней пяденицы, нами были выявлены следующие виды:

- хищники гусениц

- младших возрастов: красотел бронзовый *Calosoma inquisitor* L., мертвоед четырехточечный *Xylodrepa quadripunctata* Sehr.;
- старших возрастов: скакун простой *Cicindela soluta* Dej., мягкотелка бурая *Cantharis fusca* L., платизма медная *Pterostichus cupreus* L., стафилинид *Philonthus* sp.;

- паразиты:

- гусениц: хальцид *Eulopus larvarum* L., тахина *Blondelia nigripes* Fall., ихневмонид *Agrypon flaveolatum* L. и бракониды *Apanteles sericeus* Ratzb. и *Ascogaster rufidens* Wesm.;
- куколок: ихневмонид *Pimpla spuria* Grav.

***В пятой главе приводятся разработанные методики оптимизированного учета численности зимней пяденицы и прогноза ее вредоносности.***

**Учет гусениц зимней пяденицы.** План последовательного учета гусениц зимней пяденицы был построен на основе уравнений (1) и (2), а также выявленной в ходе исследований зависимости дисперсии от средней численности, которая была выражена уравнением (3):

$$S^2 = 0,887 \bar{x} + 0,216 \bar{x}^2, \quad (3)$$

$$\eta = 0,889; P > 0,95$$

где  $S^2$  – дисперсия;

$\bar{x}$  – средняя численность гусениц, шт.;

$\eta$  – индекс корреляции;

P – доверительная вероятность.

График последовательного учета позволяет определить численность вредителя с заданной точностью в два этапа (рисунок 2).

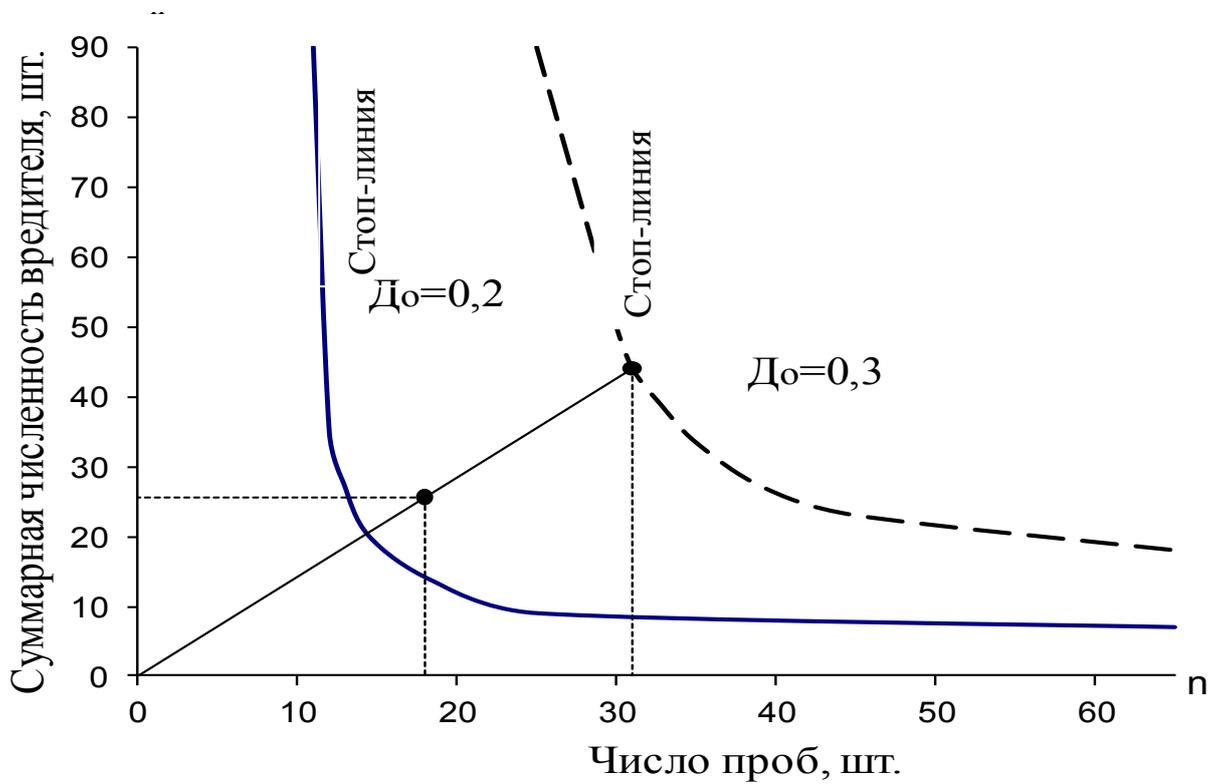


Рисунок 2 – График последовательного учета гусениц зимней пяденицы для двух уровней допустимой ошибки

После предварительной выборки на оси ординат отмечают точку суммарного количества гусениц и продолжают прямую до пересечения со стоп-линией, а затем из этой точки опускают перпендикуляр на ось абсцисс и находят общий объем выборки.

