

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН»

На правах рукописи



ШАРМАГИЙ АЛЕКСАНДР КОНСТАНТИНОВИЧ

**БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САМШИТОВОЙ
ОГНЁВКИ *CYDALIMA PERSPECTALIS* (WALKER, 1859) В КРЫМУ И
ФАКТОРЫ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ЕЁ ЧИСЛЕННОСТЬ.**

Специальность 1.5.15 – Экология (биологические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
чл.-корр. РАН Плугатарь Юрий Владимирович

Ялта – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
РАЗДЕЛ 1 САМШИТОВАЯ ОГНЁВКА – ОПАСНЫЙ ИНВАЗИОННЫЙ ВРЕДИТЕЛЬ САМШИТА В МИРЕ.....	13
1.1 Таксономическое положение и распространение самшитовой огнёвки <i>Cydalima perspectalis</i> Walker	13
1.2 Биологические особенности <i>Cydalima perspectalis</i> в различных ареалах обитания.....	17
1.2.1 Биоэкологические особенности <i>Cydalima perspectalis</i> в Азии.....	17
1.2.2 Биоэкологические особенности <i>Cydalima perspectalis</i> в Европе.....	21
1.2.3 Биоэкологические особенности <i>Cydalima perspectalis</i> на территории Российской Федерации.....	25
1.3 Абиотические факторы среды и сезонное развитие насекомых.....	31
1.4 Опыт и перспективы регулирования численности <i>Cydalima perspectalis</i>	36
РАЗДЕЛ 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	43
2.1 Краткая природно-климатическая характеристика районов проведения исследований.....	43
2.2 Особенности погодных условий в годы исследований.....	48
2.3 Объекты и методы исследований.....	55
РАЗДЕЛ 3 РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ВРЕДНОСТЬ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ В КРЫМУ.....	76
РАЗДЕЛ 4 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ В КРЫМУ.....	87
4.1 Биология размножения и развития <i>Cydalima perspectalis</i>	87
4.2 Фенология <i>Cydalima perspectalis</i>	103

РАЗДЕЛ 5 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЗВИТИЕ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ	114
5.1 Влияние термических условий на сезонный лёт имаго.....	114
5.2 Изменчивость продолжительности и термолабильности развития стадий онтогенеза в условиях Крыма.....	124
5.3 Построение математических моделей для прогнозирования сроков весеннего развития <i>Cydalima perspectalis</i> на юге России.....	133
5.4 Биотические факторы.....	139
5.4.1 Пищевая специализация <i>Cydalima perspectalis</i>	139
5.4.2 Естественные враги.....	141
5.5 Антропоические факторы.....	143
5.5.1 Химический метод регулирования численности.....	143
5.5.2 Биологический метод регулирования численности (биопрепараты, энтомофаги).....	145
РАЗДЕЛ 6 СХЕМА РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ И ВРЕДНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ФИТОФАГА В КРЫМУ.....	156
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	158
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	161
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	162
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	163
Приложения	199
ПРИЛОЖЕНИЕ А Сопоставление сумм эффективных температур воздуха (СЭТ) выше нижних температурных порогов, необходимых для развития одного поколения <i>Cydalima perspectalis</i> в парковых ценозах Крыма, среднее за 2018–2020 гг.....	200
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Сопоставление сумм эффективных температур воздуха (СЭТ) выше нижних температурных порогов, необходимых для развития стадий жизненного цикла <i>Cydalima perspectalis</i> в парковых ценозах Крыма, среднее за 2018–2020 гг.....	201

ПРИЛОЖЕНИЕ В Математические модели для прогноза дат возобновления активности личинок <i>Cydalima perspectalis</i> после зимней диапаузы для южных регионов России.....	203
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Математические модели для прогноза дат начала лёта имаго перезимовавшего поколения <i>Cydalima perspectalis</i> для южных регионов России.....	206
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Математические модели для прогноза дат появления первого летнего поколения личинок <i>Cydalima perspectalis</i> для южных регионов России.....	208

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Нарастающая интенсивность биологических инвазий, связанная с изменениями климата и активизацией международной торговли декоративными растениями в последние десятилетия, стала одной из острейших проблем во многих странах мира (Масляков, Ижевский, 2011; Liebhold et al., 2018). После сосудистых растений, насекомые относятся ко второй по величине группе инвазий (Canelles et al., 2021), ущерб от которой только для лесной промышленности в мире ежегодно достигает 70 миллиардов долларов (Bradshaw et al., 2016). При отсутствии естественных врагов (паразитоидов и хищников) и благоприятных климатических условиях региона инвазии, массовое размножение и стремительное распространение растительноядных насекомых может привести к дестабилизации фитосанитарной ситуации и представлять серьезную угрозу целостности региональных экосистем (Баранчиков и др., 2011; Рындин и др., 2015; Sweeney et al., 2020). Поэтому вопросы, касающиеся экспансии чужеродных видов насекомых, механизмов реализации их инвазии, основных экологических факторов и процессов, которые благоприятствуют или ограничивают продуктивность инвазионных видов, приобретают первостепенную важность.

Постоянно возрастающий особый интерес вызывают чужеродные виды дендрофильных насекомых из стран Восточной Азии в связи с их расселением по обширным территориям и высоким потенциалом вредоносности для древесных растений (Kirichenko, Augustin, Kenis, 2019). Одним из них является самшитовая огнёвка (*Cydalima perspectalis* Walker, 1859) – чужеродный полициклический олигофаг, специализирующийся на растениях рода самшит (*Buxus* L.).

Различные виды и формы самшита еще с античных времен широко используются в озеленении городов и парков, в декоративном садоводстве и ландшафтном дизайне регионов с теплым климатом. В Крыму история интродукции самшита началась с 1813 г., когда в Никитский ботанический сад (НБС) был интродуцирован *Buxus sempervirens* L., в 1817 г. – *B. balearica* L., а в 1905 г. – *B. microphylla* Siebold & Zucc. (Плугатарь и др., 2015). На данный момент в НБС культивируется три вида самшита и пять селекционных садовых форм. На территории Крымского полуострова самшит массово применяется для создания бордюрных посадок в парках, как в условиях Предгорного Крыма (Савушкина, Пашко, 2017), так и на Южном берегу. Однако массовое и повсеместное повреждение растений инвазионным вредителем *C. perspectalis* является острой экологической проблемой. Для контроля численности самшитовой огнёвки необходимо максимально полное и разностороннее познание особенностей биологии и закономерностей сезонного развития инвайдера. Несмотря на растущее число публикаций, в настоящее время особенности биологии и экологии в новых климатических условиях инвазионного ареала мало известны.

В виду отсутствия возможности применения инсектицидов на территории парков, с 2015 по 2020 гг. численность и вредоносность фитофага в Крыму значительно увеличилась, и самшит находится под угрозой уничтожения. Для организации рационального использования, содержания и сохранения зеленых насаждений, произрастающих на территории Республики Крым, уделяется серьезное внимание вопросам защиты растений от вредителей и болезней. В связи с этим, особое значение приобретает мониторинг состояния насаждений самшита и разработка экологически безопасных приемов и средств его защиты от *C. perspectalis*.

Степень разработанности темы исследования. Первое обнаружение самшитовой огнёвки на территории РФ относятся к 2012 г. Большая роль в изучении распространения, биологии и регулирования численности *C. perspectalis* принадлежит отечественным ученым: В.И. Щурову с

коллегами (2013, 2014, 2015, 2017, 2018, 2019, 2020 гг.), Ю.И. Гниненко с коллегами (2014, 2016, 2017, 2018 гг.), Н.Н. Карпун с коллегами (2014, 2015, 2016, 2018, 2019 гг.), Н.В. Ширяевой (2014, 2015, 2018 гг.), Л.Н. Бугаевой (2015, 2016 гг.), А.Э. Нестеренковой с коллегами (2015, 2016, 2017, 2019 гг.), И.С. Агасьевой с коллегами (2016, 2017, 2018 гг.), В.В. Добронососу (2016, 2017 гг.), А.Р.Бибину (2017, 2019 гг.).

По данным отечественных и зарубежных исследователей, в зависимости от климатических условий и широты, в инвазионном ареале вредитель завершает от двух до четырех поколений в год (Карпун, 2018; Щуров и др., 2020; Плугатарь, Шармагий, Балыкина, 2020; Nacambo et al., 2014). В Крыму вредитель официально зафиксирован в 2015 г. (Трикоз, Халилова, 2016; Будашкин, 2016; Стрюкова, 2016). В условиях Крыма, *C. perspectalis* является поливольтинным видом с зимовкой на стадии гусеницы II–III возраста (Трикоз, Халилова, 2016; Будашкин, 2016; Стрюкова, 2016). Фотопериодическая индукция облигатной диапаузы длительностью не менее 1,5 месяцев, происходит при снижении продолжительности дня ниже 13,5 ч (Nacambo et al., 2014; Poitou et al., 2020). Однако условия, при которых наблюдается окончание диапаузы, остаются неясными, что затрудняет прогнозирование сроков возобновления развития насекомых весной (Suppo, Bras, Robinet, 2020).

Несмотря на достаточно большое количество экспериментального материала и обобщений относительно проявления фенотипической пластичности температурных норм развития *C. perspectalis* в различных географических регионах (Карпун, 2018; Гниненко, Пономарев, Нестеренкова, 2018; Щуров, Замотайлов, Щурова, 2020; Maruyama, Shinkaji, 1987; Nacambo et al., 2014; Poitou et al., 2020; Suppo, Bras, Robinet, 2020; Canelles et al., 2021), сведения относительно прогноза стадий развития самшитовой огнёвки для быстрой разработки плана действий по борьбе с вредителем, недостаточны.

Для условий Крыма биология и приёмы регулирования численности вредителя требуют дальнейшего изучения. Поэтому выявление особенностей развития самшитовой огнёвки в разных районах обитания на Крымском полуострове представляется важным для дальнейшей разработки эффективных приёмов сдерживания численности фитофага и снижения его вредоносности.

Цели и задачи. Цель исследования – на основе комплексного подхода выявить биоэкологические особенности самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* Walker в условиях Крыма и разработать схему контроля численности, а также прогнозирования сроков сезонного развития фитофага в парковых ценозах полуострова.

Задачи исследования:

1. изучить современное распространение самшитовой огневки в Крыму, установить круг повреждаемых видов растений и степень вредоносности фитофага;
2. исследовать биологические и экологические особенности развития самшитовой огневки в различных агроклиматических районах Крыма;
3. установить влияние экологических факторов на развитие и распространение самшитовой огневки в парковых ценозах Крыма;
4. выявить взаимосвязи между прохождением этапов жизненного цикла самшитовой огневки и абиотическими факторами;
5. проанализировать состав, численность естественных врагов и определить критерии устойчивости популяций самшитовой огневки при воздействии агентов биологического контроля;
6. разработать экологически обоснованную схему контроля численности фитофага.

Научная новизна. Впервые для условий Крымского региона детально исследована биология размножения и развития самшитовой огнёвки (установлено максимальное количество возрастов гусениц и определены их

биометрические параметры, выявлен диапазон плодовитости самок, отмечено явление протерандрии, выявлен уровень полигамии самцов самшитовой огнёвки, установлена факультативная диапауза продолжительностью более полугода).

Изучена фенология вида в двух агроклиматических районах Крыма (Центральном предгорном и Западном южнобережном субтропическом). В течение вегетационного сезона в парковых ценозах Крыма выявлено практически постоянное присутствие вредящей фазы фитофага вследствие наложения друг на друга, как стадий развития, так и поколений. Важной сезонной адаптацией *C. perspectalis* к условиям Крыма является снижение термолабильности и ускорение развития всех стадий жизненного цикла второй летней генерации под влиянием фотопериода.

Для южных регионов России разработаны математические модели для прогноза сроков весеннего развития *C. perspectalis*. Точность прогноза составляет от 3–4 суток для активизации личинок после зимовки, до 9–10 суток – для лёта имаго и появления личинок первого летнего поколения с заблаговременностью один месяц.

Установлены трофические связи фитофага в квазиприродных условиях Крыма. Показано, что естественные враги на территории Крыма не способны сдерживать численность популяций фитофага. Определены критерии устойчивости гусениц разных возрастов и яиц *C. perspectalis* к биоинсектицидам, паразитоидам и хищникам.

Теоретическая и практическая значимость работы. Получены сведения об биоэкологических особенностях *C. perspectalis* в новой для вида части инвазионного ареала, имеющие общебиологическое значение в области фундаментальных исследований экспансии чужеродных видов насекомых, механизмов реализации их инвазии. Предложены методические подходы к определению возрастов гусениц, прогнозированию сроков сезонного развития и регуляции плотности фитофага, которые обеспечивают научную основу для решения многих прикладных задач в рамках анализа и прогноза

сезонного развития и распространения насекомых, защиты растений, охраны окружающей среды. Установлено относительное постоянство сумм эффективных температур воздуха, необходимых для завершения развития второго летнего поколения *C. perspectalis* в условиях Крыма, что позволяет рассматривать их в качестве инструмента для определения сроков обработки гусениц зимующего поколения до нанесения ими значительных повреждений. Математические модели для прогноза сроков развития гусениц *C. perspectalis* после зимней диапаузы, лёта имаго перезимовавшего и появления гусениц первого летнего поколения являются полезным инструментом для улучшения борьбы с фитофагом, способствуют внедрению эффективных стратегий контроля численности, а также прогнозирования его развития в условиях изменения климата. Разработана экологически обоснованная схема регуляции плотности популяции фитофага в Крыму. Рекомендации автора представлялись в виде сигнализационных сообщений о вредителе и организации защитных мероприятий на объектах санаторно-курортного комплекса и озеленения.

Методология и методы исследований. Для проведения исследований использовались общепринятые методики зарубежных и отечественных ученых в области экологии, энтомологии, защиты растений, которые изложены в разделе «Методика исследований» соответствующей главы диссертации.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Поливольтинность, высокая плодовитость и экологическая пластичность повышают надежность синхронизации жизненного цикла с ритмом внешних условий, обеспечивают конкретные сезонные адаптации *C. perspectalis* к условиям среды обитания и являются основой инвазии в Крыму.

2. Экологические факторы, влияющие на развитие самшитовой огнёвки: температура и влажность; пищевая специализация; биологический метод борьбы (биоинсектициды и энтомофаги).
3. Схема регуляции численности и вредоносности популяции *C. perspectalis* в Крыму.

Степень достоверности результатов исследований. Большой объём проведенных полевых и лабораторных экспериментальных исследований, применение современных статистических методов обработки и анализа полученных данных обеспечивают достоверность результатов и обоснованность выводов. Статистическую обработку данных выполняли с использованием прикладной компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

Публикации результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ: 5 статей в журналах, рекомендуемых ВАК РФ, из них 1 входящая в международную базу данных Scopus, 2 в иных рецензируемых журналах и 3 в материалах научных конференций.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований обсуждены на ежегодных заседаниях Учёного Совета ФГБНУ «НБС–ННЦ» в 2018–2021 гг., а также на международных научно–практических конференциях: «Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России» (ФГБНУ «ВИЗР», Санкт-Петербург – Пушкин, 2018 г.); «Современные задачи и актуальные вопросы лесоведения, дендрологии, парковедения и ландшафтной архитектуры» (ФГБУН «НБС–ННЦ», Ялта, 2018 г.); «Актуальные проблемы и перспективы интегрированной защиты плодовых, декоративных и лесных культур» (ФГБУН «НБС–ННЦ», Ялта, 2020 г.); «Защита растений от вредных организмов» (ФГБОУ ВО КГАУ, Краснодар, 2021 г.).

Личный вклад автора. Автором обоснована программа исследований, выполнены обзор литературных источников, лабораторные и полевые опыты, статистическая обработка данных, обобщение и анализ результатов. Полевые

и лабораторные работы проводились соискателем лично, в полном объёме. Разработка программы и подбор методов исследований выполнены при участии научного руководителя.

Объём и структура диссертации.

Диссертационная работа содержит введение, основную часть из 6 разделов, заключение, включающее выводы и практические рекомендации, список литературы из 262 наименований, в том числе 141 – иностранных авторов. Работа изложена на 208 страницах, содержит 47 рисунков, 35 таблицы, 5 приложений.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность за содействие и координацию исследований своему научному руководителю – доктору сельскохозяйственных наук, чл.-корр. РАН Ю.В. Плугатарю; за оказанную методическую и консультативную помощь доктору биологических наук, ведущему научному сотруднику лаборатории фитомониторинга С.П. Корсаковой; сотрудникам лаборатории энтомологии и фитопатологии: доктору сельскохозяйственных наук, главному научному сотруднику лаборатории Е.Б. Балыкиной; кандидату биологических наук, старшему научному сотруднику лаборатории Н.Н. Трикоз; кандидату биологических наук, научному сотруднику лаборатории Д.А. Корж и всему коллективу лаборатории; за предоставленные феромонные ловушки и консультации по вопросам мониторинга самшитовой огнёвки – заведующему лабораторией испытания и применения феромонов ВНИИКР В.Л. Пономарёву и начальнику методического отдела Крымского филиала ВНИИКР Н.М. Стрюковой; за определение энтомофагов – доценту кафедры экологии и зоологии Таврической академии КФУ им. Вернадского Н.М. Ковблюк; агроному Крымского филиала ВНИИКР Т.С. Рыбарёвой.

РАЗДЕЛ 1

САМШИТОВАЯ ОГНЁВКА – ОПАСНЫЙ ИНВАЗИОННЫЙ ВРЕДИТЕЛЬ САМШИТА В МИРЕ

1.1 Таксономическое положение и распространение самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* Walker

Cydalima perspectalis (Walker, 1859) относится к семейству огнёвки – травянки (Crambidae), отряду чешуекрылые (Lepidoptera), классу насекомые (Insecta).

В научной литературе этот вид встречается в различных синонимах, среди которых: *Cydalima perspectalis* Walker, 1859; *Diaphania perspectalis* Walker, 1859; *Glyphodes albifuscalis* Hampson, 1899; *Glyphodes perspectalis* Walker, 1859; *Neoglyphodes perspectalis* Walker, 1859; *Palpita perspectalis* Walker, 1859; *Phacellura advenalis* Lederer, 1863; *Phakellura perspectalis* Walker, 1859 (Maruyama, 1993; Maruyama, Shinkaji, 1987, 1991, 1993; Kawazu et al., 2007; Zhou et al., 2005; Krüger, 2008; Park, 2008; Feldtrauer, Feldtrauer, Brua, 2009; Mitchell, 2009; Straten, Muus, 2010; Mally, Nuss, 2010; Kim, Park, 2013).

В 2008 г. А. Н. Стрельцов установил, что типовой вид второго рода, *Cydalima laticostalis* (Guenée, 1854) сильно отличается по строению ункуса от *Neoglyphodes perspectalis*, а род *Cydalima* относится к трибе Margarodini, тогда как для *Neoglyphodes*, как для представителя трибы Spilomelini, характерен раздвоенный ункус (Стрельцов, 2008, 2010, 2013).

Окончательно номенклатурная принадлежность *Cydalima perspectalis* была установлена в 2010 г. (Mally, Nuss, 2010). Филогенетический анализ, проведенный (Mally, Nuss, 2010) привел к выводу о синонимии *Neoglyphodes* с *Cydalima* Lederer, 1863.

Естественный ареал самшитовой огнёвки – субтропические регионы Юго-Восточной Азии: Индия, Китай, Корея, Япония (Hampson, 1896; Inoue,

1982; Leraut, 2012). Впервые *C. perspectalis* как новый вид для фауны Европы был зарегистрирован в 2006 г. в Германии (Billen 2007; Krüger 2008; Straten, 2009). Преимагинальные стадии фитофага легко распространялись из Китая с различными декоративными сортами его основного растения-хозяина (*Viburnum* spp.). В настоящее время вид *C. perspectalis* известен во многих европейских странах. С 2007 г. вид зарегистрирован в Швейцарии (Billen 2007; Käppeli 2008; Sigg 2009) и Нидерландах (Muus, Naaften, Deventer, 2009; Straten, Muus, 2010). В 2008 г. фитофаг обнаружен в Австрии (Rodeland 2009; Perny, 2010; Kuzmits, 2012), Великобритании (Mitchell 2009; Plant et al., 2019), Франции (Feldtrauer, Feldtrauer, Brua, 2009; Straten, Muus, 2010; Brua, 2013), Словении (Seljak 2012; Raspudić et al., 2014). В 2010 г. самшитовая огнёвка зарегистрирована в Лихтенштейне (Slamka, 2010), Бельгии (Casteels et al., 2011), Италии (Tantardini, Cavagna, Maspero, 2012; Governatori 2013; Griffio, Cesaroni, Desantis, 2012; Bella 2013), Румынии (Iamandei, 2010). С 2011 г. вредитель известен в Венгрии (Sáfián, Horváth, 2011; Szabolcs, Bálint, 2011; Szabóky, 2012), Чехии (Šumpich 2011), Турции (Hizal et al., 2012), а в 2012 г. об обнаружении самшитовой огнёвки сообщалось в Хорватии (Koren, Črne, 2012; Matošević 2013) и в Польше (Blaik, Hebda, Maślowski, 2016; Bury et al., 2017). Существуют публикации о проникновении по территории Грузии с 2012 по 2014 гг. (Matsiakh, 2014; Мемарне и др., 2017). В 2013 г. *C. perspectalis* обнаружена также в Словакии (Pastorális et al., 2013), Дании (Hobern, 2013), а с 2014 г. – в Испании (Pérez-Otero, Mansilla, Vidal, 2014; Pino Pérez J, Pino Pérez R., 2014), Болгарии (Beshkov, Abadjiev, Dimitrov, 2015), Греции (Strachinis et al., 2015), Черногории (Hrnčić, Radonjić, 2014), Сербии (Konjević, Marković, Kereši, 2015, Stojanović et al., 2015), Боснии и Герцеговине (Ostojić et al., 2015). С 2017 г. вредитель стал известен в Албании (Raineri et al., 2017), с 2018 г. – на Мальте (Agius, 2018).

Пути проникновения *C. perspectalis* на европейский континент связаны с интродукцией ее основного хозяина. Однако в дальнейшем произошло естественное расселение имаго из первичных районов интродукции (Plant et

al., 2019). Рассредоточение вредителя по территориям стран, в которые он проник, свидетельствует о способности самшитовой огнёвки к полётам на дальние расстояния. Так, на территории Хорватии миграции имаго предположительно составили 30 км (Koren, Črne, 2012). В Германии вид распространяется со скоростью 5–10 км в год (Straten, Muus, 2010).

Предполагается, что *C. perspectalis* способна распространяться по всей Европе путём естественного расселения взрослых особей и при интродукции преимагинальных фаз развития (Käppeli, 2008; Kruger, 2008; Feldtrauer, Feldtrauer, Brua, 2009; Muus, Naaften, Deventer, 2009; Sigg, 2009; Salisbury, Korycinska, Halstead, 2012). Учитывая биологические особенности *C. perspectalis*, вид способен освоить всю территорию Европы, где произрастают её кормовые растения до юга Великобритании и Скандинавии (Nacambo et al., 2013).

В 2018 г. вредитель был обнаружен в Северной Америке, в Канаде (Торонто, Онтарио), о чем сообщалось в фотоотчете (<http://inaturalist.org/observations/15879362/>).

Распространение *C. perspectalis* на северное побережье Африки прогнозировалось в соответствии с климатологическими факторами, необходимыми для развития вида (Nacambo et al., 2013). В сентябре 2018 г. самшитовая огнёвка была выявлена в центре города Константина, Алжир (Haddad, Kalaentzis, Demetriou, 2020).

Проникновение в Россию.

Наличие *C. perspectalis* на Дальнем Востоке России (Кирпичникова 2005; Синев, 2008; Стрельцов, 2008, 2010, 2013), вероятно, свидетельствует о том, что вид не является местным вредителем, а относится к адвентивным фитофагам, поскольку в этом регионе нет аборигенных видов *Buxus* (Стрельцов 2010, 2013; Wan et al., 2014).

На европейскую территорию России самшитовая огнёвка проникла в 2012 г. из питомников Италии вместе с посадочным материалом (Щуров и др., 2013; Ескин, Бибин, 2014; Карпун, Игнатова, 2014; Щуров, 2014а;

Аникин, 2015; Ширяева, 2015; Karpun, Ignatova, 2013). Уже в 2013 г. массовое размножение этого фитофага привело к сплошной дефолиации культурных насаждений самшита в городах Сочи и Новороссийск Краснодарского края (Гниненко, Ширяева, Щуров, 2014; Щуров, 2014). Зимой 2013–2014 гг. стало известно о завозе огнёвки в питомники Краснодара и Геленджика (Щуров, Литвинская, 2015). К ноябрю 2013 г. констатировали вселение этого вредителя в места обитания реликтового вида самшита – *Vuxus sempervirens* L. subsp. *sempervirens* Meniz. (*V. colchica* Rojark.), внесённого как *V. colchica* Rojark. в Красную книгу РФ (2008), Красную книгу Краснодарского края (1994) (Тимухин, Туниев, 2007) и Красную книгу Республики Адыгея (2000) (Ширяева, 2018). В России *V. sempervirens* subsp. *sempervirens* в естественных условиях произрастает только Краснодарском крае и Республике Адыгея (Щуров, Литвинская, 2015). В 2013 г. огнёвка также отмечена в Чеченской Республике (Проклов, Караева, 2013). Таким образом, на Северо-Западном Кавказе (а также в Абхазии) сложились предпосылки для локального или тотального (на побережье) вымирания самшита колхидского из-за повреждения листьев и коры (Ширяева, 2014; Лукмазова, 2014; Лукмазова, Тания, 2014; Щуров, Литвинская, 2015). В 2015–2016 гг. были найдены новые локалитеты с самшитовой огневкой: 2015 г. – Республика Адыгея (Бибин, Ковалев, 2017), Республика Северная Осетия – Алания (Доброносков, 2016, 2017). В 2016 г. впервые отмечена инвазия вредителя на территории Дагестана (Полтавский, Ильина, 2017), в 2017 г. – в Ставрополе (Шутко, Тутуржанс, 2018) и на территории Южной Осетии (Туниев, Алиев, Тимухин, 2018). В 2017 г. *S. perspectalis* была ввезена в Ростовскую область (Оспищев, Дудкин, 2020).

Первые немногочисленные повреждения растений самшитовой огнёвкой в Крыму отмечены в 2014 году. Официальные утверждения о появлении огнёвки на полуострове относятся к 2015 г. В центральном Предгорье (г. Симферополь) самшитовая огнёвка была обнаружена 17 июля 2015 г. на территории Таврической академии (Стрюкова, 2016). В восточном

Крым в Карадагском природном заповеднике с начала августа по третью декаду октября 2015 г. отлавливали имаго *C. perspectalis* на световые ловушки (Будашкин, 2016). На Южном берегу Крыма (ЮБК) в Никитском ботаническом саду (НБС) *C. perspectalis* впервые появилась в июне 2015 г. (Трикоз, Халилова, 2016).

1.2 Биологические особенности *Cydalima Perspectalis* в различных ареалах обитания

1.2.1 Биоэкологические особенности *Cydalima Perspectalis* в Азии

Наиболее подробно биоэкология *C. perspectalis* была изучена в условиях Азии, в первичном ареале вредителя. В исследованиях, проведенных в Китае и Японии, указаны особенности развития яиц и гусениц, личиночной диапаузы, плодовитость, а также идентифицированы половые феромоны (Maruyama, Shinkaji 1987, 1991, 1993; Maruyama 1992, 1993; Tang 1993; Zhou et al., 2005; Kawazu et al., 2007).

В Японии Т. Maruyama и N. Shinkaji (1987) обнаружили, что продолжительность развития яиц *C. perspectalis* варьирует в пределах $15,3 \pm 0,64$; $7,1 \pm 0,23$; $4,0 \pm 0,15$ и $3,0 \pm 0,10$ суток при различных температурах: 15, 20, 25 и 30 °С, соответственно (Maruyama, Shinkaji, 1987). В Китае аналогичное время развития яиц наблюдал M.Y.Tang (1993).

Гусеницы развиваются в интервале 17–87 дней, в зависимости от температуры (Maruyama, Shinkaji, 1991, Park, 2008).