**Учет бабочек-самок зимней пяденицы.** Связь между дисперсией и средней численностью была выражена параболой второго порядка (4):

$$S^2 = -0,016\bar{x} + 1,72\bar{x}^2, \quad (4)$$

где  $S^2$  – дисперсия,

$\bar{x}$  – средняя численность, шт.

Используя уравнения (1) и (2) и выявленную зависимость между дисперсией и средней численностью, получили таблицу 6.

Таблица 6 – Объем выборки для получения оценки средней численности бабочек–самок зимней пяденицы с заданной точностью

Средняя численность бабочек–самок, шт.	Количество учетных единиц, шт. при относительной точности учета, $\varepsilon$	
	0,2	0,3
0,5	85	38
1	43	19
2	21	9
3	14	6
4	10	5
5	8	4
6	7	3
7	6	3
8	5	2
9	4	2
10	4	2

Для использования этой таблицы на практике необходимо сначала по предварительной выборке определить среднюю численность бабочек зимней пяденицы на дерево. Затем по ней находим число учетных единиц, необходимое для оценки средней численности бабочек с заданной точностью.

Количественный учет бабочек без анализа плодовитости самок не дает точных прогностических результатов, так как число отложенных яиц сильно варьирует по годам и районам.

Из-за особенностей откладки яиц самками зимней пяденицы, учет вредителя на этой фазе практически невозможен.

Поэтому численность самок необходимо соотнести с числом яиц, что можно сделать, учитывая установленную в ходе исследований связь плодовитости с шириной брюшка, которая была выражена уравнением (5):

$$y = -6,39x^2 + 141,89x - 173,51, (5)$$

$$S_y = \pm 17,15$$

где  $y$  – плодовитость бабочки-самки, шт. яиц;

$x$  – ширина брюшка, мм;

$S_y$  – стандартная ошибка модели.

Для удобства практического использования, по этому уравнению была составлена таблица 7.

Таблица 7 – Плодовитость бабочек–самок зимней пяденицы в зависимости от ширины брюшка

Ширина брюшка, мм	Плодовитость, шт. яиц	Ширина брюшка, мм	Плодовитость, шт. яиц
1,5	25	2,5	141
1,6	37	2,6	152
1,7	49	2,7	163
1,8	61	2,8	174
1,9	73	2,9	184
2,0	85	3,0	195
2,1	96	3,1	205
2,2	108	3,2	215
2,3	119	3,3	225
2,4	130	3,4	235

Далее необходимо перевести полученное значение на 100 точек роста.

То есть для оценки численности яиц вредителя на 100 точек роста ( $n$ ), необходимо произвести вычисления по следующей формуле (6):

$$n = \frac{a \times b \times 100}{38,9d + 7,2d^2}, \quad (6)$$

где  $a$  – число бабочек-самок на 1 дерево, шт.;

$b$  – средняя плодовитость самок, шт. яиц;

$d$  – диаметр дерева, см.

В полевых условиях пользоваться такими вычислениями достаточно сложно. Поэтому, чтобы максимально упростить эти расчеты, формула (2) была приведена к следующему виду:

$$n = a \times C, \quad (7)$$

где  $a$  – число бабочек-самок на 1 дерево, шт.;

$C$  – коэффициент, определяемый по таблице 8.

Таблица 8 – Таблица для определения коэффициента С, позволяющего перевести численность зимней пяденицы на экологическую плотность (на 100 точек роста)

Диаметр ствола, см \ Плодовитость, шт. яиц	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	...
...												
100	9,02	6,65	5,11	4,06	3,30	2,73	2,30	1,97	1,70	1,49	1,31	
110	9,92	7,32	5,62	4,46	3,63	3,01	2,53	2,17	1,87	1,63	1,44	
120	10,82	7,98	6,14	4,87	3,96	3,28	2,76	2,36	2,04	1,78	1,57	
130	11,72	8,65	6,65	5,27	4,29	3,55	2,99	2,56	2,21	1,93	1,70	
140	12,62	9,31	7,16	5,68	4,62	3,83	3,23	2,76	2,38	2,08	1,83	
150	13,53	9,98	7,67	6,08	4,95	4,10	3,46	2,95	2,55	2,23	1,96	
...												