Количество возрастов у гусениц *C. perspectalis* – от пяти до семи в зависимости от вида самшита, на котором питались гусеницы, температуры, светового периода. Максимальное количество гусениц окукливается на шестом возрасте (Maruyama, Shinkaji, 1987). При выращивании на *Vixis microphylla* в лабораторных условиях при 25 °С гусеницы имели шесть

возрастов. Возраст I–V обычно развивается в течение 3 дней, а VI – в течение 8 дней (Maruyama, Shinkaji 1991).

В Шаньдуне (Северный Китай) гусеницы *C. perspectalis* 2-го и 3-го поколений того же года завершили развитие в течение $24,9 \pm 0,73$ суток при $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Zhang et al. 2007), тогда как в Японии развитие продолжалось $24,9 \pm 2,89$ дня при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Maruyama, Shinkaji, 1987). Развитие куколок длилось $10,0 \pm 0,36$ дней при постоянной температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Maruyama, Shinkaji 1987) и $8,8 \pm 0,32$ дня – при средней температуре $26,4 \pm 0,68\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Zhou et al., 2005).

Пороговая температура развития гусениц *C. perspectalis* составила $10,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, а сумма эффективных температур воздуха, необходимая для завершения личиночной стадии – $238,1$ градусо-дней в Японии. В Китае для перезимовавшего поколения эти показатели соответственно были равны $11,7 \pm 4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 100 градусо-дней (Maruyama, Shinkaji, 1987; Tang, 1993).

Диapaуза в основном индуцируется короткой продолжительностью дня, испытываемой гусеницами 1–3-го возраста (Maruyama, Shinkaji, 1993; Xiao et al., 2011). В Японии критический фотопериод варьировал от 13 ч 40 мин до 14 ч 20 мин для различных популяций *C. perspectalis* и был выше при $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, чем при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Maruyama, Shinkaji, 1993).

В Японии у *C. perspectalis* в районе Токио развивалось три поколения в году, с периодами лёта имаго с середины мая до конца июня, с конца июля до конца августа и с конца августа до середины сентября (Maruyama, Shinkaji, 1987). В Японии гусеницы вступают в диapaузy в 4-м или 5-м возрасте (Maruyama, Shinkaji, 1991).

Японскими учеными Т. Maruyama и N. Shinkaji (1987) были определены суммы эффективных температур, необходимые для развития каждого из трех поколений. Для перезимовавшего поколения сумма эффективных температур в день вылета 50 % имаго составила $370\text{ }^{\circ}\text{C}$, первого поколения – от 980 до $990\text{ }^{\circ}\text{C}$, а второго поколения – примерно $1590\text{--}1610\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Maruyama, Shinkaji, 1987).

В первом поколении *C. perspectalis* наблюдалось с определенной частотой образование коконов и уход гусениц в диапаузу, что Т. Maruyama и N. Shinkaji (1993) объясняют индивидуальными особенностями гусениц, а не неблагоприятными условиями окружающей среды.

В Южной Корее вредитель развивается в двух поколениях (Park, 2008).

В Китае, в зависимости от климатических условий, вредитель имеет от трех до пяти поколений в год (Tang, Qin, Sun, 1990). Так, в северном, северо-восточном, центральном и западном Китае *C. perspectalis* имеет три поколения (Hu, Li, Qiao, 1993; Fang, Hui, 1998; Xu, Liang, 2001; Shi, Hu, 2007; Niu et al., 2008; Sun, Zhou, Gao, 2009). В восточном Китае (г. Саньмин, Шанхай) *C. perspectalis* развивается в четырех поколениях (Tang, 1993; Wang, 2008). На юге и юго-западе Китая вредитель имеет 5 поколений (Zhu, 1990; Huang, Li, 2001).

В Китае зимуют гусеницы II–IV возрастов (Tang, 1993; She, Feng, 2006), а в южных провинциях страны – гусеницы и имаго (Huang, Li, 2001).

Анализ полового феромона *C. perspectalis*, проведенный в Японии в 2007 г., показал, что два альдегидных соединения, (Z)-11 – гексадеценал (Z11-16: Ald) и (E)-11 – гексадеценал (E11-16: Ald) в соотношении примерно 4:1 обеспечивали привлекательную смесь половых феромонов, которую можно было использовать для мониторинга *C. perspectalis* (Kawazu et al., 2007). Согласно аналогичным исследованиям, в Корее были предложены соотношения 5:1 и 7:1 (Kim, Park, 2013). Также были протестированы различные ловушки и системы приманки, и рекомендованы уни-ловушки вместо дельтовидных и крыловидных ловушек, а также пленочные приманки поверх резиновых перегородочных приманок (Kim, Park, 2013).

Пищевая специализация. Десять видов *Buxus* были зарегистрированы в качестве хозяев *C. perspectalis* в Азии. В Японии наиболее повреждаемыми считаются четыре различных вида и разновидностей *Buxus* (*Buxus microphylla*, *B. sempervirens*, *B. microphylla* var. *insularis* и *B. microphylla* var. *japonica*). *B. microphylla* является предпочтительным растением-хозяином для

C. perspectalis (Maruyama, 1992). Экспериментально доказано, что *B. microphylla* обеспечивает наилучшую скорость роста гусениц в широком диапазоне температур (Maruyama, 1993). В Японии *C. perspectalis* является узкоспециализированным вредителем и питается только родом *Vixus* (Maruyama, Shinkaji, 1987, 1991).

Некоторые авторы к растениям-хозяевам самшитовой огнёвки в пределах естественного ареала относят *Euonymus alatus* (Thunberg) Siebold, *Ilex purpurea* Hasskarl (Aquifoliaceae), *Euonymus japonicus* Thunberg (Celastraceae) (Uezumi, 1975; Shi, Hu, 2007), а также *Pachysandra terminalis* Siebold & Zucc. и *Murraya paniculata* L. (Wang, 2008; Straten, Muus, 2010; Bella, 2013).

Естественные враги *C. perspectalis*, включая хищников и паразитоидов, были зарегистрированы в различных регионах Китая, Японии и Республики Корея (Choo et al., 1991; Lee, Lee, Choo, 1996; Lee et al., 1997; Chen et al., 2005). Известно, что две мухи-тахины паразитируют на гусениц *C. perspectalis* в Азии: *Exorista* sp., *Pseudoperichaeta nigrolineata* (Walker) и *Compsilura concinnata* (Meigen) (Diptera: Tachinidae) (Shima, 1973; Martinez, Reymonet, 1991; Shi, Hu, 2007). В Китае смертность гусениц и куколок *C. perspectalis*, вызванная *Exorista* sp., составила 32,6 % и 47,5 %, соответственно (Shi, Hu, 2007). *Pseudoperichaeta nigrolineata* была зарегистрирована как паразитоид *C. perspectalis* в Японии (Shima, 1973).

Chelonus tabonus (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) считается самым распространенным паразитоидом *C. perspectalis* в Китае, вызывая в некоторых районах уровень паразитизма до 50 % (She, Feng, 2006). Паразитоид *Chelonus tabonus* широко распространен в Восточной Азии, включая Японию, Корею и Китай (Papp, 2003; She, Feng, 2006; Zhang, 2008).

Brachymeria lasus (Walker) (Hymenoptera: Chalcididae) – единственная паразитическая оса, которая, являясь полифагом, нападает на куколок *C. perspectalis* в Китае (Chen et al., 2005).

Влияние хищников на популяции *C. perspectalis* в Азии в основном не известно. В Китае отмечалось, что хищный трипс *Aeolothrips* sp. питается яйцами огнёвки, а пауки хищничают на гусениц *C. perspectalis* (Chen et al., 2005).

1.2.2 Биоэкологические особенности *Cydalima perspectalis* в Европе

В странах Западной Европы *C. perspectalis* развивается в 2–3 поколениях. Продолжительность одного поколения составляет в среднем около 40 суток (Korycinska, Eyre, 2011). В Европе вредитель зимует в стадии гусениц 2–3 возрастов, располагающихся между двумя листьями, защищенными шелковистыми нитями (Korycinska, Eyre, 2011; Nacambo, 2012).

В Британии предполагают о наличии двух поколений вредителя (Salisbury, Korycinska, Halstead, 2012).

В Германии и Швейцарии в течение года развиваются 2–3 поколения (Leuthardt, Billen, Baur, 2010), в Хорватии в 2013 г. – два, а в 2014 г. – три поколения (Matošević, 2014). Лет имаго перезимовавшего поколения во Франции обычно происходит в конце мая – начале июня. Имаго имеют зигзагообразный полет (Brua, 2014). В Румынии имаго перезимовавшего поколения летят с первой декады июня до первой декады июля. Имаго летнего поколения летят с первой декады августа, а лёт третьего частичного поколения проходит во второй половине сентября (Oltean et al, 2016).

В Австрии гусеницы приступают к питанию в марте, лет имаго перезимовавшего поколения проходит с мая по июнь (Perny, 2010).

А на юге европейского континента *C. perspectalis* имеет три-четыре поколения в год (Korycinska, Eyre, 2009; Straten, Muus, 2010; Leuthardt, Billen, Baur, 2010; Sage, Karl, 2010; Santi, Radeghieri, Maini, 2013; Brua, 2013, 2014; Oltean et al., 2016; Bury et al., 2017).

Бабочки самшитовой огневки способны преодолевать большие расстояния 5–10 км (Straten, Muus, 2010; John, Schumacher, 2013; Brua, 2013).

Полет происходит ночью, и имаго проявляют положительный фототропизм (Feldtrauer, Feldtrauer, Brua, 2009; Schmitt, Demergès, 2012; Delmas, 2013; Göttig, Herz, 2014).

Самки откладывают яйца на нижнюю сторону листьев группами по 10–30 яиц, облепленных слизистым веществом (Straten, Muus, 2010; Leuthardt, Baur, 2013; Brua, 2013). Яйцекладка наблюдается через 2–3 суток после начала полета имаго (Oltean et al., 2016; Perny, 2010). Гусеницы предпочитают питаться более старыми листьями (Leuthardt, Glauser, Baur, 2013; Brua, 2013; Santi, Radeghieri, Maini, 2013).

Наблюдается ряд различий между инвазивной популяцией *C. perspectalis* и коренной популяцией в Азии. Температурные пороги, необходимые для развития яиц, гусениц и куколок, установленные для европейских популяций, отличались от таковых в Японии (Maruyama, Shinkaji, 1987; 1991; 1993). Так, пороговые температуры развития яиц, гусениц и куколок европейских популяций составляют 10,9 °C, 8,4 °C и 11,5 °C, соответственно (Nacambo et al., 2014). В Японии минимальные значения для развития яиц, гусениц и куколок – 11,5 °C, 10,1 °C и 12,0 °C, соответственно (Maruyama, Shinkaji, 1987). Такие различия могут возникать из-за того, что разные географические биотипы показывают разные реакции развития (Maruyama, Shinkaji, 1993).

К факторам, благоприятно влияющим на способность вредителя к расселению, наряду с поливольтинностью и репродуктивными стратегиями, относится диапауза. Диапауза улучшает выживаемость организмов, подвергшихся воздействию продолжительных стрессовых факторов.

Для фенологического моделирования зимующего поколения и возможности смягчить его вредоносность изучались особенности выхода вредителя из состояния зимней диапаузы. Было обнаружено положительное влияние повышения температуры на скорость и динамику прекращения диапаузы при отсутствии убедительного эффекта фотопериода (Poitou et al., 2020).

Возобновление развития гусениц после диапаузы наблюдается непосредственно при исчезновении основных стрессоров, а не в ответ на косвенные фотопериодические сигналы, которые могут не совпадать с условиями в первичном ареале вредителя. Зимующие гусеницы могут быть готовы покинуть свои коконы при появлении первых благоприятных условий, однако, прежде чем возобновить полную активность, они сохраняют способность ждать улучшения и стабилизации внешних условий (Poitou et al., 2020).

Как известно, существует две формы имаго, отличающиеся по окраске. Типично окрашенные имеют белое тело, за исключением коричневой головы и терминальной части брюшка. Крылья белые с ярким фиолетовым отливом, особенно у молодых особей. На передних крыльях по краям крыла проходит широкая коричневатая полоса неравномерной ширины. На задних крыльях также имеется широкая коричневатая полоса на уровне заднего края (Mally, Nuss, 2010; Korcinska, Eyre, 2011; Brua, 2013). Внутри в популяции встречаются также меланиновые экземпляры, у которых обе пары крыльев коричневые с белым пятном (Korcinska, Eyre, 2011; Sáfián, Horváth, 2011; Szabóky, 2012).

В 2016 г. из общего числа проанализированных имаго европейской популяции (Румыния) 68 % имели типично окрашенную форму и 32 % – меланиновую (Oltean et al., 2016).

Изучение пищевой специализации *C. perspectalis* в Европе подтвердило, что гусеницы питаются исключительно только самшитом. Эксперименты с другими растениями: *Euonymus japonicus*, *Ilex aquifolium* и *Ligustrum vulgare* показали, что гусеницы *C. perspectalis* не способны ими питаться (Leuthardt, Baur, 2013; Matošević, 2013; Bury et al., 2017). F.L.G. Leuthardt с соавторами (2010) отмечали, что наблюдали гусениц *C. perspectalis* питающихся пятью таксонами самшита (виды *Buxus microphylla* Siebold Zuccarini, *B. sempervirens* L. и *B. sinica* Rehder & Wilson, а также сорта *B. sinica* var. *insularis* и *B. sempervirens* ‘Rotundifolia’) (Leuthardt,

Billen, Baur, 2010). К числу перечисленных видов многие авторы причисляют также *B. balearica*, *B. microphylla* var. *insularis*, *B. colchica* (Korczynska, Eyre, 2009; Leuthardt, Billen, Baur, 2010; Straten, Muus, 2010; Mally, Nuss, 2010; Székely, Dincă, Mihai, 2011; Hizal, 2012; Todeschini, 2014). *Buxus sempervirens* ‘Rotundifolia’ наиболее сильно повреждаем в Европе, так как относится к числу предпочитаемых самками видов самшита для откладки яиц (Leuthardt, Baur, 2013; Santi, Radeghieri, Maini, 2013).

Вредоносность *C. perspectalis* в Европе очень высока. Примерно через год после проникновения на континент вид был внесен в список особо опасных вредителей в Европе (EPPO Alert List). Самшитовая огнёвка признана как экономически значимый вредитель (Salisbury, Korczynska, Halstead, 2012; Kenis et al., 2013; Nacambo et al., 2014; Wan et al., 2014; Bury et al., 2017).

C. perspectalis представляет серьезную угрозу для существующих аборигенных популяций *B. sempervirens* в Европе. Данные из природного заповедника Гренцах-Вайлен в Германии, где находится самый большой в этой стране самшитовый лес, показали, что в течение 2009–2010 гг. гусеницы повреждали все растущие самшитовые деревья, приведя к 90 % дефолиации, причем 27 % деревьев потеряли все свои листья (Kenis et al., 2013; Plant et al., 2019). В последующем, несмотря на сильное сокращение популяции вредителя в 2011 г., эксперимент по маркировке деревьев показал, что самшит не восстановился в 2012 г. и все растения, которые были полностью дефолированы в 2010 г., погибли (Nacambo, 2012). Это говорит о том, что *B. sempervirens* не способен пережить тотальную дефолиацию. На юге Европы *C. perspectalis* угрожает выживанию не только *B. sempervirens*, но и редкого *B. balearica* (Kenis et al., 2013). Вредоносность *C. perspectalis* усиливается тем, что, наносимые ею повреждения усугубляет сопутствующий новый инвазивный гриб *Cylindrocladium buxicola* Henricot (John, Schumacher, 2013; Kenis et al., 2013).

В Европе у *C. perspectalis* нет естественных врагов и ущерб, наносимый гусеницами очень серьезный. Исследования, проведенные в Швейцарии, показали, что природный комплекс врагов в Европе беден. Личиночный паразитизм составлял менее 1% и представлен одним паразитоидом *Pseudoperichaeta nigrolineata* Walker (Diptera, Tachinidae), в то время как паразиты яиц и куколочные паразитоиды не были обнаружены (Nasambo 2012). Хищники также не были отмечены, возможно, из-за секвестрации токсичных алкалоидов из растения-хозяина (Leuthardt, Glauser, Baur, 2013).

Птицы преимущественно не питаются гусеницами *C. perspectalis*. Возможно, это связано с высоким уровнем токсичных алкалоидов (Leuthardt, Baur, 2013; Bua, 2013), а также с обилием паутины и волосков на теле гусениц. Однако испытания во Франции, где птички кормушки были помещены в заселенную вредителем зону, показали, что птицы начинают учиться питаться гусеницами огнёвки и токсичность в краткосрочной перспективе не оказывает никакого влияния на их потомство (Martin et al., 2018).

1.2.3 Биоэкологические особенности *Cydalima perspectalis* на территории Российской Федерации

Биоэкологические особенности самшитовой огнёвки достаточно хорошо изучены в условиях северо-западного Кавказа, места первоначального проникновения огнёвки на территорию России. Цикл развития огнёвки в разных природно-климатических зонах северо-западного Кавказа включает одно-два полных (летних) и одно зимующее поколение за год (Щуров и др., 2015). О наличии 2–3 поколений в году в Краснодарском крае указывают многие авторы (Карпун, Игнатова, Журавлева, 2015; Агасьева и др., 2017; Гниненко и др., 2018). Во влажных субтропиках Черноморского побережья России в годы с благоприятными погодными условиями вредитель может давать частично четвертое поколение (Бугаева,

Игнатьева, Кашутина, 2015; Щуров и др., 2017; Карпун и др., 2019; Бибин, 2019).

Количество поколений зависит так же от высотной поясности и может составлять от 2 до 4 (Гниненко, Ширяева, Щуров, 2014; Гниненко, Лянгузов, 2017). Так, в местах произрастания естественных самшитников, развитие огнёвки отстает примерно на один месяц, по сравнению с декоративными посадками самшита на побережье в Сочи, расположенных на высоте до 50 м над уровнем моря. Такое развитие огнёвки обеспечивает прохождение ею как минимум 3-х поколений в самом низком поясе произрастания самшита. Однако на предделе его произрастания, в поясе растительности на высотах 1500–1800 м над уровнем моря, огнёвка, по-видимому, может развиваться только в одном поколении в год (Гниненко и др., 2018). Отмечено, что в условиях затенения вредитель развивался медленнее (с задержкой на 5–7 дней) и был менее вредоносен (Карпун, Игнатова, 2014).

Продолжительность каждой из двух первых поколений в среднем составляет 40–50 суток (Карпун, Игнатова, 2014; Карпун, Игнатова, Журавлева, 2015). В районе Сочи, как правило, зимуют гусеницы II–го и III–го возрастов в характерных двуслойных плотных коконах между молодыми листьями (Гниненко, Ширяева, Щуров, 2014; Карпун, Игнатова, Журавлева, 2015). Были обнаружены в массе зимующие яйцекладки и единично (в местообитаниях, расположенных близко к берегу моря) – куколки. Куколки, зимовавшие в отдаленных от морского побережья местообитаниях, в большинстве случаев погибали вследствие воздействия низких температур (Карпун и др., 2019).

В условиях Черноморского побережья (Сочи, Геленджик) гусеницы перезимовавшего поколения, как правило, начинают проявлять активность в конце первой декады марта. Теплая зима приводит к активности в III декаде февраля, а холодные зимы – к задержке появления питающихся гусениц до II декады марта (Карпун, Игнатова, Журавлева, 2015, Карпун и др., 2019;

Щуров и др., 2015). В Краснодаре активность *C. perspectalis* в 2019 г. длилась с конца марта до начала ноября (Щуров и др., 2020).

Молодые гусеницы питаются паренхимой листьев. Взрослые гусеницы объедают листья целиком, повреждают кору ветвей. Сильное повреждение приводит к полной дефолиации и усыханию растений (Карпун, Игнатова, 2014; Гниненко, Ширяева, Щуров, 2014).

Особенности климата Сочи приводят к тому, что питание гусениц может продолжаться и в осенне-зимний период (Гниненко, Лязгунов, 2017; Гниненко и др., 2018).

В Краснодаре и Сочи имаго перезимовавшего поколения появляются в конце мая – начале июня (Щуров и др., 2015; Щуров и др., 2019; Карпун и др., 2019). Лёт мелких бабочек огнёвки в Краснодаре фиксировался в середине октября, одновременно с уже диапаузирующими гусеницами (Щуров и др., 2020).

Длительность фаз развития самшитовой огнёвки определяется температурными показателями. При содержании в климатической камере с постоянной температурой +25 °С гусеницы огнёвки развиваются в течение 20–23 суток, а стадия куколки длится 8–14 суток; при температуре +18 °С развитие гусениц увеличивается до 30–35, а стадия куколки – до 19–25 суток, что с учётом экспериментально определённого порога развития +8 °С соответствует сумме эффективных температур около 580 градусо-дней (Нестеренкова, 2015; Нестеренкова, Пономарев, 2016; Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017).

Отмечается явление летней диапаузы у гусениц огнёвки младших возрастов, связанное с недостатком корма или иными неблагоприятными условиями (Нестеренкова и др., 2016; Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017; Карпун и др., 2019).

В природных популяциях огнёвки присутствуют бабочки двух цветовых форм: типичной и меланистичной. На Черноморском побережье

Краснодарского края, доля темных (меланистичных) особей составляет около 13–15 % (Гниненко и др., 2018).

Бабочки, как самцы, так и самки, активно летают (Нестеренкова и др., 2016). Также есть данные, что способность к расселению составляет 20 км (Щуров и др., 2018). При этом бабочки преодолевают горные перевалы на высоте около 2000 м над уровнем моря. В лесостепной зоне при полном отсутствии природных популяций самшита вид продвигался на 25–40 км за поколение именно благодаря активному разлёту имаго (Щуров и др., 2017).

За период своего развития (20–28 дней) одна гусеница способна уничтожить от 50 до 70 (обычно 60–65) листьев самшита среднего размера. В случае нехватки корма гусеницы, начиная с III–IV возраста, повреждают и кору на веточках самшита (а в полевых условиях – даже на стволе дерева). При этом максимальное количество корма гусеница потребляет за 3–5 дней до окукливания, когда отдельные экземпляры съедают по 10–15 листьев самшита в сутки (Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017). Одна гусеница способна оголить 50–70 см ветвей самшита (Нестеренкова, 2015).

В Сочи в местах нанесения огнёвкой катастрофических повреждений самшиту отмечалось, что гусеницы питались листвой подроста клена полевого *Acer campestre* и клекачки *Staphylea colchica*, тогда как другие растения, в том числе и бересклет европейский *Euonymus europaea*, не пострадали (Гниненко и др., 2018). По данным К.Ю. Синельникова (2015), в условиях Кавказского государственного природного биосферного заповедника в качестве кормовых растений самшитовой огнёвки выступали: лавровишня, клен полевой, ясень, мушмула японская, иглица колхидская, иглица колючая, дуб каменный. Н.Н. Карпун (2018) считает, что самшитовая огнёвка – олигофаг, питающийся в регионе только видами рода самшит. А повреждения на других породах зачастую ошибочно принимались за повреждения огневкой.

Последнее мнение подтверждают и лабораторные исследования пищевой специализации самшитовой огневки. На листьях *Euonymus japonicus*

в 2014 г. гусеницы питались, окукливались, но бабочки не появились; в 2015 г. гусеницы питались, но погибли (Карпун, Игнатова, Журавлева, 2015; Карпун и др., 2015). В декоративных насаждениях, где бересклет японский традиционно используется для создания живых изгородей, повреждений на нем обнаружено не было (Карпун и др., 2015). В лабораторных опытах гусеницы сочинской популяции отказывались от питания листьями *Acer campestre*, *Ligustrum lucidum*, *Ribes uva-crispa*, *Anethum graveolens*, *Robinia pseudoacacia*, *Rosa pendulina*, *Malus prunifolia*. Питание гусениц было отмечено на листьях *Brassica oleracea* L., *Lactuca sativa* L., плодах *Pyrus communis* L. и *Cucurbita pepo* L. ssp. *pepo*. Отмечался каннибализм, изменение цвета гусениц и их экскрементов, снижение их подвижности и, как результат, гибель (Карпун и др., 2015). В аналогичном опыте в лабораторных условиях Всероссийского центра карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР») гусеницы самшитовой огнёвки не повреждали ни один из предложенных им видов бересклета (*Euonymus verrucosa*, *E. latifolius* и *E. japonicus*) (Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017). При попытке кормления гусениц IV-го возраста облиственными ветвями бересклета бородавчатого *E. verrucosa* гусеницы не питались листвой, а объели кору молодых побегов. Однако все они погибли, так и не достигнув V возраста (Гниненко и др., 2018).

В Сочи и на территории Дагестана *C. perspectalis* повреждала исключительно растения рода *Buxus*, а имеющиеся указания о возможности потребления в пищу других видов растений не нашли подтверждения (Туниев, Алиев, 2018). При этом самшит балеарский (*Buxus balearica*), повреждался в меньшей степени, чем самшиты вечнозеленый и колхидский (Туниев, Алиев, 2018).

Вредоносность *C. perspectalis* очень высока и обусловлена её биологическими особенностями (поливольтинностью, способностью к активному расселению). В 2012–2014 гг. гусеницы самшитовой огнёвки нанесли катастрофические повреждения самшитникам на Черноморском побережье Краснодарского края практически повсеместно. Самшитовая

огнёвка явилась серьезным экологическим бедствием, вызвав гибель деревьев *B. colchica* в Тисо-самшитовой роще Кавказского заповедника, а также в лесах Сочинского национального парка и Туапсинского лесничества (Щуров, 2014; Гниненко и др., 2018). И в последующем, все незащищённые самшитники Черноморского побережья погибли или утратили жизнеспособность крон, уже отработанных ксилобионтами (Щуров и др., 2015; Щуров и др., 2018).

Изучение огнёвки на Кавказе свидетельствует о том, что у неё в природе пока нет эффективных энтомофагов (Бугаева, Игнатьева, Кашутина, 2015, Бугаева, Игнатьева, Слободянюк, 2016). Обнаружен паразитоид, который оказался видом из рода *Protapanteles* Ashmead, 1898 (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae) (Гниненко, Сергеева, 2016). Этот наездник в последующем был определен как *Protapanteles mygdonia* Nixon, 1973 (Hymenoptera: Braconidae) – экзопаразит гусениц огнёвки, уровень паразитизма, которого составляет от 4,1 до 7,9 % (Гниненко и др., 2018).

В проведенных исследованиях в условиях юга России гусениц *C. perspectalis* уничтожают шершни *Vespa crabro* L., лесные осы *Dolichovespida sylvestris* Scop, и полисты *Polistes dominula* Christ (Карпун и др., 2019), а преимагинальные стадии огнёвки – клещи краснотелки, пауки и личинки мух-журчалок (Борисов и др., 2016). Обнаружены единичные случаи паразитирования огнёвки мухой тахиной в районе Геленджика (Карпун и др., 2019). Однако перечисленные энтомофаги не сдерживают численность самшитовой огнёвки.

Грибные болезни в Краснодарском крае также не сдерживали вредителя. Так в 2014 г. были обнаружены единичные гусеницы, погибшие от гриба *Lecanicillium muscarium*; в 2015 г. были отмечены случаи гибели имаго и гусениц от гриба *Beauveria bassiana* l., а яйцекладок – от гриба *Penicillium* sp. (Карпун и др. 2019).

Таким образом, на Черноморском побережье Краснодарского края энтомофаги и патогены существенной роли в регулировании численности

популяции самшитовой огнёвки не играют. Это позволило ей быстро и беспрепятственно размножиться, и нанести катастрофические повреждения самшиту в посадках и естественных самшитниках (Гниненко и др., 2018).

Появление на территории Крыма *C. perspectalis*, как и других адвентивных вредителей, связано с интродукцией декоративных растений из-за рубежа, но, возможно, вид был занесен из соседнего Краснодарского края.

Как установлено недавними исследованиями, в условиях Крыма *C. perspectalis* также развивается поливольтинно и зимуют гусеницы II–III возрастов (Трикоз, Халилова, 2016; Будашкин, 2016). В Предгорной зоне полуострова вредитель развивается в трёх поколениях (Стрюкова, 2016), на ЮБК также имеет три поколения. Массовый выход перезимовавших гусениц происходит при сумме эффективных температур 15,8 °С (Трикоз, Исиков, 2018).

Высокая агрессивность фитофага представляет серьезную угрозу видам самшита в Крыму (Трикоз, Халилова, 2016; Балыкина, Трикоз, 2016; Трикоз, 2017; Исиков, Трикоз, 2018). Высокая вредоносность *C. perspectalis* также проявилась за последние пять лет на юго-восточном берегу Крыма. На территории дендропарка Карадагской научной станции самшит практически полностью уничтожен (Будашкин, Потапенко, 2019). По данным Н.Н. Трикоз (2018) *C. perspectalis* вытеснила другие виды вредителей самшита: *Eriococcus buxi* Fonsc., *Psylla buxi* L., *Nonarthropalpus buxi* Lab и *Eurytetranychus buxi* Garm и заняла освободившуюся экологическую нишу (Трикоз, 2018).

1.3 Абиотические факторы среды и сезонное развитие насекомых

Изучение особенностей фенологии видов представляет теоретический интерес с точки зрения понимания физиологических реакций и путей экологической адаптации видов к конкретным условиям обитания, в прикладном аспекте эти сведения используются для прогнозирования

состояния популяций вредных насекомых (Мешкова, 2009; Nacambo et al., 2014; Rebaudo, Rabhi, 2018; Canelles et al., 2021).

Насекомые являются эктотермными организмами, температура играет ключевую роль в регуляции основных их жизненных процессов, включая выживание, размножение, распространение и развитие (Мешкова, 2009; Rebaudo, Rabhi, 2018). Отдельного внимания заслуживает изучение зависимости сезонных циклов и темпов развития насекомых от факторов среды, поскольку зачастую именно они определяют фенотипическую пластичность, обеспечивая приспособление видов к условиям среды обитания (Мешкова, 2009; Лопатина, Гусев, 2019). Пестрота норм реакции на температуру, которая появляется в результате естественного отбора, способствует возникновению локальных адаптаций у местных популяций (Angilletta, 2009; Лопатина, Гусев, 2019). Темп или скорость развития насекомых в прикладной экологии является важным компонентом для построения моделей прогнозирования времени появления (Мешкова, 2009; Suppo, Bras, Robinet, 2020), распространения (Nacambo et al., 2014; Canelles et al., 2021), вспышек (Delatte et al., 2009) и вольтинизма (Kroschel et al., 2013) насекомых. При этом данные модели широко применяются для борьбы с вредителями и эпидемиями, в судебной медицине, а также для массового разведения насекомых и сохранения растений (Мешкова, 2009; Chuine, Régnière, 2017; Rebaudo, Rabhi, 2018).

Ход онтогенеза насекомых можно охарактеризовать скоростью развития, которая является обратной величиной продолжительности развития. Связь между реакцией скорости развития насекомых на температуру описывается асимметричной колоколообразной кривой (Рисунок 1), имеющей линейный участок в наиболее благоприятном для жизнедеятельности диапазоне температур (Лопатина, Гусев, 2019; Rebaudo, Rabhi, 2018).

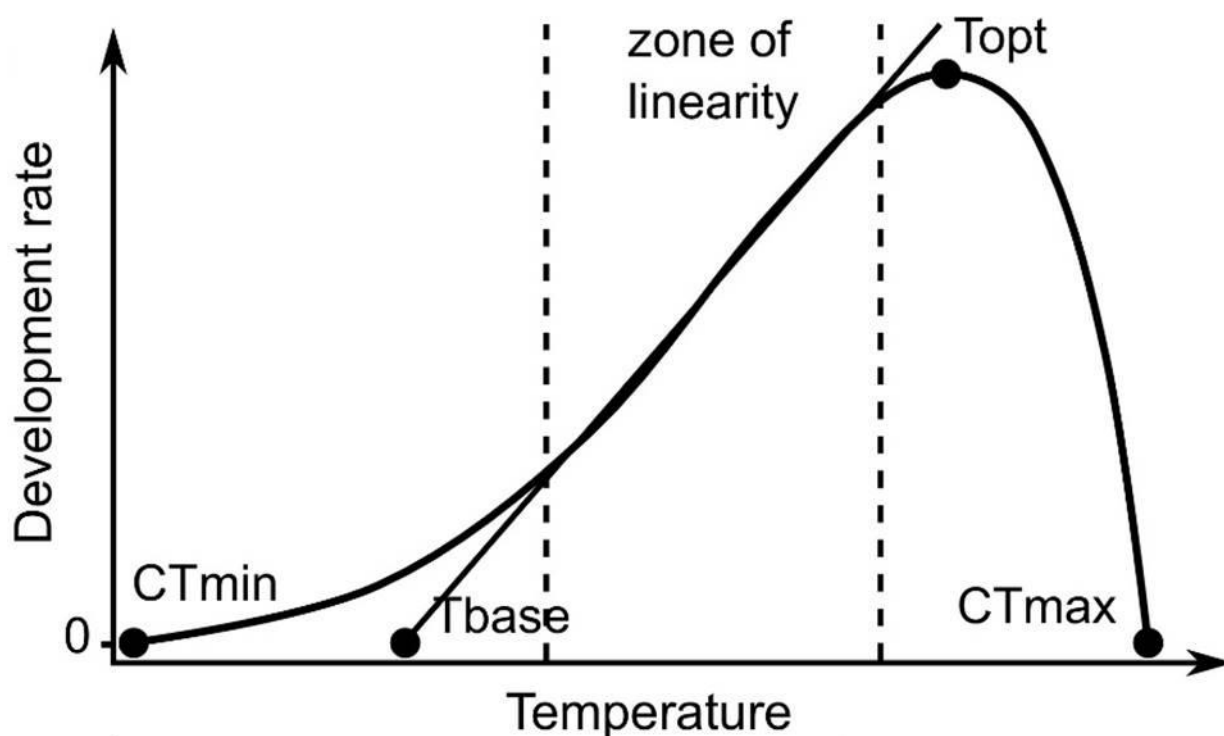


Рисунок 1 – Связь температуры и скорости развития у насекомых. Теоретическая кривая тепловых характеристик с температурным минимумом (CTmin), максимумом (CTmax), оптимумом (Topt) и базовой температурой (Tbase) (Rebaudo, Rabhi, 2018)

Развитие у насекомых начинается с критического температурного минимума (CTmin), при котором скорость развития равна нулю. С повышением температуры она медленно увеличивается и достигает температурного диапазона, в котором скорость развития почти линейно возрастает с повышением температуры до оптимального уровня (Topt), достигнув которого, начинает быстро снижаться до критического температурного максимума (CTmax) (Рисунок 1). Если линейную фазу развития продлить, координата в точке пересечения линии регрессии с осью абсцисс будет являться нижним температурным порогом развития или базовой температурой (Tbase) при которой скорость развития приближается к нулю (Мешкова, 2009; Лопатина, Гусев, 2019; Rebaudo, Rabhi, 2018).

Зависимость скорости развития от температуры часто описывают при помощи уравнения линейной регрессии $R = a + bT$, где R – скорость развития, a – интерсепта уравнения, определяющая точку пересечения линии

регрессии с осью ординат, b – коэффициент линейной регрессии, характеризующий угол наклона прямой к оси абсцисс, T – температура. Параметр b – коэффициент термолабильности развития, являющийся мерой термолабильности или термочувствительности развития (Медников, 1987; Лопатина, Гусев, 2019).

Величина, обратная коэффициенту регрессии и умноженная на 100 в отечественной литературе известна как сумма эффективных температур (СЭТ), а в зарубежной – как сумма градусо-дней (GDD) (Мешкова, 2009; Кипятков, Лопатина, 2010; Chuine, Régnière, 2017; Suppo, Bras, Robinet, 2020). Она равна сумме температур выше порога T_{base} , необходимой для завершения стадии или цикла развития. Температурный порог развития, коэффициент термолабильности и сумма СЭТ (GDD), характеризуют линейную зависимость скорости развития насекомых от температуры. Зачастую данные параметры называют температурными константами развития видов, несмотря на их фенотипическую пластичность и изменчивость чувствительности скорости развития к изменениям температуры, проявляющуюся под воздействием экологических факторов (Лопатина, Гусев, 2019).

В связи с этим, оценка термолабильности линейным способом не лишена недостатков. Реальная зависимость скорости развития пойкилотермных организмов от температуры описывается графиком сигмоидальной функции (Рисунок 1). Поэтому для более точного описания зависимости скорости развития от температуры было предложено множество нелинейных моделей (Корсакова, 2018; Chuine, Kramer, Hänninen, 2003; Migliavacca et al., 2012; Chuine, Régnière, 2017; Olsson et al., 2017).

Невзирая на ограничения и недостатки, линейная модель обладает целым рядом преимуществ. Тепловые константы легко вычислить математически, и они имеют понятный биологический смысл. Их можно применять для сравнения популяций и выявления влияния филогении, географии, размеров тела, питания и других ограничений на

продолжительность развития насекомых (Jarošík et al., 2015; Rebaudo, Rabhi, 2018).

Поскольку насекомые являются пойкилотермными организмами, темпы их развития и число поколений находятся в непосредственной зависимости от температурных условий региона и года. Надежная система синхронизации поливольтинного развития с ритмом внешних условий обеспечивается благодаря способности вида отслеживать согласованное воздействие различных внешних факторов: суточного и сезонного хода температуры, сезонной динамики фотопериода, качественного состава корма и т.д. (Saulich, Musolin, 2017).

В качестве одного из основных инструментов, связывающих сезонную динамику развития растений, поколений насекомых и временных интервалов каждой стадии их жизненного цикла с климатическими факторами, применяются фенологические модели. Для описания развития растений и пойкилотермных организмов, которыми являются насекомые, преимущественно используются классические фенологические модели накопления сумм тепловых единиц (градусо-дней (GDD) или эффективных температур (СЭТ)), превышающих заданный порог (Корсакова, 2018; Olsson et al., 2017; Suppo, Bras, Robinet, 2020). За многие годы эти простые модели доказали свою точность для многих видов (Chuine, Régnière, 2017; Rebaudo, Rabhi, 2018). Они основаны на принципе, что для завершения развития данной стадии жизненного цикла должно быть накоплено определенное количество тепловых единиц выше заданного температурного порога и предполагают линейную зависимость между температурой и скоростью развития. Также существуют фенологические модели, которые учитывают нелинейную связь между скоростью развития и температурой (Rebaudo, Rabhi, 2018; Suppo, Bras, Robinet, 2020). Параметризация фенологических моделей, характеризующих зависимость хода процесса развития от температуры и других абиотических факторов, представляет большой

интерес для разработки эффективных мер контроля, ограничивающих распространение фитофагов.

Анализируя имеющиеся в литературе сведения по проявлению фенотипической пластичности температурных норм развития *C. perspectalis* в различных географических регионах (Карпун, 2018а; Гниненко и др., 2018; Щуров и др., 2020; Maruyama, Shinkaji, 1987; Nacambo et al., 2014; Poitou et al., 2020; Suppo, Bras, Robinet, 2020; Canelles et al., 2021), мы не нашли данные о комплексной оценке реакции скорости развития поколений *C. perspectalis* на действие абиотических факторов в течение годового жизненного цикла. Недостаточно информации относительно прогноза стадий развития самшитовой огневки для быстрой разработки плана действий по борьбе с вредителем, особенно для регионов России.

1.4 Опыт и перспективы регулирования численности *Cydalima perspectalis*

Химический метод

В Японии и Китае против самшитовой огнёвки успешно использовали синтетические пиретроиды: циперметрин, дельтаметрин (Maruyama and Shinkaji 1987; Zhang et al., 2005; Zhou et al., 2005; She, Feng, 2006; Ma et al., 2006; Xi et al., 2009). Эффективность синтетических пиретроидов в борьбе с *C. perspectalis* отмечена также в Европе (Korycinska, Eyre, 2011). В лабораторных условиях были испытаны пиретроиды Кинмикс и Каратэ Зеон, вызвавшие 100 % гибель гусениц через 2 часа (Бугаева, Игнатьева, Кашутина, 2015). При защите самшита в г. Майкопе, обработка гусениц баковой смесью вазелинового масла и инсектицида Шарпей обеспечила на третьи сутки высокую биологическую эффективность – 95 % (Дьякова, 2016).

Для условий Сочи были рекомендованы следующие баковые смеси из иммуномодулятора, регулятора роста, и инсектицидов: Би–58 20 мл + 1мл Циркон на 10 л воды; 10 мл циперметрина + 1 мл Циркон на 10 л воды; 10 мл

Ципи плюс + 2 мл Эпин на 10 л воды (Бубенщикова, 2019). Существуют рекомендации проводить против самшитовой огнёвки двукратные обработки баковыми смесями инсектицидов с препаратом 30 (во второй декаде марта и в первой декаде октября) (Платонов, Карпун, 2019).

Из класса фенилпиразолов эффективным против *C. perspectalis* является инсектицид фипронил (Zhang et al., 2007).

В лабораторных условиях был испытан аналог ювенильного гормона – Дифлucid. Обработка 0,5 %-ным раствором этого препарата привела к 100 %-ной гибели гусениц в течение трёх недель без заметного повреждения листвы (Абасов и др., 2016).

Однако применение химических инсектицидов рекомендовано крайне осторожно, так как большинство из них не являются видоспецифичными и оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду (Fora et al., 2016). А ввиду серьёзных законодательных ограничений на использование химических инсектицидов в городских декоративных насаждениях и в санаторных парках наибольшее внимание уделяется разработкам, связанным с использованием экологически безопасного биологического метода защиты растений.

Биологический метод защиты растений – использование против вредителей их естественных врагов (возбудителей болезней, энтомофагов).

Много лет успешно используются для борьбы с вредителем биопрепараты на основе токсинов, выделенных из ряда подвигов бактерий *Bacillus thuringensis* (Bt) ssp. *kurstaki* (Kenis et al., 2013, Plant et al., 2019). В Китае также оказались эффективными в борьбе *C. perspectalis* биоинсектициды на основе масла нима и *Bacillus thuringiensis* (Bt) var. *kurstaki* (Li et al., 2004). Обработки против гусениц самшитовой огнёвки в Республике Адыгея с использованием биологических препаратов Битоксибациллина и Биостопа обеспечили ярко выраженный защитный эффект (Гниненко и др., 2018). А при десятикратной обработке Битоксибациллином, в период с середины апреля до конца октября

техническая эффективность препарата в среднем составила 95–99 % (Бибин, Ковалев, 2017; Бибин, 2019). Также при испытании против гусениц самшитовой огнёвки биоинсектицидов высокую эффективность (100 %) проявили Актоверм и Битоксибациллин (Агасьева и др., 2017). По данным Л.Н. Бугаевой и коллег (2015), в лабораторных условиях биоинсектициды Битоксибациллин и Фитоверм вызывали 100 % гибель гусениц через 24 часа (Бугаева, Игнатьева, Кашутина, 2015).

Большинство авторов придерживаются мнения, что высокая биологическая эффективность бактериальных препаратов на основе бактерии *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* и *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* против гусениц самшитовой огневки достигается в борьбе с гусеницами младших возрастов (Бибин, 2019; Карпун, 2018; Леонидзе, Кантария, 2018; Нестеренкова, Гниненко, Пономарев, 2019).

Выделенные из больных гусениц самшитовой огнёвки штаммы бактерий *Bacillus* sp. обладают энтомопатогенным действием в отношении *C. perspectalis* в тестах *in vitro* и *in vivo*, в том числе и против гусениц старших возрастов, что делает их перспективными для биологического контроля самшитовой огневки (Агасьева и др., 2016).

Проводятся испытания по разработке новых биоинсектицидов, в том числе и на основе энтомопатогенных грибов. В лабораторных экспериментах определена эффективность штаммов *Isaria fumosorosea* при обработке гусениц старшего возраста самшитовой огнёвки суспензией конидий гриба. Заражение *I. fumosorosea* было позже подтверждено, когда гриб спорулировал. Грибная инфекция наблюдалась в основном у куколок. Максимальная смертность не превышала 60 %, что указывает на очень низкую восприимчивость *C. perspectalis* к *I. fumosorosea*. Изучаемые штаммы *I. fumosorosea* проявили низкую вирулентность в связи с накоплением в кутикуле гусениц фитохимических веществ растений-хозяев, обладающих антимикробной активностью. Эксперименты *in vitro* подтвердили, что водно-

спиртовой экстракт листьев *B. sempervirens* подавлял прорастание спор и рост конидий *I. fumosorosea* (Zemek, Konopická, Abdin, 2020).

Для регулирования численности *C. perspectalis* также применяются вирусные препараты. Лабораторные исследования показали, что гусеницы восприимчивы к вирусу нуклеополиэдроза (AnfaNHV) (Rose et al., 2013).

Испытание в лабораторных условиях на гусеницах IV возраста огнёвки препарата Неовир – вирусное средство на основе вируса ядерного полиэдроза рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer*) и Пинквир – биопрепарат на основе вируса ядерного полиэдроза общего типа непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*) и других волнянок рода *Lymantria* показали высокую эффективность этих препаратов (Абасов и др., 2016; Гниненко и др., 2018, Гниненко, Пономарев, Нестеренкова, 2018; Нестеренкова, Гниненко, Пономарев, 2019).

Энтомофаги. В Европе изучается эффективность паразитоидов, применяемых методом сезонной колонизации. Так, паразит яиц (*Trichogramma* sp.), при рассеивании с помощью дрона на территории Франции не показал успешных результатов (Plant et al., 2019). В Германии проводились испытания о возможности использования аборигенного гусеничного паразитоида *Bracon brevicornis* для регулирования численности *C. perspectalis* (Zimmermann, Wuhler, 2010).

Эндопаразит гусениц Lepidoptera Pyralidae – *Exorista larvarum* L. (Diptera, Tachinidae) был применен против гусениц *C. perspectalis*. Личинки *E. larvarum* первого возраста проникли в тело гусениц самшитовой огнёвки и были инкапсулированы. Паразитоид вызывал гибель гусениц самшитовой огнёвки, но его развитие в хозяине не проходило. В связи с этим, *E. larvarum* был предложен для консервативного биологического контроля фитофага (Martini, Vitantonio, Dindo, 2019).

Учитывая, что местные паразитоиды в Российской Федерации (РФ) не имеют существенного значения для снижения численности самшитовой огнёвки, встал вопрос о применении энтомофагов методом сезонной

колонизации. Куколочный паразитоид *Chouioia cunea* (Hymenoptera, Eulophidae) был успешно применен в системе защиты самшита от огнёвки. В 2015 г. в Сочинском национальном парке паразитирование куколок огневки *Chouioia cunea* составило от 36,84 до 40,0 %, что указывает на возможность для данного паразитоида стать составной частью комплексной биологической системы защиты самшита от гусениц самшитовой огнёвки (Гниненко, Сергеева 2016, Гниненко и др., 2016). Однако существует мнение, что *C. cunea*, являясь агрессивным паразитоидом, имеющим широкий спектр хозяев, может быть опасен для местных видов чешуекрылых, многие из которых эндемичны или занесены в Красные книги РФ и субъектов России (Бибин, 2019).

Анализ литературных данных свидетельствует о возможности использования *Habrobracon hebetor* против самшитовой огнёвки в условиях юга России. Проводились опыты по испытанию паразитической активности габробракона против самшитовой огнёвки в Краснодаре. Аборигенный вид браконид *H. hebetor* Say парализовал гусениц самшитовой огнёвки, но не паразитировал на них, тогда как совочная раса *H. hebetor* проявила высокую паразитическую активность к данному виду фитофага (Агасьева и др., 2017). В разрабатываемой интегрированной системе защиты самшита от *C. perspectalis* в Краснодарском крае рекомендован выпуск эктопаразита гусениц *H. hebetor* из расчета 50–60 особей/10 м² (Агасьева, Федоренко, Нефедова, 2018).

Хищная складчатокрылая оса *Euodynerus posticus* (Herrich-Schaeffer, 1841) показала низкую эффективность против огнёвки (Бугаева, Игнатьева, Кашутина, 2015). Так, при испытании эффективности *E. posticus* в 2015 г. в Сочинском национальном парке, максимальное количество гусениц, уничтоженных осами, составило всего 17 % (Иванов и др., 2015).

Установлено, что хищные клопы-щитники *Picromerus bidens* L. легко расправлялись с гусеницами огневки II–VI возраста. Наибольший эффект был получен в результате применения недавно перелинявших личинок клопа

II–III возраста. Эффект достигался только при соотношении «хищник : жертва» не меньшем, чем «2 : 1» (Абасов и др., 2016; Нестеренкова, Гниненко, Пономарев, 2019; Чеглик, Нестеренкова, 2019).

Испытание хищных клопов – *Podisus maculiventris* Say и *Perillus bioculatus* Fabr. показало, что подизус обладает высокой хищнической активностью по отношению к гусеницам самшитовой огнёвки младших и старших возрастов, а периллюс гусеницами огнёвки не питался (Агасьева др., 2017). В разрабатываемой интегрированной системе защиты самшита от *C. perspectalis* в Краснодарском крае рекомендовано в середине вегетации проводить выпуск личинок хищного клопа подизуса II–III возрастов из расчета 10–20 особей/куст (Агасьева, Федоренко, Нефедова, 2018).

Регулирование численности *C. perspectalis* включает в себя использование биологического контроля нематодами. В Восточной Азии два вида нематод, *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) и *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae), собранные из лесных почв Республики Корея, были оценены в лаборатории на предмет их эффективности против *C. perspectalis*. *S. carpocapsae* или *H. bacteriophora* приводили к 97,8–100 % и 92–98,9 % смертности, соответственно (Choo et al., 1991).

Биотехнический метод – экологический подход в стратегии борьбы с вредителями основан на естественной реакции насекомых на определенные физические или химические раздражители. К последним относятся репелленты, аттрактанты и феромоны.

Проводятся эксперименты по применению эфирных масел, обладающих репеллентными свойствами для *C. perspectalis*. В лабораторных условиях были испытаны эфирные масла корицы, эвкалипта и лаванды. Все три эфирных масла обладали значительным репеллентным действием, однако на самшит, обработанный маслом корицы, самки откладывали минимальное количество яиц (Szelényi et al., 2020).

Проводились исследования по нарушению спаривания с использованием феромонов (Kawazu et al., 2007). Успешно использованы

феромонные ловушки для мониторинга вредителя (Kawazu et al., 2007; Santi, Radeghieri, Maini, 2013). На замкнутых пространствах применялись феромоны для осуществления самцового вакуума, но метод не обеспечил удовлетворительный результат (Straten, Muus, 2010).

Феромоны являются наиболее перспективным средством раннего выявления вредителя и мониторинга ситуации в очагах. Разработанный Всероссийским центром карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР») феромонный препарат применяется для выявления и мониторинга самшитовой огнёвки вне зависимости от стадии развития вспышки массового размножения (Абасов и др., 2016). Определена феромонная смесь, наиболее привлекательная для самцов самшитовой огнёвки, обитающих на юге европейской части России, содержащая цис-11-гексадеценаль и транс-11-гексадеценаль в соотношении 4:1. (Нестеренкова и др., 2017). Поиски наиболее эффективного варианта соотношения компонентов искусственной феромонной смеси, их дозировок и подбор оптимального варианта диспенсера проводились также на территории Республики Крым специалистами НБС (ФГБУН «НБС – ННЦ») и ФГБУ «ВНИИКР» (Балыкина и др., 2020).

По данным И.С. Агасьева и коллег (2018), одним из перспективных направлений в борьбе с самшитовой огнёвкой является нарушение половой коммуникации и массовый отлов с помощью синтетического полового феромона. Дезориентацию самшитовой огнёвки проводили в Краснодарском крае, развешивая дезрапторы на кустах самшита из расчета 1 дезраптор/10м² (Агасьева, Федоренко, Нефедова, 2018).

Агротехнический метод, в частности обрезка является трудоемким и малоэффективным. Часто самшит уже тщательно обрезан до желаемой формы, а гусеницы обитают внутри растения и не будут удалены подобным образом (Plant et al., 2019).

Механический метод. При низких изгородях возможен сбор гусениц вручную, однако, это также трудоемкий и малоэффективный метод (Plant et al., 2019).

РАЗДЕЛ 2

УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Краткая природно-климатическая характеристика районов проведения исследований

Главными климатообразующими факторами Крыма в целом являются: радиационные, циркуляционные особенности, рельеф, а также влияние Чёрного и Азовского морей (Борисов, 1976). Одной из климатических характеристик, отражающих физико-географические особенности района, является средняя месячная температура воздуха. В соответствии с географическим положением Крыма, среднемесячная температура воздуха в основном изменяется с севера на юг, за исключением ЮБК, где она изменяется к востоку и к западу (Климат ..., 1982; Климатический атлас Крыма, 2000).

Влажность воздуха является составной частью водного баланса атмосферы. Наличие влаги в атмосфере, её передвижение играют существенную роль в формировании погоды и климата. Особенности циркуляции атмосферы и рельеф Крымского полуострова обуславливают значительную пространственную неоднородность поля осадков. Их количество за год изменяется по территории от 250 мм в степных районах до 1000 мм и более в горах. (Климат..., 1982; Климатический атлас Крыма, 2000).

Пространственная неоднородность поля осадков в холодный период года в Крыму обуславливает неравномерное распределение снежного покрова по его территории. Устанавливается снежный покров на территории Крыма в разное время. Раньше всего он появляется на яйлах – в I, II декадах ноября, позже всего на ЮБК – в I декаде января (Климат..., 1982; Климатический атлас Крыма, 2000). В большей части территории Крыма режим ветра формируется под влиянием атмосферной циркуляции,

преобладающей над южными районами Украины. В предгорьях Крыма и на ЮБК наблюдаются ветры горно-долинной и бризовой циркуляции, направление которых существенно зависит от направления межгорных понижений рельефа и осей долин. В теплый период года в горах и на ЮБК преобладает местная циркуляция. На побережье развиваются бризы (Климат..., 1982; Климатический атлас Крыма, 2000).

Для территории Крымского полуострова разработаны агроклиматическое и мезоклиматическое районирование, а также классификация климата по генетическому признаку (Блютген, 1973), согласно которой в Крыму выделяются умеренный тип климата, горный, субтропический средиземноморский (субсредиземноморский).

В зависимости от характера рельефа наблюдается временная и пространственная изменчивость основных метеоэлементов, которая варьирует на территории Крыма в широких пределах. Выделяют 4 области, отличающиеся режимом метеоэлементов: 1 – равнинный Крым; 2 – предгорье; 3 – горный; 4 – ЮБК (Климатический атлас Крыма, 2000).

По классификации разных авторов, весь Крым может быть разделен на три естественно-климатические области, характеризующиеся различными типами климата: равнинную – с засушливым климатом; горную – с умеренно-теплым и влажным климатом; средиземноморскую ЮБК – умеренно-теплую с сухим летом (Агроклиматический справочник..., 1959; Важов, 1977; Климатический атлас Крыма, 2000).

Восточный предгорный агроклиматический район, включающий в себя административные районы (Симферопольский и Белогорский), отличающиеся по среднегодовому количеству осадков, теплообеспеченности, зимним экстремальным температурам был разделен на два района: Центральный предгорный и Восточный предгорный (Опанасенко, Костенко, Евтушенко, 2015).

Местом проведения исследований являлись *Центральный предгорный район и Западный южнобережный субтропический* агроклиматические районы Крыма (Важов, 1977; Опанасенко, Костенко, Евтушенко, 2015).