Примечание: из-за большого объема в таблице представлена лишь часть данных

Коэффициент С показывает, какой бы была заселенность учетного дерева яйцами зимней пяденицы (на 100 точек роста), в зависимости от плодовитости и диаметра ствола, если бы численность самок составляла 1 особь на дерево.

Таким образом, чтобы получить численность яиц на 100 точек роста, необходимо численность бабочек на 1 дерево умножить на коэффициент С.

**Прогнозирование степени объедания древостоев** проводится по графикам при учете гусениц (рисунок 3) или бабочек-самок (рисунок 4).

Например, учет гусениц зимней пяденицы на 5 модельных ветвях показал численность в 10 экз. на 100 точек роста.

Откладываем это значение на графике 3. Это значение попадает в зону неопределенности, поэтому нельзя делать заключение о заселенности участка и необходимо продолжить учет.

Следующий этап учета проводим также на 5 ветвях.

Он показал численность в 15 экз. на 100 точек роста. Суммируем эти значения и получаем 25 экз. на 100 точек роста. Эта величина попадает в зону, соответствующую высокой заселенности.

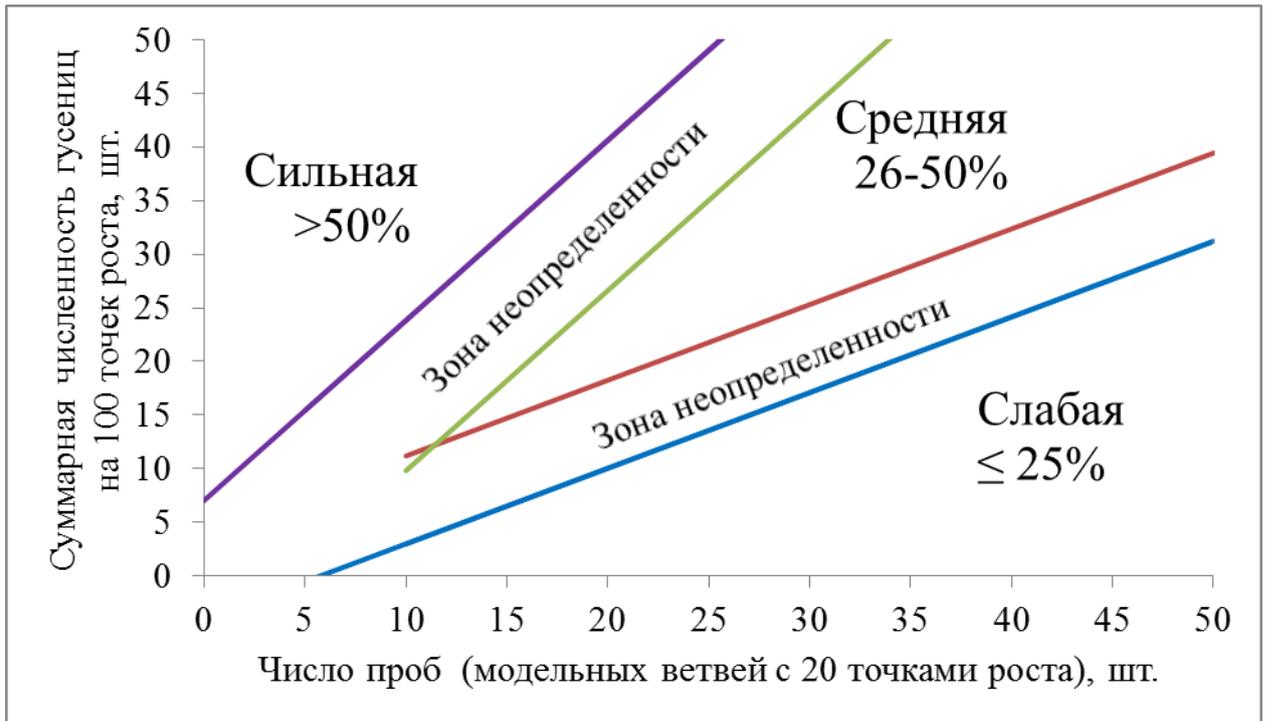


Рисунок 3 – График прогноза вредоносности гусениц зимней пяденицы

Следовательно, можно сделать вывод, что заселенность данного участка высокая, и прекратить учет.