Климат Предгорного Крыма континентальный в связи с влиянием степей. Континентальность климата Предгорного Крыма особенно выражается в годовом ходе осадков. В восточной части в теплый период осадков выпадает почти в полтора раза больше, чем в холодный, а максимальное их количество приходится на летние месяцы. Годовое количество осадков в Предгорном Крыму 476–689 мм. По общей годовой сумме осадков климат этого района полувлажный с достаточным количеством влаги для естественного увлажнения, но вследствие большого уклона местности значительная доля ее уходит на сток. Долины рек часто страдают от засух, в особенности в нижнем течении, где влаги выпадает меньше. (Иванченко и др., 2010)

Центральный предгорный район характеризуется сильными морозами, средние минимумы температур около $-18...-22$ °С, а абсолютный минимум в отдельные годы составляет $-27...-31$ °С (Иванченко и др., 2010)

Продолжительность безморозного периода колеблется в очень широких пределах. Средняя продолжительность безморозного периода в воздухе в Симферополе 178–186 дней. Самые ранние осенние заморозки в Симферополе наблюдаются в конце сентября – начале октября. Средняя дата первого осеннего заморозка в Предгорном Крыму 6–14 октября. Продолжительность периода с температурой выше 10 °С составляет 182–185 дней. Наблюдающееся здесь снижение сумм температур определяется более низкой (на 1–2 °С) температурой летних месяцев. Самым теплым месяцем в году является июль, средняя его температура Симферополе 21,5 °С. Суммы активных температур воздуха выше 10 °С составляют 2940–3250 °С (Иванченко и др., 2010).

Центральный предгорный район имеет следующие *почвы*: комплексные, предгорные черноземы, бурые остепенённые, дерново-

карбонатные и аллювиальные современных речных долин (Важов, 1977; Опанасенко, Костенко, Евтушенко, 2015).

Западный южнобережный субтропический агроклиматический район располагается между южной грядой основного хребта Крымских гор и Черным морем, представляя собой узкую береговую полосу. Часть её от мыса Форос до горы Костель (район Большой Ялты и западную часть Алуштинского района) называют Южным берегом Крыма (ЮБК). Географическое положение ЮБК, защищенность его с севера горами, близость теплого Черного моря обуславливают формирование климата средиземноморского типа с преобладанием осенне-зимних осадков, умеренно жарким засушливым летом и мягкой зимой с частыми оттепелями (Плугатарь, Корсакова, Ильницкий, 2015).

Летом на Черное море распространяется отрог субтропического (Азорского) антициклона, под влиянием которого формируются длительные периоды жаркой и сухой погоды. В холодном полугодии отмечается высокая активность атмосферных процессов, связанная, как правило, с интенсивной циклонической деятельностью над Средиземноморским бассейном, сопряженной с мощным антициклогенезом над юго-востоком Европейской части России и Украины (Справочник..., 1974).

Климат средиземноморский засушливый, жаркий, с умеренно-теплой зимой. Среднегодовая температура воздуха +12...+13 °С. Температура самого теплого месяца (августа) +23–25 °С, самого холодного (февраля) +2,5...+4,5 °С, средний из абсолютных годовых минимумов температур –6...–9 °С, абсолютный минимум –15 °С. В полдень температура воздуха поднимается до +26,5...+28,5 °С, а в отдельные годы до +37...+39 °С. На поверхности почвы минимальная температура в январе –18 °С. Зимний период, или период с устойчивыми среднесуточными температурами воздуха 0 °С наблюдаются крайне редко.

Осадки в виде снега выпадают ежегодно, но устойчивый снежный покров бывает не более 12 дней. Устойчивый снежный покров, который без

перерыва лежит 30 дней и более, образуется 1–2 раза в 100 лет. Повторяемость зимних вегетационных оттепелей – 65–70 % от общего числа лет наблюдений. Первые заморозки наблюдаются в начале декабря, весенние прекращаются в конце второй декады марта. Безморозный период составляет 259 дней. Сумма температур выше 10 °С равна 3655 °С выше 15 °С – 2910 °С. Годовое количество осадков 430 мм, в вегетационный период – 200 мм. Максимум их (75 мм в месяц) наблюдается в декабре, минимум (29 мм) – в апреле-мае. Годовая испаряемость 900–1100 мм, в период активной вегетации растений – 850–860 мм, что в 3,7 раза больше суммы осадков, выпадающих в это время (Важов, 1977; Орёл, 2018).

Сложная топография прибрежной зоны Южного берега Крыма вносит микроклиматическое разнообразие среди отдельных районов. Основными факторами, определяющими микроклимат территории ЮБК, являются форма рельефа, высота места и удаление от берега моря, экспозиция склона и условия защищенности, действующие, как правило, совместно. В связи с глобальным потеплением климата, температура воздуха за последние десятилетия претерпела значительные изменения по сравнению с периодом 1961–1990 гг. Температура воздуха стала выше в большинстве месяцев и в целом за год (IPCC, 2007; Плугатарь, Корсакова, Ильницкий, 2015).

Для Западного южнобережного субтропического района характерны коричневые *почвы*, формирующиеся в условиях Крымской Южной сухой лесостепи, для которой характерно влияние средиземноморского климата. В данных климатических условиях под специфической растительностью сухих лесов и кустарников с участием травянистой формации происходит развитие коричневых почв, как зональных. Главным условием формирования коричневых почв являются изреженные дубово-можжевеловые леса и кустарники с обильным развитием в них травянистой, преимущественно злаковой растительности. Коричневый цвет почвы является следствием процесса почвообразования его главной части – накопления и разложения органического вещества в почве (Орёл, 2017).

2.2 Особенности погодных условий в годы исследований

Согласно данным агрометеорологической станции Никитский сад Крымского УГМС (А Никитский сад), расположенной на ЮБК и характеризующей погодные условия Западного южнобережного субтропического района, в январе и феврале 2018 года наблюдалась изменчивая, относительно теплая с волнами холода и обильными осадками погода. Среднемесячные показатели температуры воздуха превышали норму в январе и феврале. Осадков за февраль выпало 108 % от нормы (Таблица 1).

Весна 2018 года отличалась теплой погодой: в марте, апреле и мае среднемесячные температуры воздуха превышали норму (Таблица 1). Осадков за март выпало 156 % от нормы, а в апреле на фоне высоких температур они практически отсутствовали. Такой необычно теплый и сухой апрель наблюдался в Никитском ботаническом саду впервые, начиная с 1930 г. наблюдений. В мае осадки наблюдались периодически на протяжении всего месяца в виде кратковременных ливней и составили в сумме 136 % от нормы.

В летние месяцы преобладала теплая, жаркая, временами очень жаркая и суховейно-засушливая погода. Средние температуры воздуха в летние месяцы были выше нормы (Таблица 1). Сумма осадков за июнь составила 16% от нормы, за июль – 171 % от нормы, а за август – 6 % от нормы.

Начало осени характеризовалось преимущественно теплой, очень теплой и временами жаркой погодой. Среднемесячные температуры сентября и октября превышали норму, а максимальная в сентябре достигала +24...+27 °С. В ноябре было преимущественно относительно холодно и дождливо, осадков выпало 150 % от нормы.

В декабре погода обуславливалась активной циклонической деятельностью. В среднем за месяц температура воздуха была на +0,1 °С выше нормы. Осадков за месяц выпало в 1,5 раза больше нормы.

Таблица 1 – Агроклиматические показатели на Южном берегу Крыма за 2018–2020 гг., по данным А Никитский сад

Показатель	Климатическая норма, годы	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура воздуха, °С	1961–1990	3,1	3,3	5,3	10,5	15,4	19,9	22,8	22,6	18,4	13	8,9	5,5
	2018	4,6	4,9	6,9	14,5	18,8	22,8	24,6	26,6	20,4	16,1	8,3	5,6
	2019	4,9	5,4	6,9	11,2	17,2	24,8	23,2	24,9	19,9	15	11,4	7,9
	2020	5,0	5,3	9,3	10,1	14,9	21,7	25,5	24,8	22,4	18,2	9,6	7,4
Осадки, мм	1961–1990	73	64	50	38	33	42	31	31	51	37	62	83
	2018	93	69	78	0	45	7	53	2	83	40	93	129
	2019	90	43	24	44	1	73	21	22	15	7	67	62
	2020	26	85	3	8	31	55	8	9	24	35	36	42
Относительная влажность воздуха, %	1961–1990	74	74	72	67	66	61	56	55	61	67	74	74
	2018	77	79	79	55	65	56	61	46	64	63	79	78
	2019	75	75	64	63	69	58	59	54	58	71	72	74
	2020	67	65	60	50	66	63	58	51	63	70	73	82

В целом за 2018 г. сумма активных температур воздуха более 10 °С составила 4575 °С, что больше средних многолетних значений на 742 °С. За календарный год сумма осадков составила 693 мм, на 98 мм больше нормы. Средняя температура воздуха за год была 14,6 °С.

Зимние месяцы 2019 г. отличались теплой погодой, среднемесячные температуры превышали средние многолетние. Осадков за январь выпало 90 мм или 123 % от нормы, а за февраль – 43 мм или 67 % от нормы (Таблица 1).

Весна 2019 была относительно теплая. Среднемесячные температуры воздуха в весенние месяцы превышали норму. Минимальное количество осадков наблюдалось в марте и мае: 24 мм или 48 % от нормы и 1 мм или 3 % от нормы соответственно. В апреле все осадки выпали во второй декаде и в сумме составили 44 мм или 116 % от нормы (Таблица 1).

Летом 2019 г. преобладала необычно теплая, жаркая, временами очень жаркая и суховейно-засушливая во второй половине августа погода. Среднемесячные температуры воздуха в летние месяцы превышали норму. Причем, в июне среднемесячная температура воздуха за месяц составила +24,8 °С, что на 4,9 °С выше нормы, это стало абсолютным рекордом за все время наблюдений на агрометеостанции, начиная с 1930 года. Всего осадков за июнь выпало 73 мм (173 % от нормы) (Таблица 1). Осадков в июле и августе выпало немного, ниже нормы.

Осень 2019 г. на Южном берегу Крыма была преимущественно теплой. Среднемесячные температуры воздуха осенних месяцев превышали норму. В сентябре и октябре осадков выпало мало – 15 мм (29 % от нормы) и 7,0 мм (19 % от нормы) соответственно. В ноябре в конце месяца выпало 67,0 мм (108 % от нормы) (Таблица 1).

В декабре 2019 г. наблюдалась преимущественно относительно теплая погода. В среднем за месяц температура воздуха составила +7,9 °С, что на 2,4 °С выше нормы, выпало 62 мм осадков.

В целом за 2019 г. сумма активных температур воздуха более 10 °С составила 4447 °С, что больше средних многолетних значений на 614 °С, но

меньше прошлогодних на 128 °С. За календарный год сумма осадков составила 470 мм, что на 125 мм меньше нормы и на 223 мм меньше прошлого года. Средняя температура воздуха за год составила +14,5 °С.

2020 год отличался аномально высоким температурным фоном ранневесеннего периода и жарким засушливым летом. В течение зимних месяцев 2020 г. наблюдалась преимущественно относительно теплая с осадками погода, за исключением отдельных дней. В январе и феврале среднемесячная температура воздуха превышала норму. За январь выпало 26 мм осадков (35,6 % нормы), а за февраль 85,0 мм (133 % от нормы).

Весной 2020 года отмечалось значительное колебание температур. В марте наблюдалась преимущественно очень теплая, солнечная и сухая погода с незначительными заморозками в середине месяца. Среднемесячная температура воздуха составила +9,3 °С (на 4,0 °С выше нормы), что оказалось абсолютным рекордом для марта после 1930 г. (Таблица 1). Максимальная температура воздуха достигала 22,1 °С, а минимальные температуры ночью были около -0,9...-1,6 °С. За месяц выпало 3,0 мм осадков или 6 % от нормы, что также являлось рекордным минимумом осадков в НБС в течение марта за последние 90 лет. В апреле было относительно прохладно, солнечно и сухо. Средняя за месяц температура воздуха была на 0,4 °С ниже нормы. За месяц выпало лишь 21 % осадков от месячной нормы. В мае температура воздуха и осадки были ниже нормы.

Летом 2020 года преобладала теплая, временами жаркая погода. Среднемесячные температуры воздуха в летние месяцы превышали норму. Всего осадков за июнь выпало 54,8 мм (130 % от нормы), а за июль и август осадков выпало крайне мало – 26 и 29 % от нормы соответственно (Таблица 1).

Осень 2020 г. на ЮБК была очень засушливой и теплой. Среднемесячная температура воздуха в октябре впервые за последние 90 лет превысила порог 18 °С (Таблица 1). В декабре 2020 наблюдалась преимущественно относительно теплая погода с волнами холода при

прохождении атмосферных фронтов. Средняя температура воздуха за месяц превышала норму на 1,9 °С, а осадки составляли 50,6 % от нормы.

Сумма активных температур воздуха более 10 °С за 2020 г. составила 4526 °С, что больше средних многолетних значений на 693 °С. За календарный 2020 год сумма осадков составила 360,8 мм, что на 234 мм меньше нормы (или 61 % от нормы) и на 109 мм меньше прошлого года. Средняя температура воздуха (по среднесуточным данным) за год составила 14,5 °С.

Данные метеостанции Симферополь (Таблица 2), характеризующие погодные условия Центрального предгорного района Крыма, были получены из открытого источника (Погода в 243 странах мира, [Электронный ресурс], режим доступа <https://rp5.ru>).

Согласно данным метеостанции Симферополь, в январе и феврале 2018 г. наблюдалась изменчивая, погода и среднемесячные показатели температуры воздуха значительно превышали норму. Минимальные температуры в эти месяцы опускались до –12 °С и –9 °С соответственно. В феврале выпало 152 % нормы осадков.

Весна 2018 г. характеризовалась теплой погодой, среднемесячные показатели температуры превышали норму, при этом максимальные температуры достигали в марте, апреле +18,6 °С...+26 °С соответственно, а в мае – +29,5 °С. Минимальные температуры в марте опускались до –6 °С, в остальные месяцы заморозков не было. Минимальное количество осадков наблюдалось в апреле – 17,7 % от нормы.

В летние месяцы преобладала теплая, жаркая, временами очень жаркая погода. Среднемесячные температуры воздуха летних месяцев превышали норму. При этом максимальные температуры с июня по август достигали +33...+35 °С. В июне и августе осадков было мало, а в июле их выпало 272 % от нормы.

Начало осени характеризовалось изменчивой, преимущественно теплой и очень теплой погодой. Среднемесячные температуры воздуха сентября и

октября превышали нормы. В ноябре отмечены заморозки до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом максимальная температура воздуха в ноябре достигала $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В декабре 2018 г. было преимущественно относительно тепло и влажно. Максимальная температура воздуха достигала $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, а минимальная опускалась до $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Осадков выпало 189,4 % от нормы. В зимние месяцы 2019 г. среднемесячные температуры воздуха были выше нормы. Максимальные температуры воздуха достигали $+16\dots+18\text{ }^{\circ}\text{C}$, минимальные опускались до $-7\dots-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Осадков в январе и феврале 2019 г. выпало от нормы 178 и 78,8 % соответственно.

Весна 2019 г. была относительно теплой и сухой. В марте и мае среднемесячные температуры воздуха превышали средние многолетние нормы. Максимальные температуры воздуха в апреле – мае достигали $+26\dots+31\text{ }^{\circ}\text{C}$. В марте – апреле наблюдались заморозки интенсивностью до $-5\dots-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Летом 2019 г. преобладала необычно теплая, жаркая, временами очень жаркая погода. Среднемесячные температуры воздуха всех летних месяцев превышали норму, а максимальные достигали $+33\dots+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. В июне выпало осадков 186,8 % от нормы, в июле меньше нормы, в августе – 107 % от нормы.

Осень 2019 г. была преимущественно теплой. Среднемесячная температура воздуха всех осенних месяцев превышала норму. При этом максимальные температуры достигали с сентября по ноябрь $+26\dots+31\text{ }^{\circ}\text{C}$. В ноябре отмечались заморозки $-4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Осадков в сентябре и октябре было ниже нормы (Таблица 2).

В декабре 2019 г. было тепло, осадков выпало ниже нормы. Максимум температуры составлял $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$, минимум – $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Зимой 2020 г. температура была изменчивой и преимущественно превышала нормы. Максимальная температура воздуха достигала $+11\dots+17\text{ }^{\circ}\text{C}$, а минимальная опускалась до $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ в январе, а в феврале – до $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Количество осадков, выпавших в феврале, составило 121 % от нормы.

Таблица 2 – Агроклиматические показатели в центральной части Предгорного Крыма за 2018–2020 гг., по данным метеостанции Симферополь

Показатель	Климатическая норма, годы	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура воздуха, °С	1961–1990	–0,5	0,4	3,6	10,2	15,2	19,2	21,5	21	16,6	10,7	6,3	2,4
	2018	1,67	2,8	6,3	14,2	18,6	21,8	23	24,3	18,2	13,7	5,1	2,4
	2019	2,4	2,6	5,6	10,1	17,7	23	22	22,9	17,7	13	9,7	5
	2020	2	3,5	8,5	9,5	15	20,8	22	22,3	20	15,9	6,2	5,2
Осадки, мм	1961–1990	39	34	30	26	26	38	33	31	40	28	47	54
	2018	29,8	51,7	32	4,6	34,3	10	90	0,1	81,5	40,8	36,4	102,3
	2019	69,5	26,8	17,3	33,3	12,8	71	20,5	33,2	12,4	17,6	46,9	43,1
	2020	20,3	41,1	6,1	17	52,5	30,4	54	35,1	50,2	21,1	20	22
Относительная влажность воздуха, %	1961–1990	83	82	77	69	68	66	64	63	68	75	82	85
	2018	81	80	73	52	61	54	68	51	69	67	84	87
	2019	81	78	63	62	62	62	59	57	58	69	68	79
	2020	81	75	60	45	62	62	61	53	60	67	79	78

Весной 2020 г. отмечалось значительное колебание температур. Максимальные температура составляли +24...+27 °С, а минимальные в марте – апреле –6...–2 °С. Максимальное количество осадков отмечалось в мае – 202 % от нормы.

Летом 2020 г. преобладала теплая, временами жаркая погода. Среднемесячные температуры всех трех летних месяцев превышали норму, а максимальные достигали +33...+35°С. Осадки превышали норму только в течение июля и августа (Таблица 2).

В начале осени 2020 г. сохранялась теплая погода. В сентябре и октябре среднемесячные температуры воздуха превышали норму, а максимальные достигали +30...+33 °С, В ноябре среднемесячная температура воздуха на 0,1 °С была ниже нормы и наблюдались заморозки до –2 °С. В сентябре количество осадков превышало норму и составило 125 % от нормы.

В декабре 2020 г. наблюдалась преимущественно относительно теплая погода с понижением температуры до –4,2 °С. Среднемесячная температура воздуха за месяц +5,2 °С, осадков выпало меньше нормы.

2.3 Объекты и методы исследований

Объектом исследований является *Cydalima perspectalis* Walker (Lepidoptera, Crambidae) – яйцекладки, гусеницы, куколки, имаго вредителя, а также его инвазионная популяция в Крыму.

Исследования проведены в 2018–2020 гг. на Южном берегу Крыма в парковых насаждениях самшита НБС (г. Ялта, пгт. Никита), г. Алушка, пгт. Форос и в центральной части Предгорной зоны Крыма (г. Симферополь, пгт. Аграрное).

Мониторинг распространения и вредоносность самшитовой огнёвки на территории Крыма

По методике, предложенной Ю.И. Гниненко и др. (2016), при установлении состояния деревьев самшита, пострадавших от гусениц огнёвки, закладывались временные безразмерные учетные площади и на них проводили глазомерную

оценку состояния деревьев по специально определенным категориям: 1 – неповрежденные деревья, т. е. такие, в кронах которых отсутствуют или визуально незаметны повреждения, нанесенные гусеницами; 2 – листва в кроне объедена не более чем на 50 %; 3 – листва в кроне объедена на 51–75 %; 4 – листва объедена полностью, но кора не повреждена; 5 – листва объедена полностью и имеются повреждения коры (Гниненко и др., 2016а).

В парках Крыма в 2018–2021 гг. проводились обследования с целью оценки степени поврежденности самшита вредителем. Для установления состояния поврежденности самшита гусеницами огнёвки, предложенная методика по категориям Ю.И. Гниненко (2016), не подходила для наших условий, так как пятибалльная шкала предполагала поврежденность коры самшита, что в Крыму не отмечалось. И в большинстве случаев следовало давать оценку поврежденности бордюрных посадок и солитеров в парках. В связи с этим, нами была использована стандартная шкала для определения поврежденности листьев вредителями:

0 балл — повреждения отсутствуют;

1 балл — слабая поврежденность, 5% листовой поверхности;

2 балл — средняя, — 6–25%;

3 балл — сильная, — 26–50%;

4 балл — очень сильная, уничтожено более 50% листовой поверхности.

В процессе обследования учитывали общее количество просмотренных растений и количество поврежденных. Затем определяли процент растений, поврежденных вредителем (процент заселения). Степень повреждения растений в вариантах устанавливали на основании среднего балла по формуле (1):

$$B = \sum a \times v / n, \quad (1)$$

где: B – средний балл повреждения;

a – количество растений, соответствующих баллу повреждений;

v – соответствующий данной интенсивности балл;

n – количество обследованных растений.

Показателями вредоносности фитофага является процент заселения и степень повреждения растений. Финальным показателем является коэффициент повреждения растений, который определяется по формуле (2):

$$K=A \cdot B/100, \quad (2)$$

где: K – коэффициент повреждения;

A – процент поврежденных растений;

B – средний балл повреждения (Методики..., 2001).

Биология самшитовой огнёвки в агроклиматических районах Крыма

Перезимовавших гусениц помещали в инсектарии, расположенные в квазиприродных условиях обеих природно-климатических зон (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Инсектарии с самшитовой огнёвкой, Крым, НБС. Оригинальное фото.

Сроки появления имаго, динамику лёта и количество генераций вредителя определяли одновременно в инсектариях и декоративных посадках самшита в парках. При этом использовали феромоны производства ФГБУ Центр карантина растений и АО «Щёлково Агрохим». Феромонные ловушки типа «Дельта» развешивали непосредственно на кустах самшита. Учёты проводили еженедельно (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Ловушка и диспенсер с феромоном самшитовой огнёвки производства ФГБУ «ВНИИКР». Крым, пгт. Аграрное, 2018 г.
Оригинальное фото.

Разделение по половой принадлежности проводили как на стадии имаго (Pino Pérez, Pino Pérez, 2014) (рисунок 4), так и на стадии куколки (Злотин, 1989) (рисунок 5).



Рисунок 4 – Имаго самшитовой огнёвки: а – самец, б – самка. Крым, НБС.
Оригинальное фото.

Продолжительность жизни имаго и плодовитость определяли, отсаживая самок и самцов в отдельные садки или стеклянные сосуды объёмом 3 литра, снабжённые «поилками» и ветками самшита, которые предварительно тщательно осматривались для исключения возможности присутствия на них яиц огнёвки. Фиксировали сроки вылета, откладки яиц и гибели имаго. Фактическую плодовитость определяли, подсчитывая яйца на листьях с верхней и нижней

стороны под микроскопом МБС-10, а также на стенках сосудов. Потенциальную плодовитость определяли по количеству яиц, обнаруженных при препарировании самок. Самок, не отложивших яйца, вскрывали на наличие сперматофоров (за три поколения 2019 г. препарировано 100 самок, в 2020 г. – 65). При определении соотношения полов учитывалось около 400 бабочек из инсектариев.

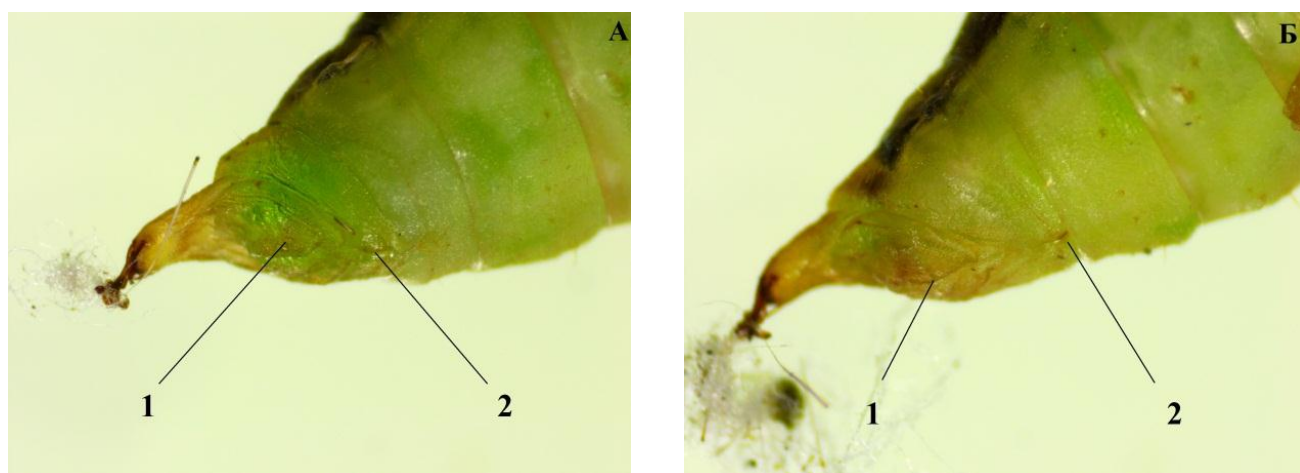


Рисунок 5 – Куколки самшитовой огнёвки: А – самец: 1 – анальная щель, 2 – половая щель (IX сегмент); Б – самка: 1 – анальная щель, 2 – половая щель (VIII сегмент). Крым, НБС. Оригинальное фото.

При проведении фенологических исследований учитывали погодные условия согласно данным А Никитский сад и метеостанции Симферополь (Погода в 243 странах мира, [Электронный ресурс], режим доступа <https://rp5.ru>).

Для подтверждения факта гибели яиц *Cydalima perspectalis* при температурах, превышающих верхнюю оптимальную и близких к верхнему температурному пределу в сочетании с низкой относительной влажностью воздуха, яйца вредителя помещали в климатическую камеру BINDER серии KBF. Параметры максимальной температуры и минимальной относительной влажности воздуха соответствовали гидротермическим условиям, наблюдавшимся на ЮБК в отдельные месяцы за годы исследований.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием прикладной компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

Биология развития самшитовой огнёвки в лабораторных условиях

Опыт по определению количества возрастов и длительности каждого возраста личиночной фазы самшитовой огнёвки проводился на двух поколениях вредителя.

Эксперимент проводился в течение трех лет, и только на третий год удалось усовершенствовать методику, исключившую гибель гусениц младших возрастов от повреждений.

Использовались заранее укорененные черенки самшита *B. sempervirens* не выше 15 см, которые были посажены в горшок $V=0,035$ л, а затем перемещены в пластиковый контейнер $V=1,8$ л, с имеющимися на крышке отверстиями (20–30 шт, диаметром до 1мм) для вентиляции (Рисунок 6). При нахождении яйцекладок самшитовой огнёвки в природных условиях или в инсектарии лист с яйцекладкой аккуратно срезали, фотографировали, пересчитывали количество яиц в кладке и перекладывали его в подготовленный контейнер.

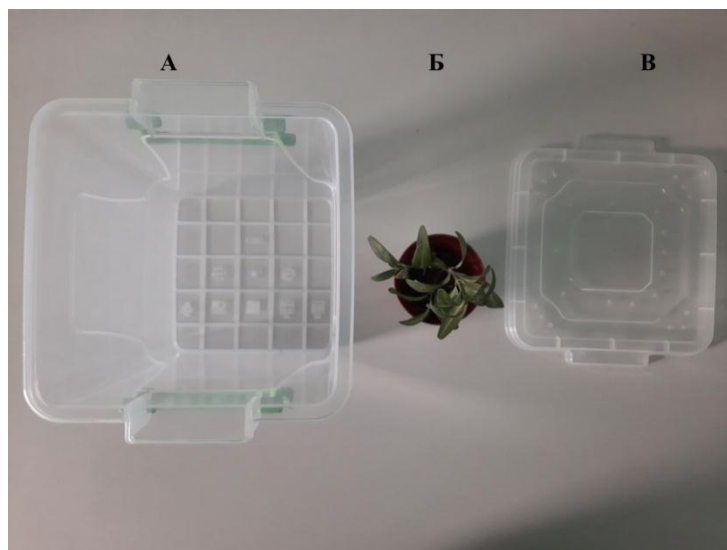


Рисунок 6 – А – пластиковый контейнер $V=1,8$ л, Б – *B. sempervirens*, в горшке $V=0,035$ л, В – крышка с отверстиями для вентиляции. Крым, НБС, 2020 г.

Оригинальное фото.

В связи с высокой смертностью гусениц первого возраста в лабораторных условиях, лист с яйцекладкой фиксировали между стеблем и пазухой листа (или

пазушной почкой) для того, чтобы отродившиеся из яйцекладки гусеницы сразу приступили к питанию на растении.

Ежедневно проводилось наблюдение за развитием эмбрионов в яйцекладках и фиксировались сроки отрождения гусениц.

После отрождения гусениц из яйцекладки, каждую гусеницу, находящуюся на фрагменте листа, перемещали на растение самшита в индивидуальный контейнер, где впоследствии проводились наблюдения за развитием и линькой гусеницы. Отмечалась продолжительность каждого возраста гусеницы, и учитывалось общее количество возрастов до окукливания по числу головных капсул. Оценивались биометрические параметры каждого возраста гусеницы. И по окончанию развития гусеницы определялся пол на стадии куколки.

При проведении ежедневных замеров, с целью предотвращения травмирования гусениц, пинцетом извлекали горшочек из контейнера (Рисунок 7).



Рисунок 7 – Извлечение горшочка из контейнера. Крым, НБС, 2020 г.
Оригинальное фото.

Ножницами отрезали фрагмент листа самшита, на котором питалась гусеница, переносили на чашку Петри, где осуществляли замеры с фотофиксацией используя программу Tour View 3.7. с микроскопом Nikon SMZ745T и камерой Tourcam ucmos5100kra. Затем, аналогично, как и с

перемещением яйцекладок для минимизирования контакта гусениц с посторонними предметами (кисточка, иголка), возвращали фрагмент листа с гусеницей на растение, фиксируя его между стеблем и пазухой листа (или пазушной почкой) (Рисунок 8). Растение помещали в контейнер, который плотно закрывали крышкой.

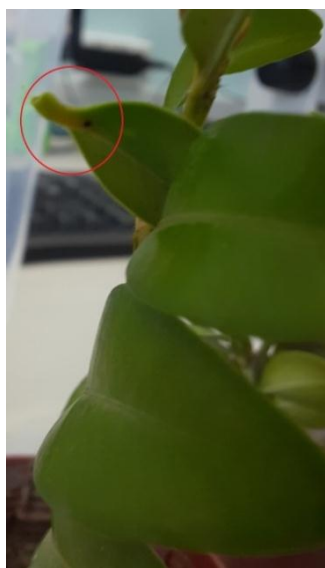
**А****Б**

Рисунок 8 – Лист с гусеницами, возвращенный после биометрических замеров, зафиксированный между стеблем и пазухой листа: А – гусеницы II возраста; Б – IV возрастов. Крым, НБС, 2020 г Оригинальное фото.

В связи с интенсивным питанием уже с первых дней гусеница оставляет после себя значительное количество экскрементов, что вызывает необходимость осуществлять ежедневные чистки, как самшита, так и контейнера. Чистка необходима для оперативного и достоверного поиска личиночной головной капсулы, особенно для гусениц младших возрастов и проводится кисточкой в тот момент, когда гусеница на отрезанном фрагменте листа самшита находится в чашке Петри и с неё снимаются замеры (Рисунок 9). Экскременты осматривались под микроскопом Nikon SMZ745T.

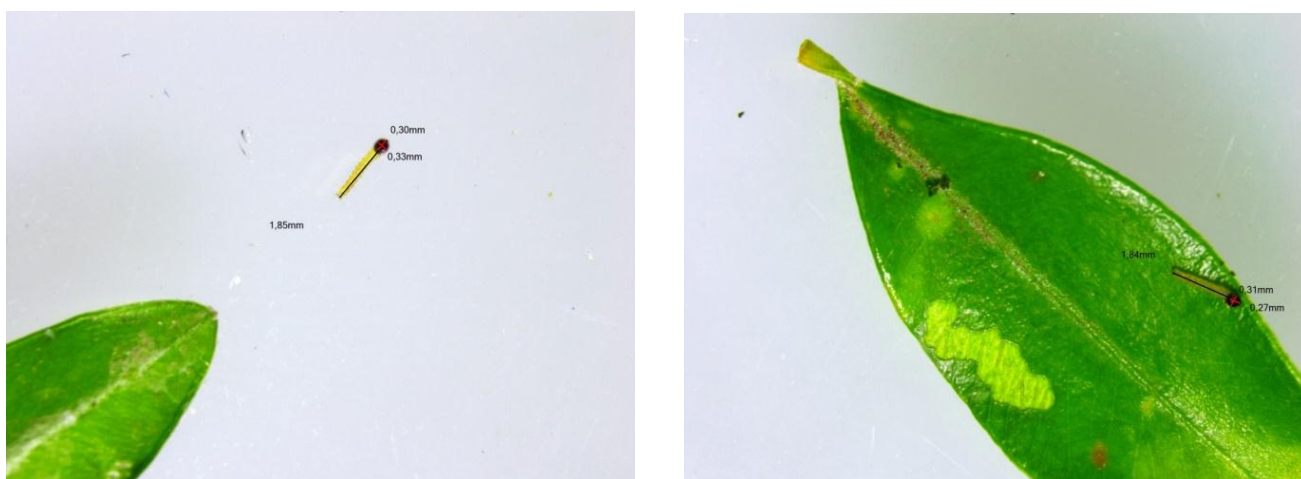


Рисунок 9 – Биометрические показатели гусениц первого возраста самшитовой огнёвки. Крым, НБС, 2020 г. Оригинальное фото.

Самшит проливался один раз в три дня, объём воды не более 2 мл. За период жизни гусеницы для осуществления данного эксперимента необходимо заготовить от 3 до 6 укорененных черенков самшита. Количество укорененных черенков связано в большей степени не с питанием гусениц, а с соблюдением безопасности перемещения, так как растение ежедневно подвергается обрезке в связи пересадкой гусениц.

Результаты ежедневных учетов заносились в электронный журнал фиксации данных.

Разработка моделей фенологии *C. perspectalis*

В работе использованы данные фенологических наблюдений за развитием стадий жизненного цикла поколений *C. perspectalis* в насаждениях Южных регионов России: в условиях сухих субтропиков (на Южном берегу Крыма (ЮБК) (Никитский ботанический сад (НБС), 2018–2021 гг.), предгорной лесостепи (Предгорная зона Крыма, г. Симферополь, 2018–2020 гг.), степи (Краснодарский край, г. Краснодар, 2020 г. (Щуров и др., 2020)) и влажных субтропиков (Краснодарский край, г. Сочи, 2014–2017 гг. (Карпун, 2018)).

Для изучения связей между темпами развития огневки и климатическими показателями привлечены данные по среднесуточным температурам воздуха ближайших метеостанций, доступные из открытых источников (ВНИИГМИ-

МЦД), [Электронный ресурс], режим доступа <http://meteo.ru/>; Погода в 243 странах мира, [Электронный ресурс], режим доступа <https://rp5.ru>) (Таблица 3, 4).

Таблица 3 – Географическое положение метеостанций

Наименование метеостанции	Координаты станции		Высота над уровнем моря, м
	Северная широта	Восточная долгота	
Никитский сад	44°31'	34°15'	208
Симферополь	44°57'	34°07'	279
Сочи	43°35'	39°46'	57
Краснодар	45°03'	39°02'	28

Таблица 4 – Среднемесячные температуры воздуха за 2014–2020 гг.

Наименование метеостанции	Температура, °С, по месяцам											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Никитский сад	4,2	5,1	7,8	11,3	16,5	22,1	24,4	25,7	20,8	14,4	9,4	6,4
Симферополь	1,3	3,1	6,9	10,9	16,3	20,9	22,9	23,6	18,9	12,1	7,0	3,8
Сочи	6,6	8,0	10,1	12,5	17,4	22,2	23,9	25,2	21,8	16,6	11,9	8,7
Краснодар	1,5	3,5	7,9	12,4	18,4	23,2	25,1	25,7	20,4	12,7	6,3	3,1

Зависящее от температуры развитие насекомых, как правило, изображают через величину, обратную продолжительности развития – скорость или темп развития (уровень температурного форсинга). Таким образом, определенная стадия жизненного цикла наступает в момент времени t_2 , когда сумма суточных темпов развития (Rf) достигает критического значения F^* (3):

$$Sf_t = \sum_{t_1}^{t_2} Rf(Tt) \geq F^*. \quad (3)$$

где t_1 – дата начала накопления тепла (тепловых единиц);

t_2 – дата наступления стадии у 50 % особей;

Tt – среднесуточная температура воздуха, °С;

Sf_t – состояние внешнего воздействия (state of forcing);

F^* – сумма тепловых единиц, позволяющая 50 % особей завершить развитие стадии, °С.

Для прогнозирования стадий развития самшитовой огневки (возобновления активности гусениц после зимней диапаузы, начала лета имаго перезимовавшего поколения и появления гусениц первой генерации) были применены 7 версий температурно-временных моделей накопления тепловых единиц, отличающихся уровнем сложности и функцией реакции на сигналы внешней среды (температуры, фотопериода): GDD (4), GDDdoy (4), BC (5), BCdoy (5), SIGdoy (6), SIGFOTOdoy (7) и UNIdoy (8) (Olsson et al., 2017; Корсакова, Корсаков, Багрикова, 2020). Из них, в двух моделях, GDD и BC, была фиксированная начальная дата накопления тепла ($t_1 = 1$ января), а в остальных – параметризованная. Учитывая, что термические условия, вызывающие окончание диапаузы у *C. perspectalis*, возникают раньше, чем необходимые для возобновления активного питания гусениц и онтогенеза (Poitou et al., 2020), предполагалось, что потребность в воздействии низких температур, необходимых для завершения диапаузы, на начало календарного года выполнена. Перезимовка заканчивается после накопления достаточного количества тепла и тогда гусеницы могут продолжать свое развитие.

Первые две модели (4), модели градусо-дней (GDD и GDDdoy модель) (Chuine, Kramer, Hänninen, 2003), описывали линейную реакцию особей на температуру, превышающую базовую (T_b):

$$Sf_t = \sum_{t_1}^{t_2} \begin{cases} 0, & T_t < T_b \\ T_t - T_b, & T_t \geq T_b \end{cases} \quad (4)$$

Накопление тепловых единиц для модели GDD начиналось с фиксированной начальной даты, поэтому необходимо было определить только два параметра – T_b и F^* , для модели GDDdoy – дополнительно t_1 .

Вторые две модели (5), BC и BCdoy (Blümel and Chmielewski, 2012) являлись модифицированным продолжением моделей GDD и GDDdoy, дополненными степенной константой (C) для связи фотопериода (DL) и температурного отклика:

$$Sf_t = \sum_{t_1}^{t_2} \begin{cases} 0, & T_t < T_b \\ (T_t - T_b) \cdot (0,1DL)^c & T_t \geq T_b \end{cases} \quad (5)$$

В модели ВС необходимо оптимизировать T_b , C и F^* , ВСdoy – t_1 , T_b , C и F^* .

Применение модели SIGdoy (6) (Migliavacca et al, 2012) предполагало нахождение t_1 , T_b , a , и F^* :

$$Sf_t = \sum_{t_1}^{t_2} \frac{1}{1 + e^{a(T_t - T_b)}} \quad (6)$$

Модель SIGFOTOdoy (7) была получена нами путем добавления к модели SIGdoy степенной константы фотопериода (C). В этой модели должны быть определены пять параметров (t_1 , T_b , a , C и F^*):

$$Sf_t = \sum_{t_1}^{t_2} \left[\frac{1}{1 + e^{a(T_t - T_b)}} \cdot (0,1DL)^c \right] \quad (7)$$

В модели UNIdoy (8) (Chuine, Kramer, Hänninen, 2003) необходимо оптимизировать t_1 , T_b , b_1 , b_2 и F^* :

$$Sf_t = \sum_{t_1}^{t_2} \frac{1}{1 + e^{b_1(T_t - T_b)^2 + b_2(T_t - T_b)}} \quad (8)$$

В моделях SIGdoy, SIGFOTOdoy и UNIdoy отклик темпов развития на воздействие температур описывался сигмоидальной функцией с началом от параметризованного дня.

Параметры моделей фенологии *C. perspectalis* были определены эволюционным методом оптимизации с помощью надстройки Microsoft Excel «Поиск решения» (SolveXL) (Корсакова, 2018; Winston and Albright, 2018).

Оценку точности аппроксимации моделей осуществляли на основе четырех показателей эффективности: коэффициента детерминации (R^2) (9), корня из среднеквадратичной ошибки (RMSE) (10), скорректированного информационного критерия Акаике (AICc) (11) и смещения (Bias – Θ) (12) (Korsakova, 2018):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (obs_i - pre_i)^2}{\sum_{i=1}^n (obs_i - \overline{obs_i})^2}, \quad (9)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (obs_i - pre_i)^2}{n}}, \quad (10)$$

$$AIC_c = n \times \ln\left(\frac{\sum_{i=1}^n (obs_i - pre_i)^2}{n}\right) + 2 \times k + \left(\frac{2 \times k \times (k + 1)}{n - k - 1}\right), \quad (11)$$

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^n (obs_i - pre_i)}{n}, \quad (12)$$

где: obs_i – наблюдаемая;

$\overline{obs_i}$ – средняя наблюдаемая;

pre_i – прогнозная дата наступления стадии развития (в днях года);

n – число наблюдений;

k – число параметров модели (Chen, Wanga, Inouye, 2017).

Определение эффективности инсектицидов против гусениц самшитовой огнёвки

Испытание эффективности инсектицидов против самшитовой огнёвки проводилось в 2017–2019 гг. на территории НБС на самшите вечнозеленом *B. sempervirens*. Применялись инсектициды из различных классов по химическому составу и механизму действия: Децис Эксперт, КЭ (2 г/10 л воды); Димилин, СП (10 г/10 л воды); Конфидор, ВДГ (2 г/10 л воды); Сумитион, КЭ (20 мл/10 л воды). Каждый вариант опыта и контроль имели по четыре повторности (Рисунок 10). Обработки проводились однократно.



Рисунок 10 – Опыт по испытанию эффективности инсектицидов против гусениц самшитовой огнёвки на *Vuxus sempervirens*. Крым, НБС, 2017 г.
Оригинальное фото.

Численность вредителя устанавливалась до обработок инсектицидами путём осмотра растений и учета гусениц на всех ярусах кустов на загущенных стриженных изгородях и после обработок на третьи, пятые и седьмые сутки. Опрыскивание проводилось ранцевым опрыскивателем (STIHL SR 450), расход рабочей жидкости – 1 л/м² изгороди. Осуществлялась тщательная промывка рабочей жидкостью по всей высоте изгороди. Биологическую эффективность применяемых инсектицидов определяли в соответствии с общепринятыми методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве (Методические указания..., 2009, Методические указания..., 2019) При отсутствии смертности в контроле биологическую эффективность инсектицидов вычисляли по формуле Аббота (13):

$$C = 100 (A - B) / A, \quad (13)$$

где: C – процент смертности особей вредителя,
A – численность вредителя до обработки,

В – численность вредителя после обработки.

Средства защиты растений, используемые в ходе проведения исследований:

Конфидор, ВДГ (водно-диспергируемые гранулы) – кишечно-контактный инсектицид, системного действия, действующее вещество – имидаклоприд (700 г/кг). Химический класс – неоникотиноиды. Производство Байер Кроп Сайенс АГ.

Децис Эксперт, КЭ (концентрат эмульсии) – кишечно-контактный инсектицид, действующее вещество – дельтаметрин (100 г/л). Химический класс – синтетические пиретроиды. Производство Байер Кроп Сайенс АГ.

Димилин, СП (смачивающийся порошок) – кишечно-контактный инсектицид, действующее вещество – дифлубензурон (250 г/кг). Химический класс – ингибиторы синтеза хитина (ИСХ). Производство ЮПЛ Лимитед.

Сумитион, КЭ (концентрат эмульсии) кишечно-контактный инсектицид системного действия, действующее вещество – фенитротрион (500 г/л). Химический класс – фосфорорганические соединения (ФОС). Производство Сумито Кемикал.

В лабораторных условиях определялась овицидная эффективность инсектицидов регуляторов роста и развития насекомых: Адмирал, КЭ – аналог ювенильного гормона и Люфокс, КЭ – ингибитор синтеза хитина.

Адмирал, КЭ (концентрат эмульсии) кишечно-контактный гормональный инсектицид, действующее вещество – пирипроксифен (100 г/л), химический класс – производные пиридина. Производство Сумито Кемикал.

Люфокс, КЭ (концентрат эмульсии) кишечно-контактный инсектицид ларвицид, ингибитор синтеза хитина (ИСХ) + ювеноид, действующее вещество – люфенурон (30 г/л) + феноксикарб (75 г/л). Производство ООО «Сингента».

Опыт включал четыре повторности каждого варианта и контроль (по две яйцекладки в чашках Петри). Препараты применялись в 0,1 % концентрации. На третий и пятый день просчитывали количество отродившихся гусениц и погибших эмбрионов в яйцекладках.

Испытание эффективности биоинсектицидов против гусениц самшитовой огнёвки

В 2019–2020 гг. испытывали биологические препараты в трёх нормах применения против гусениц разных возрастов: Лепидоцид, СК (БА-2000 ЕА/мг, титр не менее 10млрд спор/г) (3; 5; 10 мл/л воды), Битоксибациллин, П (БА-1500 ЕА/мг, титр не менее 20млрд спор/г) (4; 6; 8 г/л воды), Фитоверм, КЭ (Аверсектин С 10 г/л) (0,4; 1,0; 1,5 мл /л воды). Каждый вариант опыта имел по четыре повторности и контроль (Рисунок 11). Каждая повторность включала по десять гусениц. В опыте использовано 1200 гусениц по 400 каждой возрастной группы. Обработки проводились однократно в питомнике на кустах самшита высотой от 50 до 70 см.



Рисунок 11 – Опыт по испытанию эффективности биоинсектицидов против гусениц самшитовой огнёвки. Крым, НБС, 2019 г.

Оригинальное фото.

Рассортированными по возрастам гусеницами в утренние часы заселяли самшит. После того, как гусеницы приступили к питанию, их повторно учитывали и в вечернее время проводились обработки. Осуществлялась тщательная промывка кустов самшита, расход рабочей жидкости составлял 120 мл на куст.

Гибель гусениц определялась на первые, третьи, пятые, седьмые сутки после обработки. Биологическая эффективность биоинсектицидов при отсутствии смертности в контроле вычислялась по формуле Аббота, при гибели гусениц в контроле по формуле Хендерсона-Тилтона (14):

$$БЭ = \left(1 - \frac{K_1 P_2}{K_2 P_1}\right) \cdot 100\%, \quad (14)$$

где: БЭ – биологическая эффективность препарата, %;

P1 – число живых особей вредителя до обработки, шт.;

P2 – число живых особей вредителя после обработки, шт.;

K1 – число живых особей вредителя в контроле до обработки, шт.;

K2 – число живых особей вредителя в контроле после обработки, шт.

Статистический анализ экспериментальных данных проведен методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) с помощью программ «Microsoft Office Excel 2007».

Изучение эффективности энтомофагов против самшитовой огнёвки

В опыте по изучению эффективности паразитоидов против самшитовой огнёвки использовали эктопаразита гусениц *Habrobracon hebetor* и паразита яиц чешуекрылых – совочную расу *Trihogramma* sp. производства филиала ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр» по Ставропольскому краю, Михайловской биолaborатории. Уровень эффективности энтомофагов определялся в лабораторных условиях.

Для *H. hebetor* применили шесть вариантов соотношения паразит : хозяин. Вредителя и энтомофага *H. hebetor* размещали как в инсектариях, так и в стеклянных сосудах объемом три литра. Для опыта использовали гусениц старших возрастов самшитовой огнёвки. Эффективность *H. hebetor* учитывалась через 24 часа и на пятые сутки после выпуска (Рисунок 12).

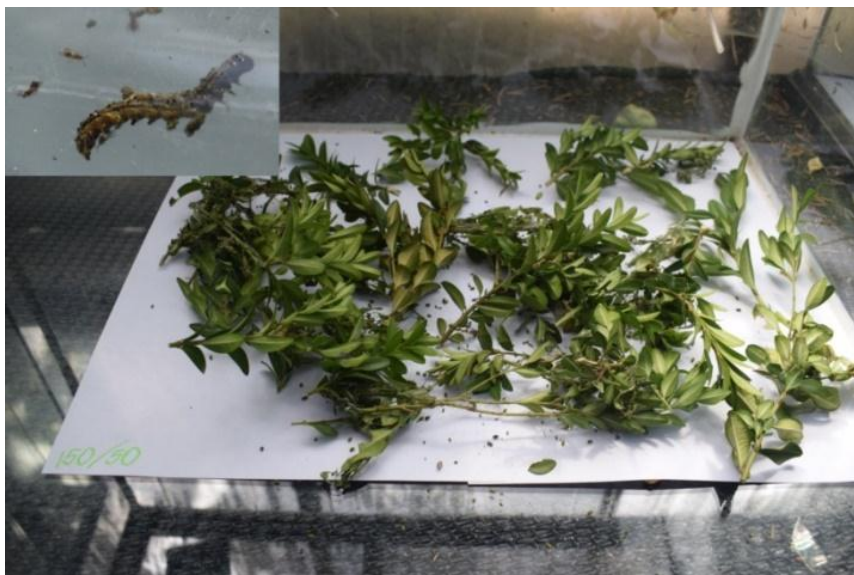
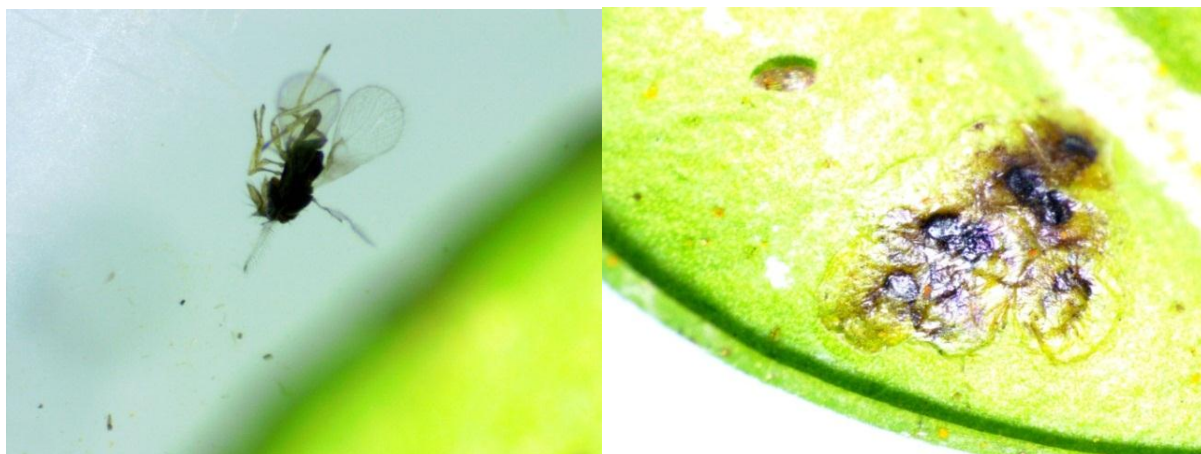


Рисунок 12 – Инсектарий с гусеницами *Cydalima perspectalis* и *H. hebetor*. Крым, НБС, 2019 г. Оригинальное фото.

Совочная раса *Trihogramma* sp. была испытана в лабораторных условиях на яйцах самшитовой огнёвки. Листья самшита с яйцекладками огнёвки были распределены по шести чашкам Петри. В каждую чашку Петри помещалось по три листа самшита с тремя – пятью яйцекладками и 50 коконов трихограммы. (Рисунок 13).

В последующем велись наблюдения за возможным развитием паразитотодов с использованием микроскопа Nikon SMZ745T с камерой TOUPCAM USMOS05100KPA.

Опыт по изучению эффективности энтомофага – хищника *Podisus maculiventris* Say (производства «ИНАППЕН», г. Санкт-Петербург) против гусениц самшитовой огнёвки проводился в полевых условиях, на опытном участке, площадь которого составила 10 м² было размещено 8 кустов *B. sempervirens*. На каждое растение самшита подсеяли по 10 гусениц *C. perspectalis* V – VI возраста. Выпуск *P. maculiventris* осуществлялся в утренние часы, из расчета 240 особей на опытный участок, соотношение хищник : жертва 3:1 (Рисунок 14).



А

Б

Рисунок 13 – Совочная раса *Trihogramma sp.*: А – имаго; Б – кокон трихограммы и погибшая яйцекладка *Cydalima perspectalis*. Крым, НБС. Оригинальное фото.



Рисунок 14 – Опытный участок по испытанию эффективности *Podisus maculiventris* против гусениц *Cydalima perspectalis*. Крым, НБС. Оригинальное фото.

Определение пищевой специализации самшитовой огнёвки

Для изучения вероятности питания гусениц самшитовой огнёвки вечнозелеными древесными растениями в инсектарий размещали следующие растения: мушмула японская (*Eriobotrya japonica*), бересклет японский (*Euonymus japonicus*), лавровишня (*Prunus laurocerasus*), иглица (*Ruscus aculeatus*), мурая (*Murraya* sp.) и раскладывали определенных по полу куколок вредителя (Рисунок 15 А). В последующем после вылета бабочек, спаривания, откладки яиц и отрождении гусениц, растения осматривались на предмет повреждений вредителем.

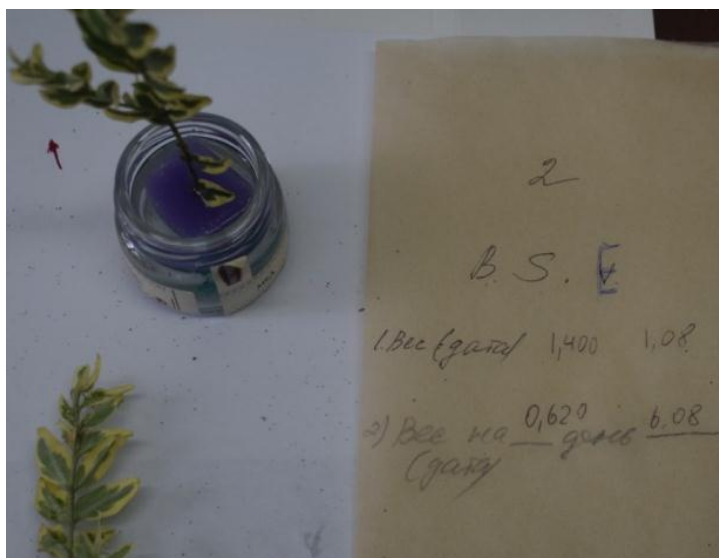
Опыт был повторен: в инсектарий с перечисленными растениями были помещены гусеницы IV – VI возрастов.

Опыт по определению прожорливости самшитовой огнёвки на растениях р. *Buxus* проводился в лабораторных условиях по обычной методике изучения особенностей питания насекомых (Кожанчиков, 1961) на трех видах и одной садовой форме самшита: *Buxus balearica*, *B. sempervirens*, *B. sempervirens* 'Elegans', *B. microphylla*. Варианты опыта включали по четыре повторности. Предварительно взвешенные ветки самшита погружались в ёмкости с водой и помещались в трехлитровые стеклянные банки, закрытые марлевыми крышками. Растения в каждой повторности заселялась десятью, отродившимися из яйцекладок гусеницами первого возраста. Замена корма проводилась через пять дней.

Поврежденные гусеницами образцы взвешивались на электронных лабораторных весах ВК–300, просчитывалось количество выживших гусениц, и определялся их возраст (Рисунок 15 Б). Выживших гусениц повторно отсаживали на вновь взвешенные образцы. Опыт был продлен до достижения гусеницами самшитовой огневки IV возраста.



А



2
 В. С. Е
 1. Вес (гусеница) 1,400 1,08
 2) Вес на 0,620 0,400 6,08
 (гусеница)

Б

Рисунок 15 – Опыт по определению пищевой специализации самшитовой огневки, НБС, 2019–2020 гг. (А – инсектарий с вечнозелеными кустарниками и самшитовой огневкой; Б – результаты взвешивания самшита одной из повторностей *Vuxus sempervirens* после питания гусениц L₁–L₂). Крым, НБС, 2019 г. Оригинальное фото.