Аналогично проводится прогноз предстоящей степени объедания древосто-ев по численности бабочек-самок.

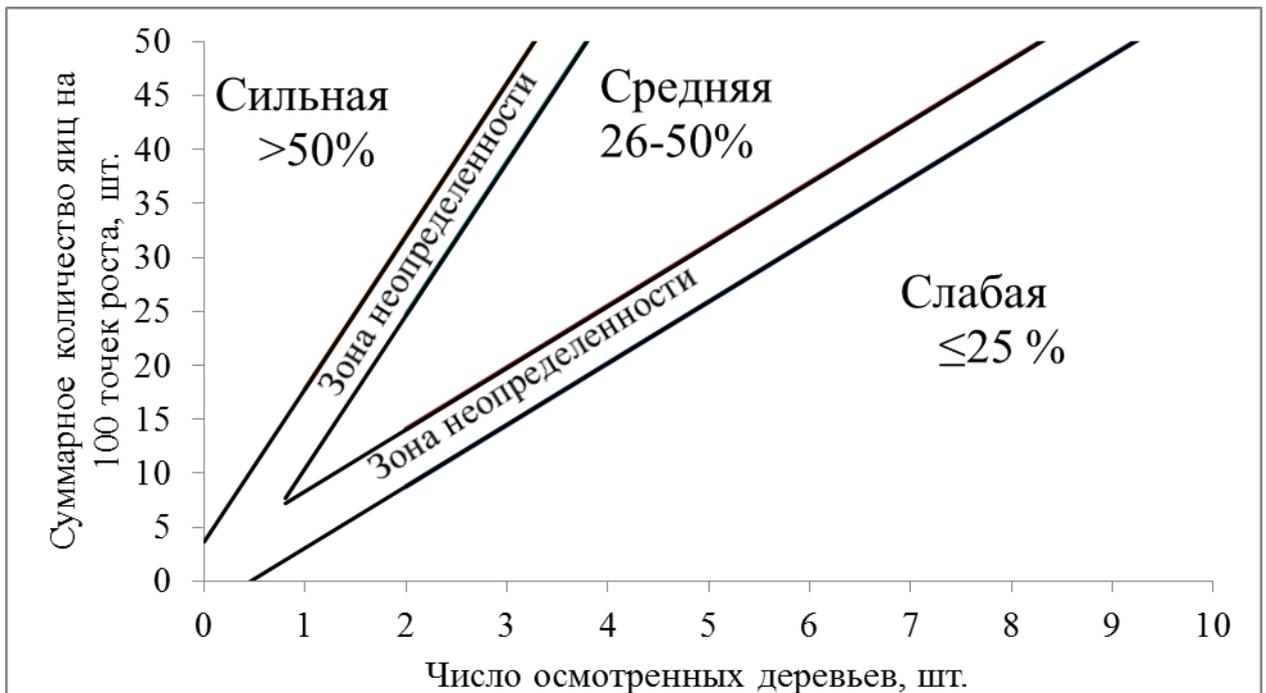


Рисунок 4 – График прогноза вредоносности зимней пяденицы на основе учета бабочек-самок

*В шестой главе приводятся результаты испытания средств защиты растений от зимней пяденицы и метода посева нектароносов.*

Основой для разработки мероприятий по защите растений от зимней пяденицы послужили усовершенствованные методики учета и прогноза, а также испытания инсектицидов и оценка эффективности привлечения энтомофагов путем посева нектароносов.

**Эффективность посева нектароносных растений.** Была произведена оценка зараженности гусениц и куколок зимней пяденицы энтомофагами на опытном и контрольном участках (таблица 9).

Таблица 9 – Эффективность посева нектароносных растений  
(среднее за 2013-2014 гг.)

Показатели	Контрольный участок	Участок с посевом укропа
Степень объедания деревьев, %	50–60	30–40
Процент заражения энтомофагами:		
- гусеницы	8	15
- куколки	6	17

Как видно из таблицы, на участке с посевом нектароносов количество зараженных энтомофагами гусениц увеличивалось с 8 до 15%, куколок – с 6 до 17%.