РАЗДЕЛ 3

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ВРЕДНОСНОСТЬ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ В КРЫМУ

В настоящее время в Никитском ботаническом саду большое внимание уделяется изучению в условиях Крыма экологии, устойчивости к вредителям и болезням различных видов и форм декоративных интродуцентов (Плугатарь и др., 2015), в том числе и коллекции растений рода *Buxus* (Magnoliopsida: Buxaceae), включающей три вида и шесть садовых форм.

Самшит вечнозеленый (*Buxus sempervirens* L.) является одним из самых распространенных видов самшита в парках Крыма. Природный ареал: Южная Европа, Северная Африка, Западная Азия, Кавказ. Вечнозеленый кустарник около 1 м высоты или многоствольное дерево (*var. arborescens*) с дуговидно изогнутыми ветвями до 6–8 м высоты. Крона компактная, округлая, очень плотная. Побеги четырехгранные, прямые, торчащие, опушенные, иногда с шипиками, зеленые. Кора серовато-желтая или светло-серая. Листья многочисленные, 1,5–3 см длины и 0,5–1,5 см ширины, овально-продолговатые, яйцевидно-продолговатые или овальные, реже ромбические до округлых, голые, жестко кожистые, сверху глянцево-блестящие, темно-зеленые, реже светло-зеленые, снизу матовые, палево-зеленые или желтовато-зеленые, на очень коротких черешках, почти сидячие. Соцветия пазушные, плотные, мелкие. Цветет в марте. Имеет множество садовых форм (Деревья и кустарники, 1948).

Самшит балеарский (*Buxus balearica* Lam.). Природный ареал: Балеарские острова. Вечнозеленое дерево до 20 м высоты в природном ареале (на Южном берегу Крыма – до 5 м) или высокий кустарник с широкопирамидальной кроной и яйцевидно-овальными блестящими листьями. Предпочитает полутень. В защищенных от ветра местах выдерживает морозы до –20,0 °С. Растет быстрее

других видов самшита. Хорошо растет в условиях ЮБК, цветет, но плодоносит мало и не ежегодно.

Самшит мелколистный (*Buxus microphylla* Siebold & Zucc.). Вечнозеленый компактный кустарник высотой до 1 м. Листья ярко-зеленые длиной 10–25 мм, овальные, с закругленным или зазубренным кончиком. Впервые вид был описан по растениям, культивируемым в Японии (о-в Киу-Сиу) и Тайване. В естественных условиях произрастания в настоящее время не выявлен. В озеленении применяется, как и самшит вечнозеленый, но является более зимо- и морозостойким видом. На ЮБК культивируется только в Арборетуме НБС.

Самшит вечнозеленый 'Элегантный' (*Buxus sempervirens* 'Elegans'). Высокодекоративная садовая форма. Низкорослый вечнозеленый кустарник с мелкими белопёстрыми листьями. В озеленении применяется в групповых и одиночных свободно растущих посадках. Единичные экземпляры представлены в Арборетуме НБС (Деревья и кустарники, 1948).

Самшит вечнозеленый 'Выпуклый' (*B. sempervirens* 'Bullata') – компактный широкий медленнорастущий кустарник средней величины от 2 до 3 м высотой и до 1,5–2 шириной. Листья широкоокруглые или овальные, темно-зеленые или синевато-зеленые. Цветки маленькие, лимонно-желтые, с резким запахом (Krüssmann, 1985).

Самшит вечнозеленый 'Золотисто-пёстрый' (*B. sempervirens* 'Aureovariegata') – самая декоративная из пестролистных форм. Светло-желтые разводы по краям всех маленьких, заостренных листочков делают нарядными компактные кусты. Размножается черенками. Наилучшего развития достигает при достаточном освещении. Эффектное пестролистное растение для солитеров ближнего плана. Стрижка со временем делает растения зеленолиственными (Карпун, 2010).

Самшит вечнозеленый 'Плакучий' (*B. sempervirens* 'Pendula') – рост высокий, с доминирующим лидером, ветви тонкие, отвислые, очень изящного роста; листья перевернутые, овально-продолговатые, длиной 2 см, тупые (Krüssmann, 1985).

Самшит вечнозеленый 'Ланцетолистный' (*B. sempervirens* 'Lanceolata') – сильнорослый культивар, с ланцетной листвой, длина листьев до 2 см, ширина до 1 см (Галушко, 1993).

Проникнувшая в 2015 г. в Крым *C. perspectalis* нанесла существенный урон насаждениям самшита на территории ЮБК, Симферополя и Восточного Крыма в Карадагском природном заповеднике (Трикоз, Халилова, 2016; Стрюкова, 2016; Будашкин, 2016). За шесть лет пребывания на полуострове, вредитель распространился по всем районам Крыма, где произрастают растения самшита (Рисунок 16).

С целью выявления особенностей распространения и вредоносности, в парках Крыма проводились учеты на поврежденность самшита фитофагом. Учеты, проведенные в феврале и марте 2019 г. (до выхода гусениц из диапаузы), отразили ситуацию итоговой поврежденности самшита в парковых насаждениях Крыма за прошедший 2018 г. (Шармагий, Плугатарь, 2020).



2015 г.

2020 г.

Рисунок 16 – Распространение самшитовой огнёвки в Крыму, 2015–2020 гг.

В Алушкинском парке было проанализировано более 100 погонных метров живой изгороди и 160 солитеров. Всего проанализировано 460 растений, представленных двумя видами самшита *Buxus balearica* и *B. sempervirens*. Наибольшее количество растений *B. balearica* имели среднюю поврежденность – два балла (повреждено от 6 до 25 % листовой поверхности). В то время как

B. sempervirens максимальное количество растений имели слабую поврежденность - один балл (до 5 % листовой поверхности). Однако с учётом неповрежденных отдельных растений *B. balearica* и высоким баллом повреждения некоторых растений *B. sempervirens* степень повреждения (средний балл) был одинаков для *Buxus balearica* и *B. sempervirens* (Таблица 5).

В парке Форосский проанализировано 228 погонных метров живой изгороди, всего более 600 растений самшита *B. sempervirens*. Коэффициент повреждения *B. sempervirens* в парке Форосский относительно не высок. Однако, повреждены более 50 % растений (Таблица 5). Два солитера *B. sempervirens* 'Bullata' высотой около шести метров оказались повреждены на три балла (26-50 % листовой поверхности)

В пгт. Гаспра (Харакский парк) *B. sempervirens* представлен живой изгородью (в том числе лабиринты, террасы). Было проанализировано 668,5 м живой изгороди и солитеры высотой от 1 до 1,5 м, в количестве 88. Всего осмотрено 2000 растений. Из всех парков ЮБК в Харакском парке в 2018 г. отмечен минимальный коэффициент повреждения *B. sempervirens*, однако также повреждены более 50 % растений (Таблица 5).

Формы: *B. sempervirens* 'Aureovariegata' три солитера высотой 2 м имели 2 балла повреждения, а *B. sempervirens* 'Elegans' – единственное растение высотой около одного метра с 1 баллом повреждения.

B. balearica в Харакском парке представлен меньшим количеством растений, чем *B. sempervirens*. Живая изгородь, состоящая из кустов от 0,5 до 1,2 м высотой. Проанализировано 145 м живой изгороди и 106 солитеров высотой от 0,5 до 8 м. Всего оценено состояние поврежденности 541 растения *B. balearica*. При этом *B. balearica* в большей степени повреждена *C. perspectalis*, чем *B. sempervirens* (Таблица 5).

В Ливадийском парке 9 солитеров *B. balearica* высотой от 1,5 до 7,5 м имели 100 % заселение самшитовой огнёвкой с 1–3 баллами повреждения (Таблица 5). *B. sempervirens* – обнаружено только три солитера, высотой 1,5 м с 1–2 баллами повреждения.

Таблица 5 – Поврежденность самшита огнёвкой в парковых ценозах
Крыма, 2018 г.

Вид (садовая форма самшита)	% заселения	Степень повреждения (средний балл)	Коэффициент повреждения
Южный берег Крыма			
<i>г. Ялта</i>			
<i>B. sempervirens</i>	90,4	1,3	1,2
<i>B. balearica</i>	100	1,6	1,6
<i>г. Алушка, Алушкинский парк</i>			
<i>B. sempervirens</i>	85,7	1,3	1,1
<i>B. balearica</i>	75,9	1,3	1,0
<i>пгт. Форос, Форосский парк</i>			
<i>B. sempervirens</i>	59,7	0,65	0,5
<i>пгт. Гаспра, Харакский парк</i>			
<i>B. sempervirens</i>	56,5	0,8	0,45
<i>B. balearica</i>	85,0	1,2	1,0
<i>пгт. Ливадия, Ливадийский парк</i>			
<i>B. balearica</i>	100	1,7	1,7
Западное Предгорье, г. Севастополь			
<i>Малахов Курган</i>			
<i>B. sempervirens</i>	100	3,9	3,9
<i>Памятник Нахимову, Приморский бульвар</i>			
<i>B. sempervirens</i>	0	0	0
Центральное Предгорье, г. Симферополь			
<i>Детский парк</i>			
<i>B. sempervirens</i>	14,3	0,14	0,02
<i>Парк им. Шевченко</i>			
<i>B. sempervirens</i>	43,9	1,6	0,7
<i>Гагаринский парк</i>			
<i>B. sempervirens</i>	100	3,8	3,8

В г. Ялта (Пионерский парк, ул. Пушкина) *B. sempervirens*, представленный живой изгородью и солитерами высотой от 1,4 до 4 м. Общее количество учтённых растений – 73. *B. balearica* – растения высотой от 1 до 6 м оказались в меньшем количестве, по сравнению с *B. sempervirens* (19 солитеров). Оба вида самшита в высокой степени были заселены вредителем (Таблица 5).

Оценивая ситуацию в парках ЮБК в 2018 г., можно констатировать минимальную вредоносность *C. perspectalis* в парках Фороса и Харакском парке (пгт. Гаспра). Невысокие показатели повреждения самшита отражают возможность сохранения жизнеспособности растений, но при значительном проценте заселения даже при невысоком среднем балле повреждения страдает декоративность растений и эстетическое состояние парков.

В г. Севастополь у памятника Малахов Курган осмотрено 56 солитеров *B. sempervirens* высотой 0,3–0,5 м, где *C. perspectalis* вызвала дефолиацию и гибель растений. У Памятника Нахимову и на Приморском бульваре осмотрено 420 м живой изгороди *B. sempervirens*, самшитовая огнёвка не обнаружена.

В парках Симферополя в 2018 г. по поврежденности самшита *B. sempervirens* также ситуация не однозначна. В одних районах города самшитовые изгороди были полностью дефолированы, а в других заселенность *C. perspectalis* и коэффициент повреждения незначительны (Таблица 5).

Мониторинг состояния парковых насаждений самшита, проведенный в 2018 г. показал, что в обследованных парках ЮБК два вида самшита, *B. sempervirens* и *B. balearica* повреждались *C. perspectalis* неодинаково. Наиболее повреждаемым из исследованных видов самшита был *B. balearica* (Рисунок 17). Это согласуется с результатами наших исследований, проведенных в лабораторных условиях, свидетельствующих о наиболее оптимальных условиях для выживания и питания гусениц самшитовой огнёвки на *B. balearica*.

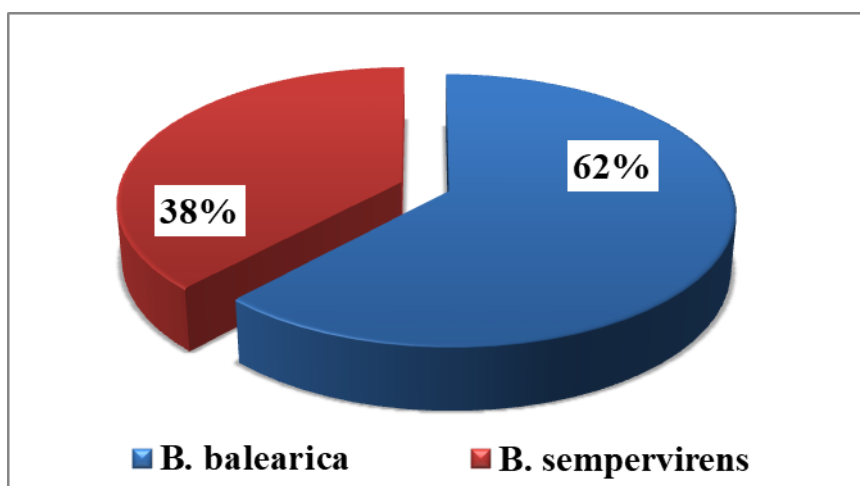


Рисунок 17 – Поврежденность растений *Vixus* на ЮБК *Cydalima perspectalis*, 2018 г.

В 2019 г. перезимовавшее поколение *C. perspectalis* на ЮБК не нанесло серьезных повреждений самшиту, в то время как первое и второе поколения вредителя как на ЮБК, так и в других районах Крыма, было особенно многочисленно и вредоносно. За три года исследований максимальная численность и вредоносность *C. perspectalis* наблюдалась в 2019 г. (Рисунки 18, 19).

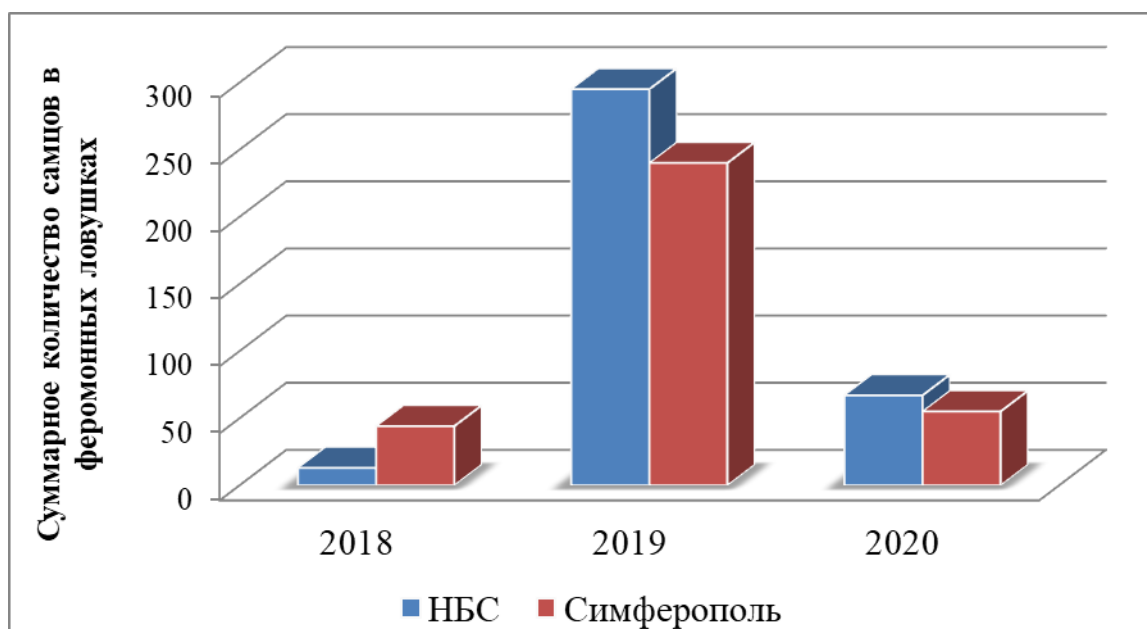


Рисунок 18 – Суммарное количество самцов *Cydalima perspectalis*, отловленных в феромонные ловушки в Крыму, 2018 – 2020 гг.



Рисунок 19 – *Vixus sempervirens*, поврежденный *Cydalima perspectalis*.
А – Алушкинский парк; Б – НБС, 2019 г. Оригинальное фото.

В парках, где были применены защитные мероприятия, показатели поврежденности были не высокими, однако при их отсутствии вредитель вызвал полную гибель самшита, что повлекло за собой его выкорчевку. В г. Симферополь на территории Детского парка, где самшит практически был не поврежден в 2018 г. (Таблица 5), полная дефолиация была достигнута за один 2019 г., при этом численность вредителя достигала 250–300 гусениц на экземпляр *V. sempervirens* (Рисунок 20 А). В Гагаринском парке г. Симферополя полная дефолиация самшита произошла за 2017–2019 гг. (Рисунок 20 Б).



А
2018 г.



А
2019 г.



Б
2019 г.

Рисунок 20 – *Vixus sempervirens*, поврежденный самшитовой огнёвкой в парках Симферополя: А – Детский парк, Б – Гагаринский парк Крым, 2018 – 2019 гг. Оригинальное фото.

Учеты, проведенные в феврале – марте 2021 г. до выхода из диапаузы гусениц *C. perspectalis*, характеризовали итоговую поврежденность самшита в 2020 г. *B. sempervirens* в Форосском парке, представлен живой изгородью 220 м и 6 солитерами высотой от 0,3 до 1 м. Всего проанализировано 672 растения. *B. sempervirens* в 2020 г. практически был не повреждён самшитовой огневкой (Таблица 6). *B. sempervirens* 'Bullata' – обнаружено 2 солитера с 0 – 1 баллами повреждения. *B. balearica* представленный в Форосе в незначительном количестве (30 растений), оказался более поврежденным *C. perspectalis*, чем *B. sempervirens* (Таблица 6).

Таблица 6 – Поврежденность самшита огнёвкой в парковых ценозах ЮБК, 2020 г.

Вид (садовая форма) самшита	% заселения	Степень повреждения (средний балл)	Коэффициент повреждения
<i>г. Алушка, Алушкинский парк</i>			
<i>B. sempervirens</i>	87,4	1,7	1,5
<i>B. balearica</i>	80,2	1,6	1,3
<i>пгт. Форос, Форосский парк</i>			
<i>B. sempervirens</i>	25,3	0,3	0,07
<i>B. balearica</i>	100	2,6	2,6
<i>пгт. Никита, НБС</i>			
<i>B. sempervirens</i>	77,3	1,05	0,8
<i>B. sempervirens</i> Живая изгородь	96,3	1,6	1,5
<i>B. balearica</i>	100	1,8	1,8
<i>B. sempervirens</i> 'Aureovariegata' солитеры	85,7	0,95	0,8
<i>B. sempervirens</i> 'Aureovariegata' Живая изгородь	35,7	0,6	0,2
<i>Buxus microphylla</i>	0	0	0
<i>B. sempervirens</i> 'Bullata'	0	0	0
<i>B. sempervirens</i> 'Lanceolata'	0	0	0
<i>B. sempervirens</i> 'Pendula'	0	0	0

В Алупкинском парке *B. sempervirens* – 198 солитеров, высотой от 0,3 до 8 м и *B. balearica* – 112 солитерами высотой от 1,5 до 12 м и живая изгородь – 34 м, всего обследовано 227 растений *B. balearica*, существенно не отличались по нанесенным *C. perspectalis* повреждениям (Таблица 6).

В НБС *Buxus sempervirens* представлен 132 солитерами и живой изгородью (1283 м). Живая изгородь была в большей степени повреждена *C. perspectalis* (Таблица 6).

B. balearica – 105 солитеров (высота от 0,6 до 8 м), характеризуется максимальным процентом заселения и коэффициентом повреждения (Таблица 6). *B. sempervirens* 'Aureovariegata' 42 солитера (высота от 0,2 до 7 м) и живая изгородь – 70 м (высота растений от 0,5 до 4 м), наиболее поврежденными *C. perspectalis*. оказались солитеры (Таблица 6).

B. sempervirens 'Lanceolata' – 6 солитеров (высота 1–2 м), все растения были повреждены от 1 до 4 баллов. *B. sempervirens* 'Elegantissima' – 3 растения: одно повреждено с 1 баллом повреждения. *Buxus microphylla* – солитер, высотой 1,6 м, не повреждался самшитовой огнёвкой в течение 6 лет.

В НБС в небольшом количестве встречаются садовые формы самшита, на которых не обнаружены повреждения *C. perspectalis*: *B. sempervirens* 'Bullata', *B. sempervirens* 'Lanceolata', *B. sempervirens* 'Pendula' (Таблица 6).

В 2020 г., также как и в 2018 г., среди различных видов и садовых форм самшита наиболее повреждаемым в парках ЮБК был *B. balearica* (Рисунок 21).

Таким образом, за годы исследований максимальная вредоносность и численность самшитовой огнёвки проявилась в 2019 г. В парках, где своевременно проводились защитные мероприятия, самшит удалось сохранить. Но даже при невысоких баллах повреждения, не влияющих на сохранение жизнеспособности самшита, при значительном проценте заселения вредителем, утрачивается декоративность растений и ухудшается эстетическое и экологическое состояние парковых насаждений.

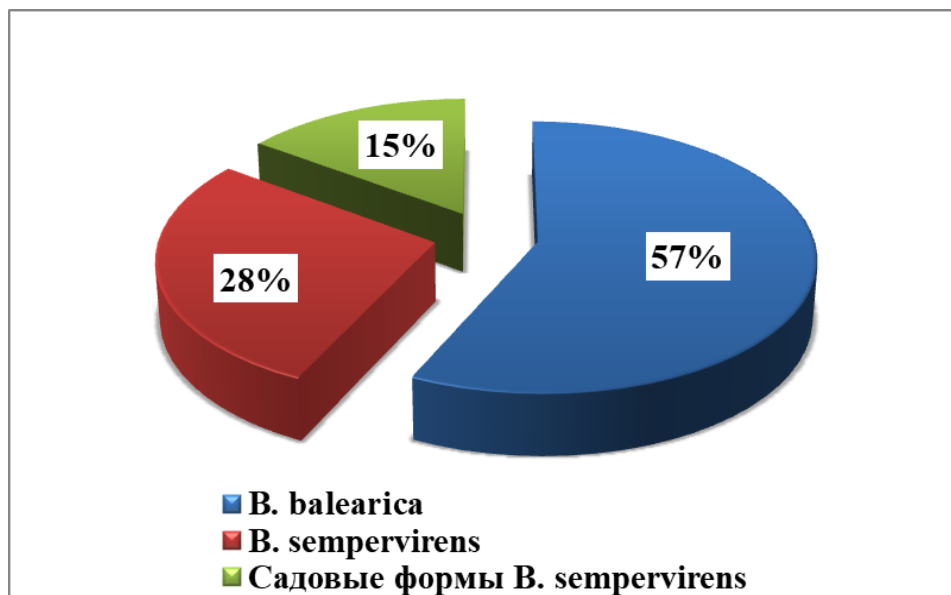


Рисунок 21 – Поврежденность растений *Vixus* на ЮБК *Cydalima perspectalis*, 2020 г.

Установлено, что вредоносность *C. perspectalis* на *V. balearica* в парковых насаждениях ЮБК была выше, чем на *V. sempervirens*.

РАЗДЕЛ 4

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ В КРЫМУ

4.1 Биология размножения и развития *Cydalima perspectalis*

В инсектариях, находящихся в квазиприродных условиях, нами установлено, что продолжительность жизни имаго *C. perspectalis* в среднем составила около двух недель, при этом отдельные особи живут около месяца. Несколько более высокая продолжительность жизни самцов обусловлена гибелью самок сразу после откладки яиц (Таблица 7). Это согласуется с литературными данными о средней продолжительности жизни имаго в лабораторных условиях – 20–25 суток (Cheng, 2005; Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017), и максимальной – 33–34 дня (Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017).

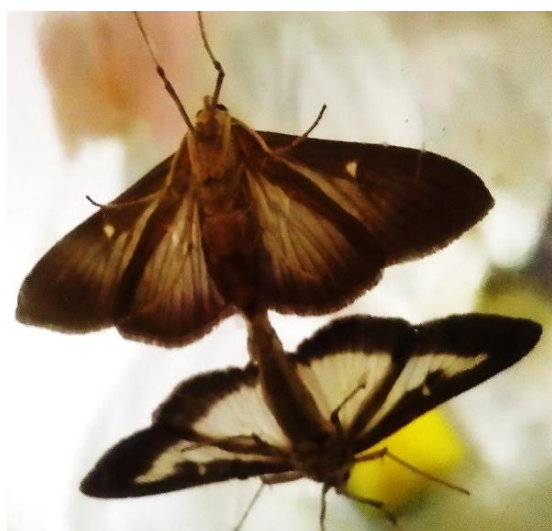
Таблица 7 – Продолжительность жизни имаго *Cydalima Perspectalis* в квазиприродных условиях, Крым, 2019–2020 гг.

Продолжительность жизни имаго		Южный берег Крыма (НБС)			Центральное Предгорье (г. Симферополь)		
		Поколение			Поколение		
		G ₀	G ₁	G ₂	G ₀	G ₁	G ₂
2019 г.							
Самцы	средняя	14±1,4	15,1±0,8	19,2±2,1	14±1,5	13,8±0,6	13±0,5
	максимальная	17	20	27	17	21	19
	минимальная	8	10	15	12	8	6
Самки	средняя	13,2±0,8	12,3±0,7	13,7±1,3	12,6±0,5	10,7±0,5	13,4±0,6
	максимальная	16	18	15	14	17	21
	минимальная	10	7	10	11	7	7
2020 г.							
Самцы	средняя	15,8±0,7	20,5±1,2	*	14,2±0,8	14,4±0,7	19,6±2,9
	максимальная	23	30	*	21	19	33
	минимальная	6	11	*	9	10	14
Самки	средняя	13,9±0,8	16,7±1	*	12,9±0,5	13,6±1,4	11,2±1,2
	максимальная	25	23	*	22	25	18
	минимальная	5	11	*	6	5	5

Примечания: G₀ – перезимовавшее поколение; G₁ – первое поколение;

G₂ – второе поколение, * – единичные экземпляры

В инсектариях после встречи полов спаривание (Рисунок 22 А) происходит у одних особей в первый день, у других – на вторые, третьи и даже на десятые сутки жизни. Как правило, спаривание проходило в ночное время и лишь отдельные особи спаривались днём. Продолжительность спаривания составляла час – полтора. Откладка яиц начиналась на вторые сутки после спаривания. Длительность периода яйцекладки 5–6 суток. Максимальное количество яиц самки откладывали на третьи–пятые сутки. Судя по количеству сперматофоров, спаривание происходило однократно. S.P. Cheng (2005) также отмечал, что имаго *C. perspectalis* спариваются только один раз в жизни (Cheng, 2005). Из 100 проанализированных нами самок только у одной было обнаружено два сперматофора (Рисунок 22 Б).



А



Б

Рисунок 22 – *Cydalima perspectalis*: А – спаривание; Б – сперматофоры
Крым, 2019 г. Оригинальное фото.

Для исследования возможной полигамии самшитовой огнёвки в садках размещали одного самца с пятью – семью самками. По результатам вскрытия самок на предмет наличия сперматофора выявлено, что самцы в течение жизни спариваются не более, чем с тремя самками, что свидетельствует о невысокой репродуктивной активности.

По литературным данным, самки *C. perspectalis* откладывают по 250–280 яиц (Агасьева и др., 2017, Агасьева, Федоренко, Нефедова, 2018). В лабораторных условиях фактическая плодовитость составляет в среднем 210–220 яиц, максимальная фактическая – 267 яиц (Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017).

Нами при учёте плодовитости индивидуально у каждой пары *C. perspectalis* установлена значительная вариабельность. В 2019 г. самки–меланисты отличались более высокой плодовитостью, по сравнению с типично окрашенными особями (Таблица 8). Так, их максимальная плодовитость составила 547 яиц на ЮБК и 444 яиц в Предгорье. Японские ученые также отмечали, что плодовитость самок значительно варьирует и максимально составляет 424,8 яиц (Miyuama, Shinkaji, 1987).

Количество яиц в кладках составляло от 4 до 32, при этом 65 % яиц было отложено с нижней стороны листа, остальные – с верхней стороны.