При этом установлено, что процент объедания листвы дуба на опытном участке на 20 % ниже, чем на контроле.

Таким образом, привлечение энтомофагов с помощью посева нектароносов может снизить вредоносность вредителя, однако данный метод не может полностью заменить применение химических и микробиологических препаратов.

Самую высокую эффективность в очаге зимней пяденицы показала смесь микробиологического препарата битоксибациллин, П 20 млрд спор/г и 1/20 нормы расхода 50% к. э. актеллика – 95,8% (таблица 10).

Таблица 10 – Биологическая и экономическая эффективность применения химических и биологических препаратов против зимней пяденицы (среднее за 2012 – 2014 гг.)

Варианты опыта	Норма расхода препарата, кг./га, л/га	Общая эффективность препаратов, %	Стоимость сохраненного прироста, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
Контроль	0	0	0	0	0
Лепидоцид, СК 10 млрд спор/г	3,0	93,2	3426,1	2728,1	390,9
Битоксибациллин, П 20 млрд спор/г	3,0	81,6	3002,5	2068,5	221,5
Актеллик, КЭ 500 г/л	1,0	92,8	3426,1	1744,1	103,7
Битоксибациллин, П 20 млрд спор/г, + 1/20 нормы расхода актеллик, КЭ (500 г/л)	2,0+0,05	95,8	3536,6	2528,5	250,8
Битоксибациллин, П 20 млрд спор/г, + нектароносы	2,0	86,7	3186,7	2052,7	181,0
Fфакт.> Fтеор. НСР <sub>0,95</sub>		2,99			

Высокая эффективность была также отмечена при применении лепидоцида (93,2%) и актеллика (92,8%).

Эффективность применения битоксибациллина составила 81,6%.

Рентабельность применения препаратов колебалась от 103,7 до 390,9 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории Нижнего Поволжья часто возникают вспышки массового размножения зимней пяденицы, объедание крон деревьев составляет до 85 %.

Предпочитаемыми породами для питания гусениц зимней пяденицы являются дуб черешчатый ранней формы и вяз обыкновенный.

Гусеницы появляются в природе в среднем 22 апреля. Развитие их происходит в среднем за 21 день при накоплении сумм среднесуточных положительных температур 310 °С.

Развитие куколок длится в среднем 147 дней и заканчивается при накоплении сумм среднесуточных положительных температур 2982 °С.

Лет бабочек продолжается в среднем 33 дня. Сумма среднесуточных положительных температур за этот период составляет в среднем 300°С.

Средняя плодовитость бабочек составляла 172 яйца.

Как показали исследования, плодовитость бабочек самок тесно связана с шириной брюшка. Выявленная зависимость позволила создать модель, которая позволяет определить плодовитость самок по ширине брюшка.

Наибольшая смертность вредителя обусловлена внутривидовой и межвидовой конкуренцией гусениц старших возрастов и уничтожением куколок хищниками.

Среди энтомофагов наибольшее значение имеют паразиты гусениц ихневмонид *Agrypon flaveolatum* L. и браконид *Apanteles sericeus* Ratzb., среди хищников куколок были выявлены такие виды, как платизма медная *Pterostichus cupreus* L., скакун простой *Cicindela soluta* Dej., стафилинид *Philonthus* sp. и мягкотелка бурая *Cantharis fusca* L.

На основании выявленных параметров пространственного распределения зимней пяденицы, разработаны статистически обоснованные методики учета ее численности на различных фазах развития.

Предлагаемая методика учета бабочек с помощью миллиметровой бумаги позволяет сократить затраты рабочего времени в 2,5 раза.

Для планирования и назначения защитных мероприятий против зимней пяденицы были построена методика прогноза угрозы предстоящего объедания насаждений.

Создание участков нектароносов позволяет увеличить долю зараженных энтомофагами гусениц с 8 до 15%, куколок – с 6 до 17%.

При этом степень объедания листвы дуба на опытных участках была на 20 % ниже, чем на контроле.

Однако данный метод не может полностью заменить применение химических и биологических препаратов.

Среди изучаемых препаратов наибольшую биологическую эффективность показала смесь микробиологического препарата битоксибацилина, П 20 млрд спор/г и 1/20 нормы расхода 50% к. э. актеллика – 92,8 %.

Высокая эффективность была также отмечена при применении лепидоцида – 93,2%.