Второе поколение *C. perspectalis* в 2019 г., как на ЮБК, так и в Предгорной зоне отличалось низкой плодовитостью (Таблица 8), что обусловлено, вероятно, недостатком корма для гусениц первого поколения при их массовом размножении в обоих районах Крыма. При этом в перезимовавшем и первом поколениях потенциальная плодовитость практически не отличалась от фактической, а во втором – более чем вдвое её превышала. Невысокая плодовитость последнего поколения согласуется с данными S.P. Cheng (2005), отмечавшего, что плодовитость самок варьировала в зависимости от поколения, в пределах от $482,5 \pm 213,2$ яйца для перезимовавшего поколения до $199,4 \pm 107,6$ – для третьего поколения (Cheng, 2005).

При изучении биологии размножения, в 2019 г. в поилках всех пар была исключительно вода без добавления сахара. 2020 г. отличался экстремальными погодными условиями и характеризовался низкой половой активностью самцов перезимовавшего поколения. Для имаго были созданы оптимальные условия с учётом дополнительного питания.

Вопрос о дополнительном питании *C. perspectalis* изучен недостаточно. Отмечено, что бабочки в большом количестве наблюдались на цветах плюща

обыкновенного *Hedera helix* L. (Гниненко и др., 2018). Для дополнительного питания в 2020 г в поилках был использовали 5%-й раствор сахара (Nasambo et al., 2013). При подобных условиях, в отличие от 2019 г., средние показатели плодовитости у типично окрашенных самок оказались также высоки, как и у самок–меланистов. Плодовитость типично окрашенных самок в 2020 г. варьировала на ЮБК от 132 до 582 яиц в разных поколениях, а у самок–меланистов – от 286 до 577 яиц. В центральном Предгорье у типично окрашенных самок плодовитость составляла от 131 до 435 яиц, а у самок меланистов от 135 до 505 яиц.

Разнокачественность популяции в аспекте репродуктивного поведения наблюдалась не только в показателях плодовитости, но и репродуктивной активности самцов. В перезимовавшем поколении 2020 г., как на ЮБК, так и в центральном Предгорье спаривалось только 25 % самцов. В первом поколении 2020 г. наблюдался факт: самец отсаживался по очереди к двум разным самкам, однако после их гибели, последующие вскрытия показали, что сперматофор отсутствовал у обеих. Спаривание состоялось на 14 день жизни самца после объединения с третьей самкой. Объяснение этому явлению возможно связано с генетической гетерогенностью популяции, определившей репродуктивное поведение, как например это наблюдается у листовёрток – семейство Tortricidae (Сафонкин, 2008). Подобные «индивидуальные вариации» отмечали японские учёные по многим биологическим показателям вида (плодовитость, условия вхождения в диапаузу) (Maruyama, Shinkaji, 1987; 1993).

Важным показателем состояния популяции является выживаемость на эмбриональной стадии.

В 2018 г. в первом поколении *C. perspectalis* в Предгорной зоне количество яиц с погибшими эмбрионами (без повреждения хориона) составило 28,3 %. Предположительно гибель была обусловлена высокими дневными температурами (в среднем 35,4 °С) и низкой относительной влажностью воздуха (от 33 до 49 %).

В 2019 г. максимальный показатель гибели в яйцекладках был отмечен в первом поколении на Южном берегу Крыма – 28,2 %, а в Предгорье – 25,9 % (Таблица 8).

Таблица 8 – Плодовитость *Cydalima perspectalis* в квазиприродных условиях, Крым, 2019–2020 гг.

Фактическая плодовитость		Южный берег Крыма (НБС)			Центральное Предгорье (г. Симферополь)		
		Поколение			Поколение		
		G ₀	G ₁	G ₂	G ₀	G ₁	G ₂
2019 г.							
Самки типично окрашенные	средняя	288±20,9	162,3±24,1	146±31,3	216,6±12,5	262,3±14,6	95,7±28,6
	минимальная	233	126	122	164	207	44
	максимальная	365	208	208	263	354	241
Самки меланисты	средняя	391±116,1	317*	274*	отсутствие вали	341±40	110±68,1
	минимальная	165			отсутствие вали	250	73
	максимальная	547			отсутствие вали	444	242
Гибель эмбрионов,%			28,2	24,6		25,9	17,1
2020 г.							
Самки типично окрашенные	средняя	395,2±53,1	260,0±52,2	**	285,5±58,6	314,1±26,4	224,3±59
	минимальная	253	132	**	131	126	107
	максимальная	582	404	**	411	435	298
Самки меланисты	средняя	431,5±145	368,0±29,2	отсутствие вали	256,0*	317,0±106	320,5±53
	минимальная	(286)	287	отсутствие вали	-	135	267
	максимальная	577*	422	отсутствие вали	-	505	374
Гибель эмбрионов,%		-				14,1	

Примечания: G₀ – перезимовавшее поколение; G₁ – первое поколение; G₂ – второе поколение; * – единичные самки меланисты; ** – единичные самки типичной окраски

Количество погибших эмбрионов в яйцекладках, без повреждения хориона в первом поколении 2020 г. в центральном Предгорье составило в среднем 14,1 %.

Соотношение полов в популяции определяет её качественное состояние. Увеличение числа самок свидетельствует о тенденции к увеличению численности популяции (Злотин, 1989). В 2019 г. на ЮБК в перезимовавшем поколении соотношение полов сдвинуто в сторону самцов, что свидетельствует о пессимальных условиях после перезимовки. Последующие поколения *C. perspectalis* в условиях ЮБК имеют соотношение полов близкое к единице (Таблица 9). В Предгорной зоне в первом поколении количество самок вдвое превысило количество самцов, а в третьем поколении отмечалось увеличение численности самцов, а также увеличение особей меланистов по сравнению с типично окрашенными бабочками. Увеличение доли самцов, как и снижение плодовитости самок во втором поколении обусловлены массовым размножением *C. perspectalis* в первом поколении и дефицитом корма для гусениц. Таким образом, соотношение полов меняется в разных поколениях в зависимости от условий.

В 2020 г. в НБС численность имаго второго поколения была невелика, что это не позволило сделать достоверные выводы о соотношении полов (обычно соотношение полов устанавливали при численности 200 – 400 имаго). В Предгорной зоне во втором поколении численность самцов в шесть раз превышала самок, а процент самок–меланистов составил – 30,8 (Таблица 9).

Суммарная доля бабочек–меланистов (самцов и самок) в 2019 г. варьировала на ЮБК в разных поколениях от 12,8 до 19,8 %, а в 2020 г. – от 17,5 до 30,3 %. В центральном Предгорье в разных поколениях в 2019 г. суммарная доля меланистов была от 12,0 до 29,2, а в 2020 г. – от 16,3 до 29,0 % (Таблица 9). Существует предположение, что доля меланистов возрастает при экстремальных условиях. Так, в условиях аномально жаркой и сухой погоды в августе – сентябре 2016 г. в районе Геленджика, меланистов оказалось 33 % больше (Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017). В наших исследованиях максимальные показатели самок – меланистов наблюдались в разных поколениях, как при различных климатических условиях, так и при различных соотношениях полов. В 2019 г. при развитии второго поколения *C. perspectalis* температуры на ЮБК были выше, чем в Предгорной зоне, а меланисты встречались на ЮБК в меньшем количестве (Таблица 9).

Таблица 9 – Соотношение полов и изменчивость окраски *Cydalima perspectalis*, Крым, 2019–2020 гг.

Соотношение полов и доля меланистических особей	Южный берег Крыма (НБС)			Предгорная зона (г. Симферополь)		
	поколение			поколение		
	G ₀	G ₁	G ₂	G ₀	G ₁	G ₂
2019 г.						
Соотношение полов ♀ : ♂	1:3,4	1:1,1	1:1,3	1:1,2	1:0,5	1:1,5
Самцы-меланисты, %	13,3	18,1	17,5	0	0	29,5
Самки-меланисты, %	11,1	21,5	11,5	27,3	18,2	28,6
Меланисты, % от всей популяции	12,8	19,8	14,	12,0	12,1	29,2
2020 г.						
Соотношение полов ♀ : ♂	1:0,7	1:1,5	*	1:0,7	1:1,2	1:6
Самцы-меланисты, %	28,3	8,3	*	22,2	23,5	0
Самки-меланисты, %	31,9	33,3	*	12,0	35,7	30,8
Меланисты, % от всей популяции	30,3	17.,	*	16,3	29,0	19,0

Условные обозначения: G₀ – перезимовавшее поколение; G₁ – первое поколение; G₂ – второе поколение. *Численность имаго была минимальной

В течение двух лет нами было отмечено явление протеандрии – самцы в каждом из трёх поколений массово вылетали на 3–5 суток раньше самок. Японские ученые также отмечали вылет самцов на один – два дня ранее самок (Maruyama, Shinkaji, 1987).

Развития гусениц самшитовой огневки в лабораторных условиях

По литературным данным самшитовая огнёвка имеет от пяти до семи возрастов в зависимости от вида самшита, на котором питались гусеницы, температуры и светового периода (Maruyama, Shinkaji, 1987). При питании на *B. semipervirens* и *B. microphylla* var. *insularis* отмечено появление гусениц 7 возраста (Maruyama, Shinkaji, 1991).

В связи с этим, возникла необходимость внести уточнение и установить биометрические параметры каждого возраста.

Таблица 10 – Количество возрастов и продолжительность развития гусениц *Cydalima perspectalis* в лабораторных условиях, первое поколение, 2020 г. (16.06. – 7.08)

	Дни																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	К♀								
2	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	Г								
3	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	Д																
4	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	Г														
5	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	К♀							
6	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	Д												
7	1	1	Г																												
8	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	К♂									
9	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	К♂			
10	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	Г								
11	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	К♂								
12	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	К♂				
13	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	К♀							
14	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Г																	
15	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Г	
16	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	К♂								
17	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	К♀
18	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	К♀								
19	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	К♀						
20	1	1	1	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	К♂										
21	1	1	1	2	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	К♂					
22	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	К♂									
23	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	Д																			
24	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	К♂												

К♀ куколка самка
 К♂ куколка самец
 Г гибель
 Д диапауза

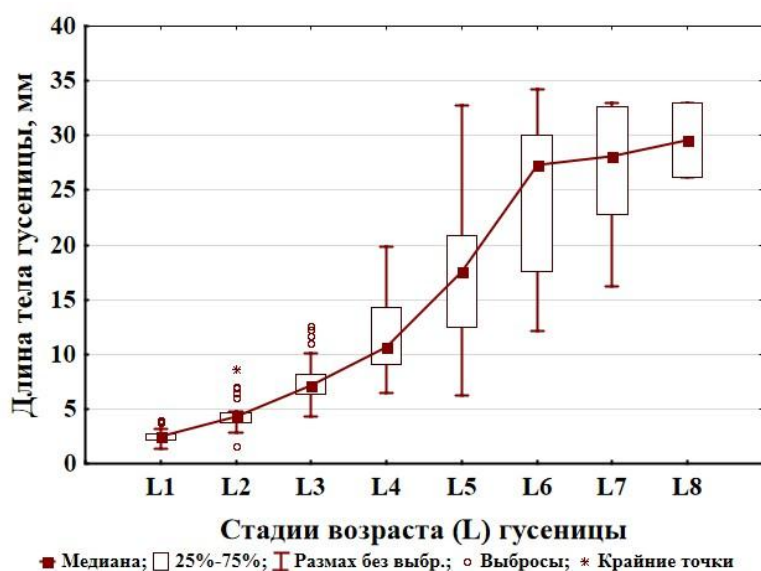
Таблица 11 – Количество возрастов и продолжительность развития гусениц *Cydalima perspectalis* в лабораторных условиях, второе поколение, 2020 г (1.08 – 11.09)

	Дни																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
1	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	К♀			
2	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	К♂											
3	1	г																																		
4	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	К♂											
5	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	К♀													
6	1	г																																		
7	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	К♂												
8	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	К♂			
9	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	К♂												
10	1	1	1	1	1	2	2	2	2	г																										
11	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	К♂														
12	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	К♂														
13	1	г																																		
14	1	г																																		
15	1	г																																		
16	1	г																																		
17	1	г																																		
18	1	1	2	2	г																															
19	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	г		
20	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	К♀													
21	1	1	1	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	К♀											
22	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	К♀													
23	1	1	г																																	
24	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	К♀		
25	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	К♂													
26	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	К♀	
27	1	1	1	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	К♂	
28	1	г																																		
29	1	г																																		
30	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	г																						
31	1	г																																		

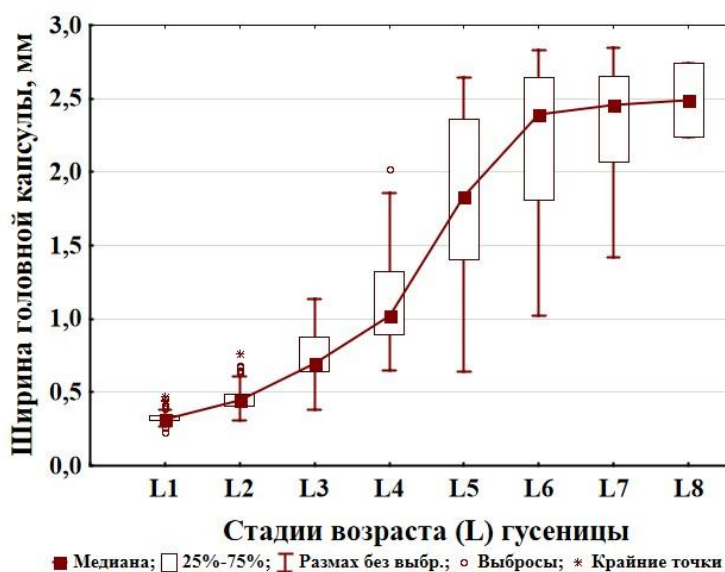
К♀ куколка самка
К♂ куколка самец
Г гибель
Д диапауза

Особенности развития гусениц самшитовой огневки изучали в лабораторных условиях в двух поколениях. Наблюдалась большая вариабельность в длительности развития гусениц и количестве возрастов. В обоих поколениях пребывание в фазе гусеницы до окукливания при нахождении в одинаковых условиях варьировало от 18 до 29 суток. Выявлено до восьми возрастов гусениц. Гусеницы восьмого возраста обнаружены в единичном экземпляре в каждом из поколений (Таблица 10, 11).

Для каждого возраста были определены биометрические параметры гусениц *C. perspectalis* (Рисунок 23).



А



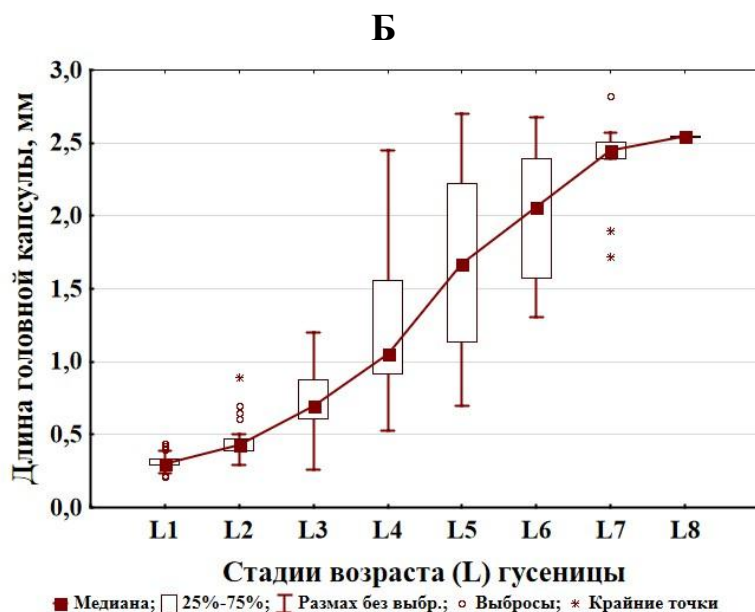


Рисунок 23 – Биометрические параметры гусениц *Cydalima perspectalis*:
 А – длина тела, Б – ширина головной капсулы;
 В – длина головной капсулы. 2020 г.

Для определения скорости роста гусениц использовали 2 критерия: отношение ширины головной капсулы к длине (Maruyama, Shinkaji, 1991) и отношение ширины головной капсулы одного возраста к ширине головной капсулы предыдущего возраста (Артохин и др., 2017).

В результате проведенных исследований выявлено, что индекс отношения ширины головной капсулы гусеницы данного возраста к таковой у гусеницы предыдущего возраста, как показатель роста у гусениц самшитовой огнёвки, находится в пределах 1,159–2,13. По обоим критериям максимальные темпы роста наблюдались на третьем возрасте гусениц (Таблица 12).

Установлена длительность нахождения гусениц в каждом возрасте. Выявлен большой разброс в пребывании гусениц на каждом возрасте, как в первом, так и во втором поколениях. Вместе с тем, большинство гусениц первого поколения на первом – четвертом возрастах, а во втором поколении – на первом – пятом возрастах развивались в течение двух – трёх суток (Рисунок 24, 25; Таблица 10, 11).

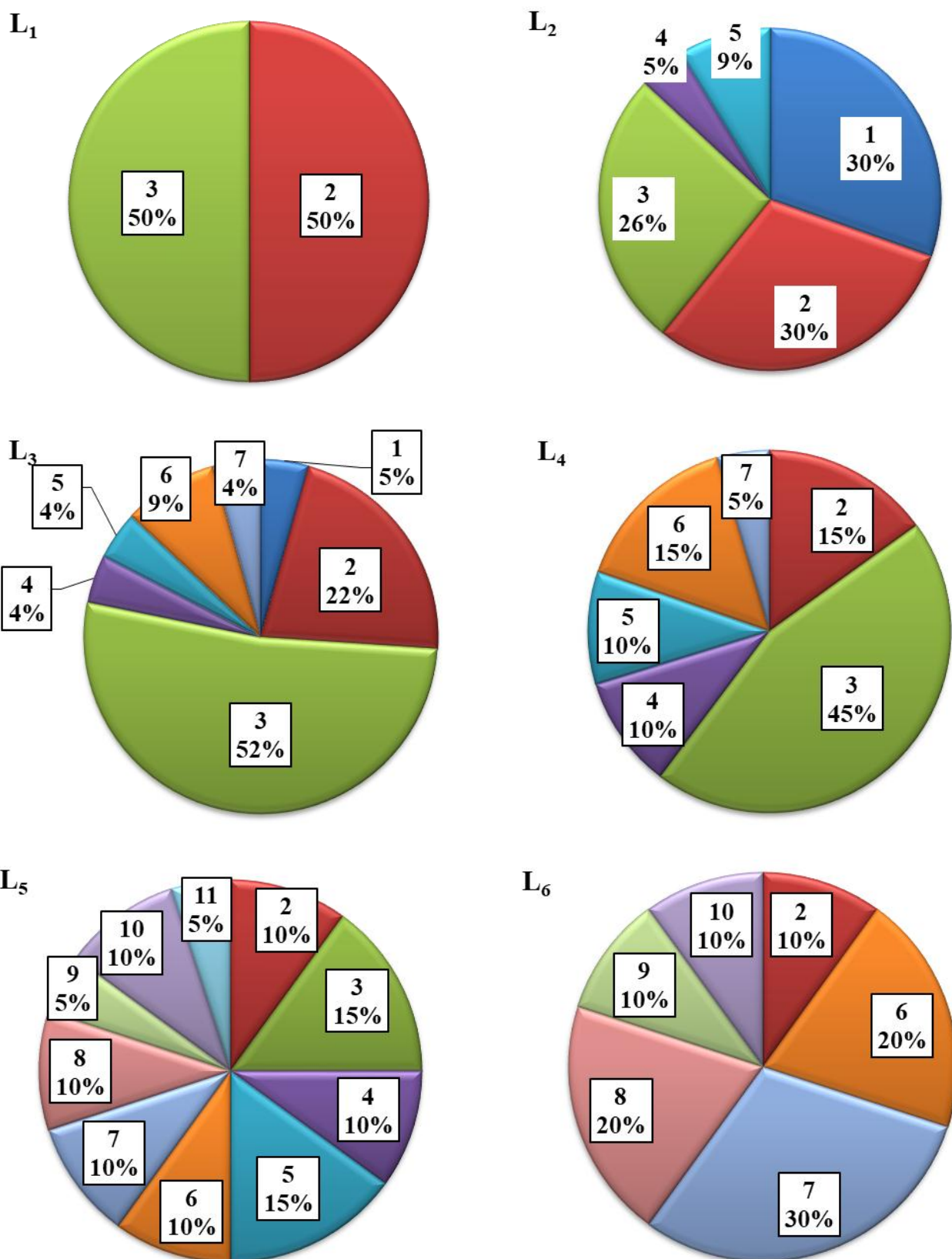
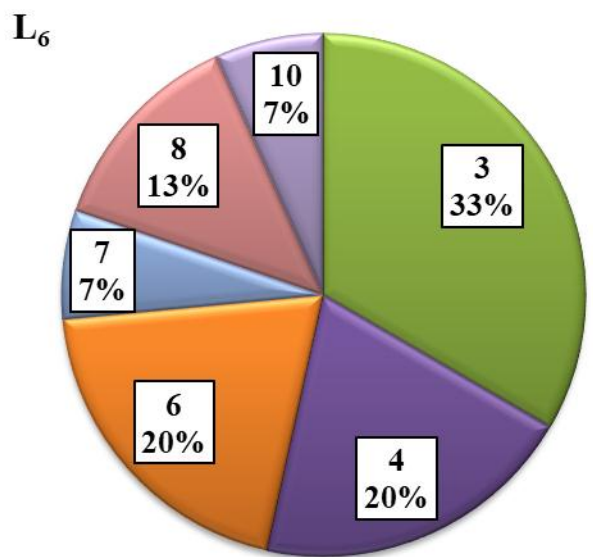
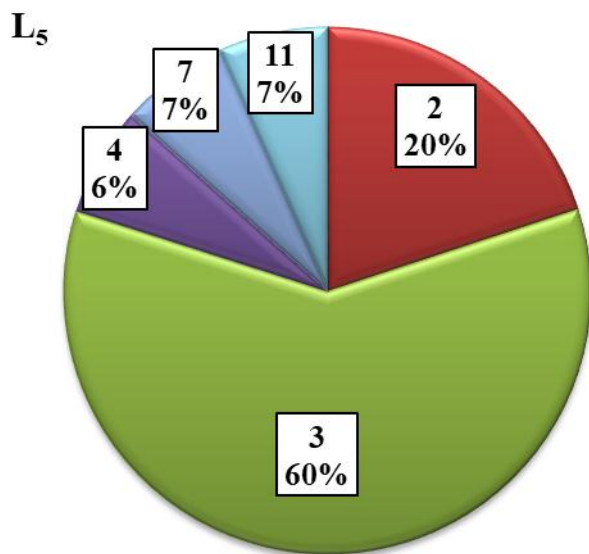
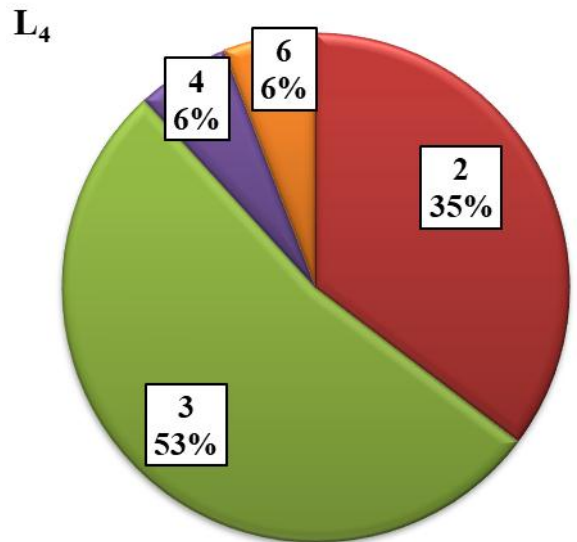
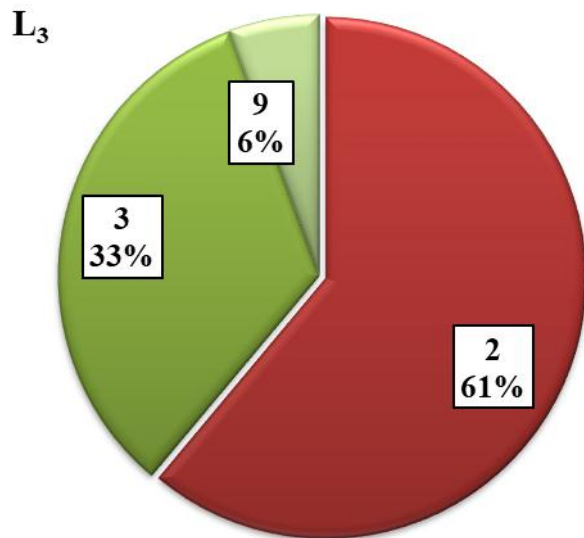
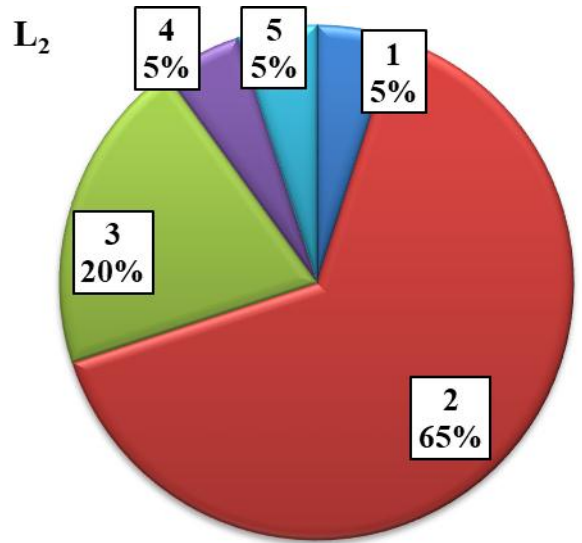
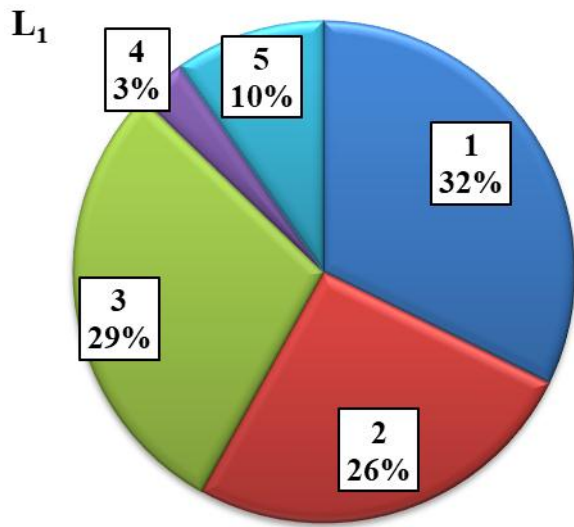


Рисунок 24 – Длительность возрастов гусениц *Cydalima perspectalis* (сутки), первое поколение. Крым. 2020 г.



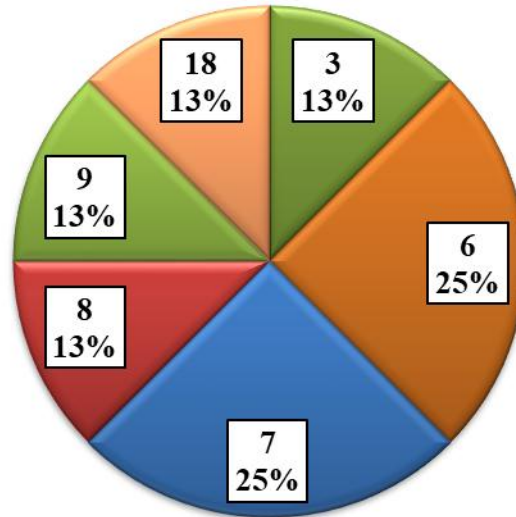
L_7 

Рисунок 25 – Длительность возрастов гусениц *Cydalima perspectalis* (сутки), второе поколение. Крым, 2020 г.

Таблица 12 – Коэффициент колебаний и скорость роста гусениц *Cydalima perspectalis*

Биометрические показатели (средние)	Возраста гусениц					
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
Ширина головной капсулы (W)	0,348	0,54	1,15	1,343	1,75	2,028
Длина головной капсулы (L)	0,338	0,51	0,77	1,18	1,593	1,91
W / L	1,029	1,059	1,494	1,138	1,099	1,062
W ₂ / W ₁ , W ₃ / W ₂ и т.д.		1,552	2,13	1,168	1,303	1,159

Время пребывания на восьмом возрасте, как в первом, так и во втором поколениях составило 8 суток (Таблица 10, 11). Куколки в обоих случаях оказались самцами.