Эффективность применения битоксибацилина составила 81,6 %.

Стоимость сохраненного прироста изменялась в зависимости от эффективности препаратов от 3002,5 до 3536,6 руб./га, а рентабельность колебалась от 103,7 до 390,9%.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ**

Для повышения эффективности защиты древесных растений от зимней пяденицы рекомендуются следующие мероприятия:

- надзор за вредителем проводить в пойменных и боромятликовых дубравах III, IV бонитетов с полнотой 0,6 – 0,7 в возрасте 45–70 лет, которые являются станциями для развития и образования очагов вредителя;
- для сокращения затрат рабочего времени на учетные работы, предлагается использовать графики последовательного учета, а также разработанный метод учета бабочек с помощью миллиметровой бумаги;

- при назначении защитных мероприятий, необходимо учитывать степень возможного объедания древостоев, которая может быть установлена по разработанным графикам прогноза вредоносности зимней пяденицы;
- при прогнозе объедания насаждений выше 50%, необходимо провести обработку биологическим препаратом лепидоцид, СК, 10 млрд спор/г с нормой расхода 3 л/га или баковой смесью битоксибациллина, П 20 млрд спор/г 2 кг/га и 0,05 л/га 50% к. э. актеллика;
- для создания участков с нектароносными растениями, необходимо высевать укроп осенью, при наступлении устойчивых холодов из расчета 10 м<sup>2</sup> на гектар насаждений.

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Дубровин, В.В. Усовершенствованная методика учета гусениц зимней пяденицы (*Operophtera brumata* L) в насаждениях Саратовской области / В.В. Дубровин, Л.Д. Егорова // Научное обозрение. – 2013. – № 10. – С. 43-49. (0,44 п.л.; авт. – 0,22)
2. Дубровин, В.В. Особенности образования очагов и стациональная приуроченность зимней пяденицы (*Operophtera brumata* L.) в насаждениях Саратовской области / В.В. Дубровин, Л.Д. Егорова // Научное обозрение. – 2014. – № 2. – С. 17-21. (0,4 п.л.; авт. – 0,2 )
3. Дубровин, В.В. Перспективы комплексного использования нектароносов и биосредств в защите древесных насаждений от зимней пяденицы в условиях Саратовской области / В.В. Дубровин, Л.Д. Егорова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 10. – С. 11-14 (0,5 п.л; авт. – 0,35)

В других изданиях:

4. Дубровин, В.В. Особенности распределения гусениц листогрызущих насекомых в насаждениях Саратовской области / В.В. Дубровин, Л.Д. Егорова // Вавиловские чтения- 2012: Материалы межд. науч.-практ. конф., посвященной

125-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова – Саратов: ИЦ Наука, 2012. – С. 238-239 (0,13 п.л.; авт. – 0,06).

5. Дубровин, В.В. Дендрофильные насекомые – опасные вредители в агро-мелиоративных насаждениях Юго-Востока / В.В. Дубровин, Л.Д. Егорова // Основы рационального природопользования: Материалы IV междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд. «Саратовский источник», 2013. – С. 165-170 (0,31 п.л.; авт. – 0,15).

6. Дубровин, В.В. К вопросу о роли листогрызущих насекомых в ослаблении дубрав / В.В. Дубровин, Л.Д. Егорова // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: Сборник статей VII Всероссийской науч.-практ. конф.; под ред. И.Л. Воротникова. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013. – С. 17-18 (0,14 п.л.; авт. – 0,07).

7. Дубровин, В.В. Новый способ учета заселенности древесных насаждений зимней пяденицей / В. В. Дубровин, Л. Д. Егорова // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский ГАУ», 2013. – С. 72-74 (0,18 п.л.; авт. – 0,09).

8. Дубровин, В.В. Оптимизированный метод учета бабочек зимней пяденицы (*Operophtera brumata* L.) / В.В. Дубровин, Л.Д. Егорова // Состояние и перспективы развития инновационного развития АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова». – Саратов, 2013. – С. 186-191 (0,34 п.л.; авт. – 0,18).

9. Дубровин, В.В. Фенология зимней пяденицы (*Operophtera brumata* L.) в условиях Саратовской области / В.В. Дубровин, Л.Д. Егорова // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: Сборник статей VII Всероссийской науч.-практ. конф.; под ред. И.Л. Воротникова. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013. – С. 18-21 (0,15 п.л.; авт. – 0,07).