В первом поколении гусеницы, чье развитие затянулось на пятом возрасте от 5 до 12 суток, окуклились минуя шестой возраст (Таблица 10). В первом поколении развитие гусениц на шестом возрасте длилось от 6 до 10 суток, а у одной гусеницы, перешедшей на седьмой возраст – 2 суток. Во втором поколении гусеницы, пребывавшие на шестом возрасте минимальный срок (3-4 дня)

поиняли на седьмой возраст (Таблица 11), остальные – окуклились. Максимальный процент окукливания в обоих поколениях наблюдался на шестом возрасте (Рисунок 26), который оказался самым распространенным старшим возрастом у исследованных особей самшитовой огневки, что согласуется с данными японских ученых (Miyayama, Shinkaji, 1987).

Соотношение полов ($\text{♀} : \text{♂}$) при окукливании на пятом возрасте составило 1:1 в обоих поколениях, на шестом в первом поколении – 1:1,7, а во втором – 1,3:1. При окукливании на седьмом возрасте доминировали самцы 1:2 (второе поколение) (Таблица 11).

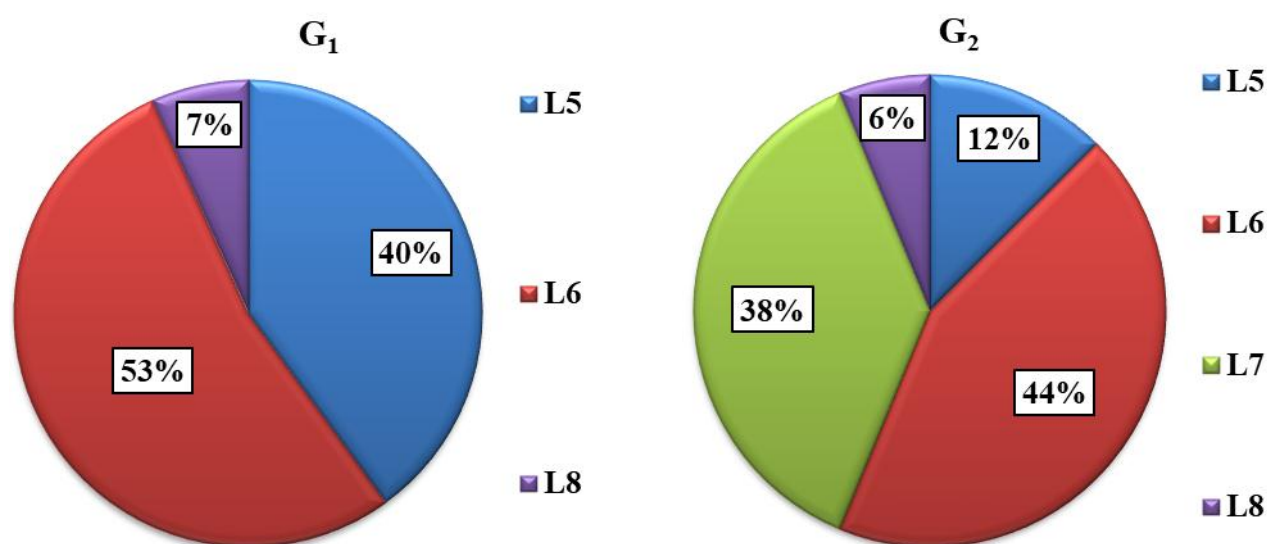


Рисунок 26 – Окукливание *Cydalima perspectalis* по возрастам. Крым. 2020 г.

Таким образом, выявлено асинхронное развитие гусениц *Cydalima perspectalis*, отражающихся из одних и тех же яйцекладок и находящихся в одинаковых условиях.

Нами установлено, что количество возрастов у гусениц самшитовой огневки составляет от пяти до восьми, и, вероятнее всего, их количество не зависит от условий окружающей среды, а определяется темпами прохождения возрастов между линьками и носит индивидуальный характер. Так, при затягивании

развития окукливание может произойти на более ранних возрастах (пятый), а ускоренные периоды между линьками увеличивают количество возрастов.

В первом поколении наблюдался уход в диапаузу гусениц на третьем и пятом возрастах. Даты ухода в диапаузу приходились на первую декаду июля (Рисунок 27). В январе 2021 г. коконы с диапаузирующими гусеницами были вскрыты. Обнаружено, что гусеницы, находясь в диапаузе шесть месяцев, сохранили жизнеспособность, но стали меньших размеров, чем перед уходом в диапаузу (Рисунок 28 А). Некоторые гусеницы, находясь в коконе, линяли (Рисунок 28 Б), что согласуется с данными других исследователей (Miyuama, Shinkaji, 1991).

Уходя в состояние диапаузы в первом поколении летом, гусеницы образовали коконы, состоящие из двух слоёв. Таким образом, можно предположить, что у самшитовой огнёвки, часть гусениц, ушедших в диапаузу летом, выходит из неё только весной следующего года. Следовательно, у самшитовой огнёвки наблюдается несколько видов диапаузы: зимняя, и факультативные летняя и летняя переходящая в зимнюю.

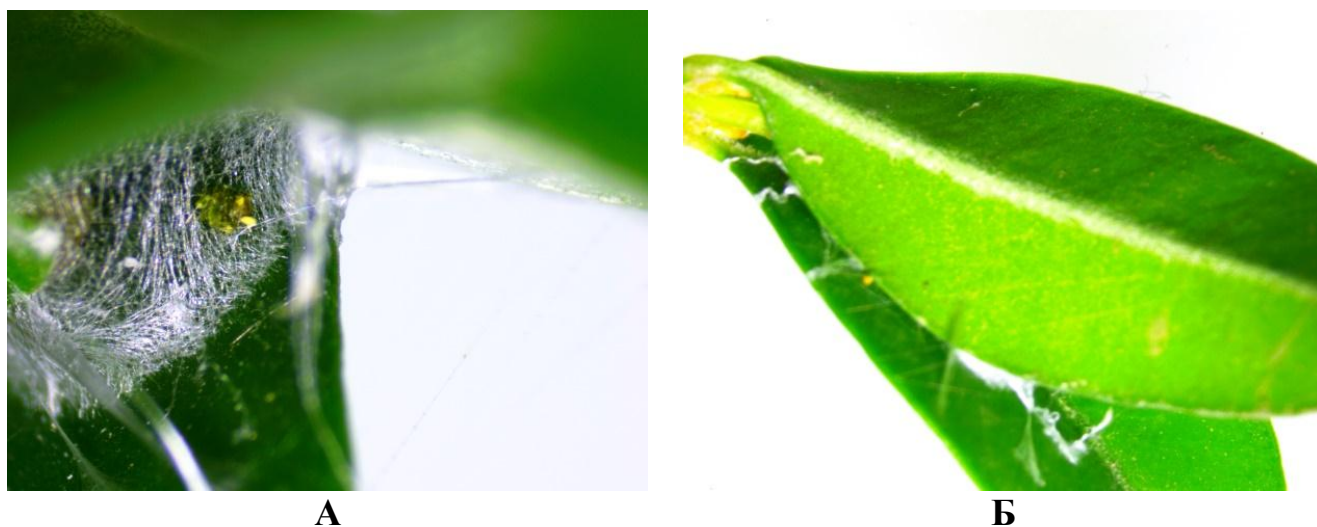


Рисунок 27 – Уход в диапаузу гусеницы 5 возраста *Cydalima perspectalis*.
Крым, НБС, 6.07.2020 г. Оригинальное фото.



Рисунок 28 – Гусеницы, извлеченные из коконов спустя 6 месяцев после ухода, в диапаузу: А – двухслойный кокон, Б – линька гусеницы в коконе. Крым, НБС, 15.01.2021 г. Оригинальное фото.

4.2 Фенология самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis*

Исследованиями установлено, что *C. perspectalis* – поливольтинный вид, развивающийся, как на Южном берегу, так и в центральном Предгорном районе Крыма в трёх поколениях. Поколения накладываются одно на другое, в связи с чем, в парковых насаждения Крыма практически постоянно присутствует вредящая фаза фитофага (Таблицы 13–18).

Зимуют гусеницы II – III возрастов. Выход из диапаузы в Крыму в 2018–2019 гг. был зафиксирован в начале первой декады апреля.

В 2018 г. 50,9 % особей при сумме эффективных температур 16,2 °С (выше +10°С) вышли из диапаузы и приступили к питанию. Размеры гусениц, находящихся в состоянии диапаузы, варьировали от 3 мм до 11 мм. Доминировали гусеницы L₂. Гусеницы третьего возраста L₃ составили не более 13,9 %.

Таблица 13 – Фенологический календарь развития *Cydalima perspectalis*. Южный берег Крыма, НБС, 2018 г.

Месяцы, декады																				
IV апрель			V май			VI июнь			VII июль			VIII август			IX сентябрь			X октябрь		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
—	—	—	—	—																
			0	0	0															
				+	+	+	+													
					o	o	o													
					—	—	—	—	—											
							0	0	0	0	0									
								+	+	+	+	+								
								o	o	o	o	o								
								—	—	—	—	—	—							
										0	0	0	0							
												+	+	+	+	+				
													o	o	o	o				
													—	—	—	—	—	—	—	©

Условные обозначения: o – яйцо; — – гусеница; 0 – куколка; + – имаго; © – зимующая гусеница.

Таблица – 14 Фенологический календарь развития *Cydalima perspectalis* Южный берег Крыма, НБС, 2019 г.

Месяцы, декады																				
IV апрель			V май			VI июнь			VII июль			VIII август			IX сентябрь			X октябрь		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
—	—	—	—	—	—	—														
			0	0	0	0	0													
					+	+	+	+	+											
					o	o	o	o	o											
						—	—	—	—	—	—									
									0	0	0									
										+	+	+	+	+						
										o	o	o	o	o						
											—	—	—	—						
														0	0	0				
															+	+	+	+		
															o	o	o	o		
																—	—	—	©	

Условные обозначения: o – яйцо; — – гусеница; 0 – куколка; + – имаго; © – зимующая гусеница.

Таблица – 15 Фенологический календарь развития *Cydalima perspectalis*. Южный берег Крыма, НБС, 2020 гг.

Месяцы, декады																								
III март			IV апрель			V май			VI июнь			VII июль			VIII август			IX сентябрь			X октябрь			
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—															
			0	0	0	0	0	0	0	0														
				+				+	+	+	+	+												
								°	°	°	°	°												
								—	—	—	—	—	—											
												0	0	0	0									
													+	+	+	+								
													°	°	°	°								
														—	—	—	—	—						
																	0	0	0					
																		+	+	+				
																		°	°	°				
																			—	—	—	©		

Условные обозначения: ° – яйцо; — – гусеница; 0 – куколка; + – имаго; © – зимующая гусеница.

Таблица – 16 Фенологический календарь развития *Cydalima perspectalis*. Центральное Предгорье Крыма, г. Симферополь, 2018 г.

Месяцы, декады																				
IV апр			V май			VI июнь			VII июль			VIII август			IX сент			X окт		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
—	—	—	—	—	—															
		0	0	0	0	0														
				+	+	+	+	+												
				o	o	o	o	o												
				—	—	—	—	—	—	—	—									
							0	0	0	0	0									
									+	+	+	+								
									o	o	o	o								
										—	—	—	—	—						
												0	0	0						
													+	+	+					
													o	o	o					
														—	—	—	—	—	—	©

Условные обозначения: o – яйцо; — – гусеница; 0 – куколка; + – имаго; © – зимующая гусеница.

Таблица – 17 Фенологический календарь развития *Cydalima perspectalis*. Центральное Предгорье Крыма,
г. Симферополь, 2019 г.

Месяцы, декады																												
III март			IV апр			V май			VI июнь			VII июль			VIII август			IX сент			X окт							
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III					
			—	—	—	—	—	—	—																			
					0	0	0	0	0																			
								+	+	+																		
								o	o	o																		
								—	—	—	—	—	—	—														
											0	0	0	0														
													+	+	+	+												
													o	o	o	o												
													—	—	—	—	—											
																0	0	0	0									
																		+	+	+	+							
																		o	o	o	o							
																		—	—	—	—						©	

Условные обозначения: o – яйцо; — – гусеница; 0 – куколка; + – имаго; © – зимующая гусеница.

Таблица – 18 Фенологический календарь развития *Cydalima perspectalis*. Центральное Предгорье Крыма, г. Симферополь, 2020 г.

Месяцы, декады																							
III март			IV апр			V май			VI июнь			VII июль			VIII август			IX сент			X окт		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—														
						0	0	0	0														
								+	+	+	+												
									o	o	o												
									—	—	—	—	—	—									
												0	0	0	0								
													+	+	+	+							
													o	o	o	o							
													—	—	—	—	—	—					
																0	0	0	0				
																	+	+	+				
																	o	o	o				
																	—	—	—	—	—	—	
																							©

Условные обозначения: o – яйцо; — – гусеница; 0 – куколка; + – имаго; © – зимующая гусеница.

В 2019 г. перезимовавших гусениц наблюдали на протяжении семи декад подряд, с апреля – до начала июня. В конце первой декады июня окуклились последние перезимовавшие гусеницы. Очевидно, это было обусловлено асинхронной линькой гусениц и их уходом в диапаузу при неблагоприятных условиях. В последующем в лабораторных условиях при наблюдении за развитием гусениц установлено, что гусеницы, отродившиеся из одной яйцекладки почти одновременно, линяют в разные сроки. Часть гусениц (40 %) долго не линяла, продолжая развитие в первом возрасте, тогда как остальные успевали за этот же период времени перелинять дважды, достигнув третьего возраста (Плугатарь, Шармагий, Балыкина, 2020).

Лёт имаго перезимовавшего поколения в 2018 г. на ЮБК начался на 15 суток раньше (единичные бабочки в инсектарии). Массовый лёт имаго в Предгорной зоне и на ЮБК проходил во второй декаде мая.

В 2019 г. лёт бабочек перезимовавшего поколения и на ЮБК, и в центральном Предгорье начался с третьей декады мая (Таблица 14, 17). В НБС лёт продолжался до первой декады июля включительно. Сроки лёта имаго первого поколения в 2019 г. проходили с разницей начала вылета: на ЮБК с 11 июля по третью декаду августа; в центральном Предгорье – с 24 июля по третью декаду августа. Бабочки второго поколения на ЮБК летали с 5 сентября по первую декаду октября; в Предгорье – со второй декады сентября до середины октября. Единичные особи имаго отмечались до начала ноября.

Фаза куколки перезимовавшего поколения длилась 20–22 суток. Гусеницы первого поколения питались с начала июня до конца июля, когда уже начали появляться младшие возраста гусениц второго поколения. Фаза куколки первого поколения длилась 10–15 суток, второго поколения – 14 суток. Фаза яйца при среднесуточных температурах от 22,7 °С до 25,2 °С составляла трое суток.

Известен факт существования летней диапаузы у гусениц *C. perspectalis* младших возрастов, возникающей при неблагоприятных условиях (Нестеренкова и др., 2016; Карпун и др., 2019). В 2019 г. установлена летняя диапауза у гусениц

второго – третьего возрастов как на ЮБК, так и в Предгорной зоне в каждом поколении (Рисунок 29).



Рисунок 29 – Гусеница второго возраста, вышедшая из летней диапаузы, второе поколение, Крым, НБС, 25.07.2019 г. Оригинальное фото.

2020 г. отличался от предыдущих лет по погодным условиям. На ЮБК в среднем за февраль температура воздуха составила 5,3 °С, что на 2,0 °С выше нормы. Продолжительность солнечного сияния за февраль была 125 часов при норме 87. Выход гусениц из зимовки произошел в первую декаду марта (3.03. 2020), когда наблюдалась необычно теплая и сухая погода, сохранившаяся до конца месяца. Среднесуточные температуры воздуха временами превышали норму на 11–14 °С и колебались в пределах 14–18 °С. В апреле температура воздуха несколько снизилась, и в среднем за месяц составила 10,1 °С, что на 0,4 °С ниже нормы. Ночью минимальные температуры воздуха понижались до + 1,8 °С (2 апреля).

Окукливание началось в начале II декады апреля, а вылет бабочек произошёл в третьей декаде мая. Так, вылет бабочек из куколок, которые окуклились 11 апреля, произошёл 25–26 мая (фаза куколки длилась 45–46 суток). Такая длительность фазы куколки обычно не наблюдается, при этом вылет имаго

составил только 23,1%, остальные куколки погибли. Для куколок, окуклившихся 18.04 и вылетевших 31.05 (44 дня), гибель на стадии куколки составила 61,4 %. Из гусениц, окуклившихся в мае (вторая, третья декады), вылет имаго достигал 90 % при длительности фазы куколки 14–20 дней (Sharmagiу et al., 2021).

Таким образом определено, что:

- Продолжительность жизни имаго *C. perspectalis* в среднем составляет около двух недель, при этом отдельные особи живут около месяца.
- Плодовитость самок варьирует от 126 до 582 яиц. В 2019 г. при отсутствии дополнительного питания максимальная плодовитость наблюдалась у самок–меланистов. В 2020 г. при наличии дополнительного питания плодовитость типично окрашенных самок варьировала на ЮБК от 132 до 582 яиц в разных поколениях, а у самок–меланистов – от 286 до 577. В центральной части Предгорной зоны у типично окрашенных самок плодовитость составляла от 131 до 435 яиц, а у самок меланистов – от 135 до 505 яиц.
- Самцы за свою жизнь спариваются не более, чем с тремя самками, а самки, за редким исключением, – с одним самцом.
- Соотношение полов меняется по поколениям в зависимости от условий окружающей среды (дефицит корма).
- *C. perspectalis* – как на Южном берегу, так и в центральной части Предгорной зоны Крыма развивается в трёх поколениях за год. Поколения накладываются одно на другое, в связи с чем, в парковых насаждениях практически постоянно присутствует вредящая фаза самшитовой огнёвки.
- Зимуют гусеницы II – III возрастов. Выход гусениц из зимней диапаузы в Крыму происходит в начале первой декады апреля или, в отдельные годы, – в первой декаде марта в зависимости от погодных условий.
- В каждом поколении в условиях Крыма наблюдался уход гусениц в летнюю диапаузу.
- В лабораторных условиях гусеницы, уходящие в состояние диапаузы в первом поколении, образовывали коконы, состоящие из двух слоев, и сохраняли в них

жизнеспособность полгода. Следовательно, у самшитовой огневки существует несколько видов диапаузы: облигатная зимняя и факультативные летняя и летняя переходящая в зимнюю.

- Наблюдалась большая вариабельность в длительности развития гусениц и количестве возрастов. В обоих летних поколениях при одинаковых условиях существования в лабораторных условиях, пребывание в фазе гусеницы до окукливания варьировало от 18 до 29 суток.
- Выявлено восемь возрастов гусениц. Гусеницы восьмого возраста обнаружены в единственном экземпляре в каждом из поколений (3,7 %).
- Максимальный процент окукливания гусениц наблюдается на шестом возрасте (44–53 % по поколениям) – это самый распространенный старший возраст окуклившихся гусениц самшитовой огневки.

Среди изучения множества экологических аспектов глобализации, наряду с инвазиями выделяют также стратегию жизни популяций (Снакин, 2019). В условиях Крыма выделяются следующие биологические особенности *C. perspectalis*, обеспечивающие оптимальную численность популяции для данного вида, которые можно рассматривать как стратегию вида на выживаемость:

1. факультативная летняя и летняя переходящая в зимнюю диапаузы, не всегда возникающие при неблагоприятных условиях окружающей среды;
2. при отсутствии дополнительного питания максимальная плодовитость отмечалась у самок меланистов (577 яиц), а при наличии дополнительного питания также и у типично окрашенных самок и достигала 582 яиц;
3. высокая для Lepidoptera продолжительность жизни;
4. длительность пребывания в фазе гусеницы до окукливания при одинаковых условиях.

Отрицательная особенность для вида:

1. невысокая частота спаривания у самцов.

РАЗДЕЛ 5

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЗВИТИЕ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ

5.1 Влияние термических условий на сезонный лёт имаго

Влияние температур на скорость развития фаз вредителя и температурные пороги сезонного развития *C. perspectalis* изучались в Азии, первичном ареале вредителя (Maruyama, Shinkaji, 1987, 1991, 1993; Tang 1993; Zhou et al., 2005) и на территории инвазии в Европе (Nacambo et al., 2013, 2014).

Отмечен ряд различий между инвазивной популяцией *C. perspectalis* в Европе и аборигенной популяцией в Азии. Температурные пороги, необходимые для развития яиц, гусениц и куколок в европейских исследованиях, отличались от исследований, проведенных в Японии. Такие различия могут возникать из-за того, что разные географические биотипы показывают различные реакции развития (Maruyama, Shinkaji, 1993).

В северо-западной Швейцарии был установлен температурный минимум (DV_0) для развития гусениц самшитовой огнёвки, близкий к $+ 9,5$ °C и средняя сумма 540 градусо-дней на поколение (Nacambo et al., 2013, 2014). Также определены нижний (DV_1) и верхний (DV_2) температурные оптимумы (соответственно равные 15 °C и $27,5$ °C), и верхний температурный предел (DV_3), составивший 35 °C (Nacambo et al., 2013, 2014).

Зафиксированный нами в течение трёх лет средний показатель между декадными температурами до и после выхода гусениц из зимней диапаузы соответствовал температурному порогу $9,5$ °C (Nacambo et al., 2013, 2014) и составлял от $9,5$ до $9,7$ °C (Таблица 19).

В 2019 г. в начале апреля при сумме эффективных температур (СЭТ) воздуха выше 10 °C равной $16,2$ °C из диапаузы вышло $50,9$ % особей, остальные гусеницы выходили из диапаузы позднее (Плугатарь, Шармагий, Балыкина, 2020).

Таблица 19 – Агроклиматические показатели выхода гусениц *Cydalima perspectalis* из зимней диапаузы, 2018–2020 гг., НБС

Даты выхода гусениц из зимней диапаузы	Тсрс, предшествующие выходу гусениц из диапаузы					Тсд		СЭТ (10°С)
						До выхода	Во время выхода	
1.04.2018	9,68 (27.03)	7,28 (28.03)	8,23 (29.03)	6,16 (30.03)	9,63 (31.03)	6,42 (III д. III)	12,95 (I д. IV)	8,55 (1.04)
3.04.2019	4,26 (29.03)	6,13 (30.03)	9,63 (31.03)	12,18 (1.04)	10,5 (2.04)	6,83 (III д. III)	11,36 (I д. IV)	3,8 (3.04)
3.03.2020	12,39 (27.02)	8,14 (28.02)	5,81 (29.02)	5,24 (1.03)	5,34 (2.03)	6,76 (III д. II)	11,36 (I д. III)	2,39 (3.03)

Условные обозначения: Тсрс - среднесуточные температуры; Тсд - температура среднедекадная

На рисунке 30 показана динамика СЭТ на ЮБК и в центральном Предгорье (г. Симферополь), а также динамика среднедекадных температур воздуха (Тсд) в 2018 году. Показатели СЭТ для двух районов не отличались до I декады июня. Лёт перезимовавшего поколения (G_0) в обоих районах начинался в одно и то же время, со II декады мая и продолжался на ЮБК до II декады, а в Симферополе – до III декады июня. На развитие перезимовавшего поколения от выхода гусениц до завершения лета имаго потребовалось СЭТ для ЮБК – 662 градуса дня и 770 – для Симферополя. Для первого поколения (G_1) на ЮБК лет начался раньше и проходил с III декады июня (СЭТ 807 °С) по I декаду августа (СЭТ 1432 °С), а в Предгорье с I декады июля (СЭТ 893 °С) по I декаду августа (СЭТ 1317 °С). Лет имаго второго поколения (G_2) на ЮБК проходил с I декады августа (СЭТ 1432 °С) по II декаду сентября (СЭТ 2015 °С), в Предгорье – со II декады августа (СЭТ 1458 °С) по I декаду сентября (СЭТ 1737 °С) (Таблица 20).

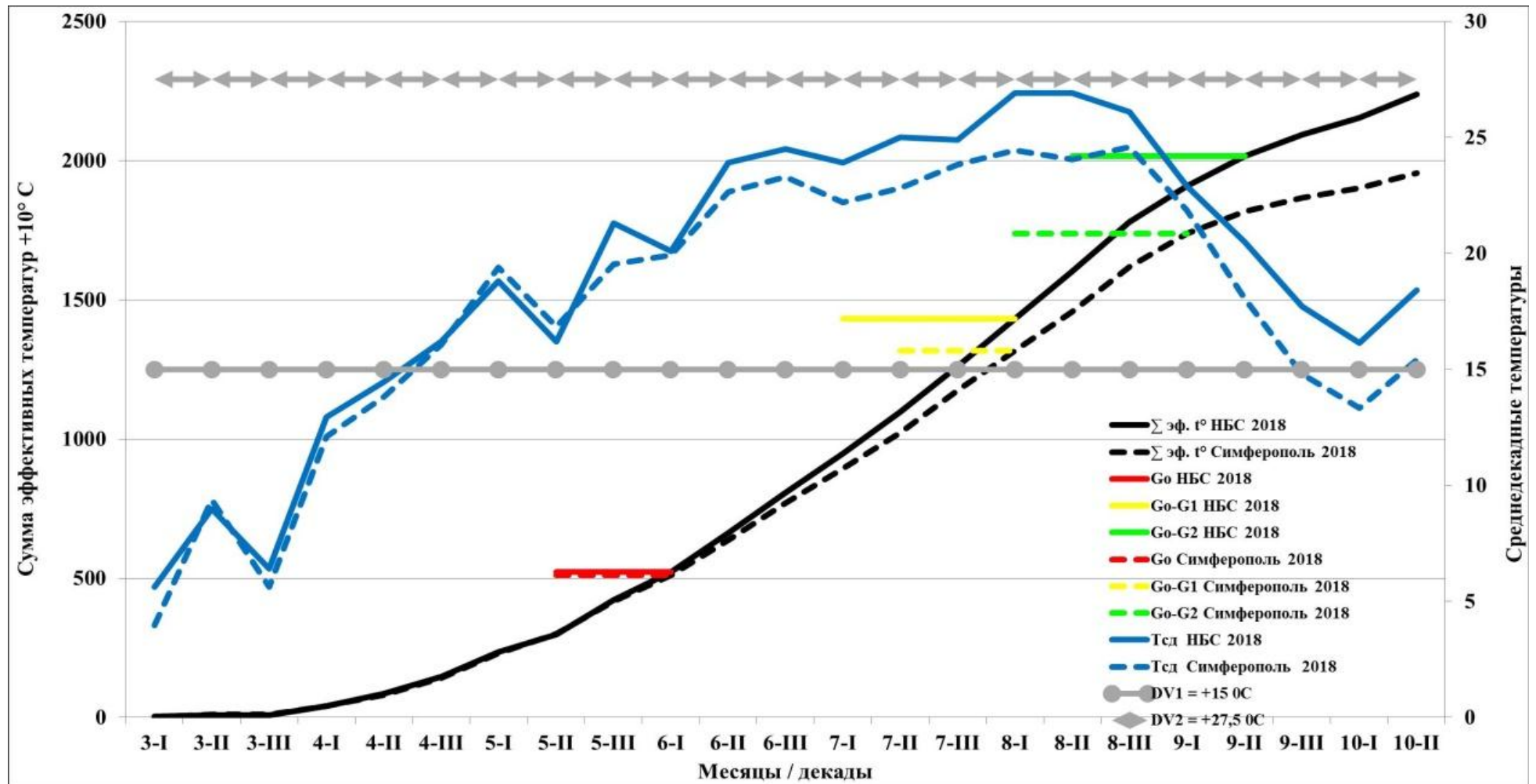


Рисунок 30 – Лёт имаго *Cydalima perspectalis* и сезонная динамика СЭТ и Тсд, 2018 г. Продолжительность лёта поколений показана на уровне СЭТ, соответствующей окончанию лёта.

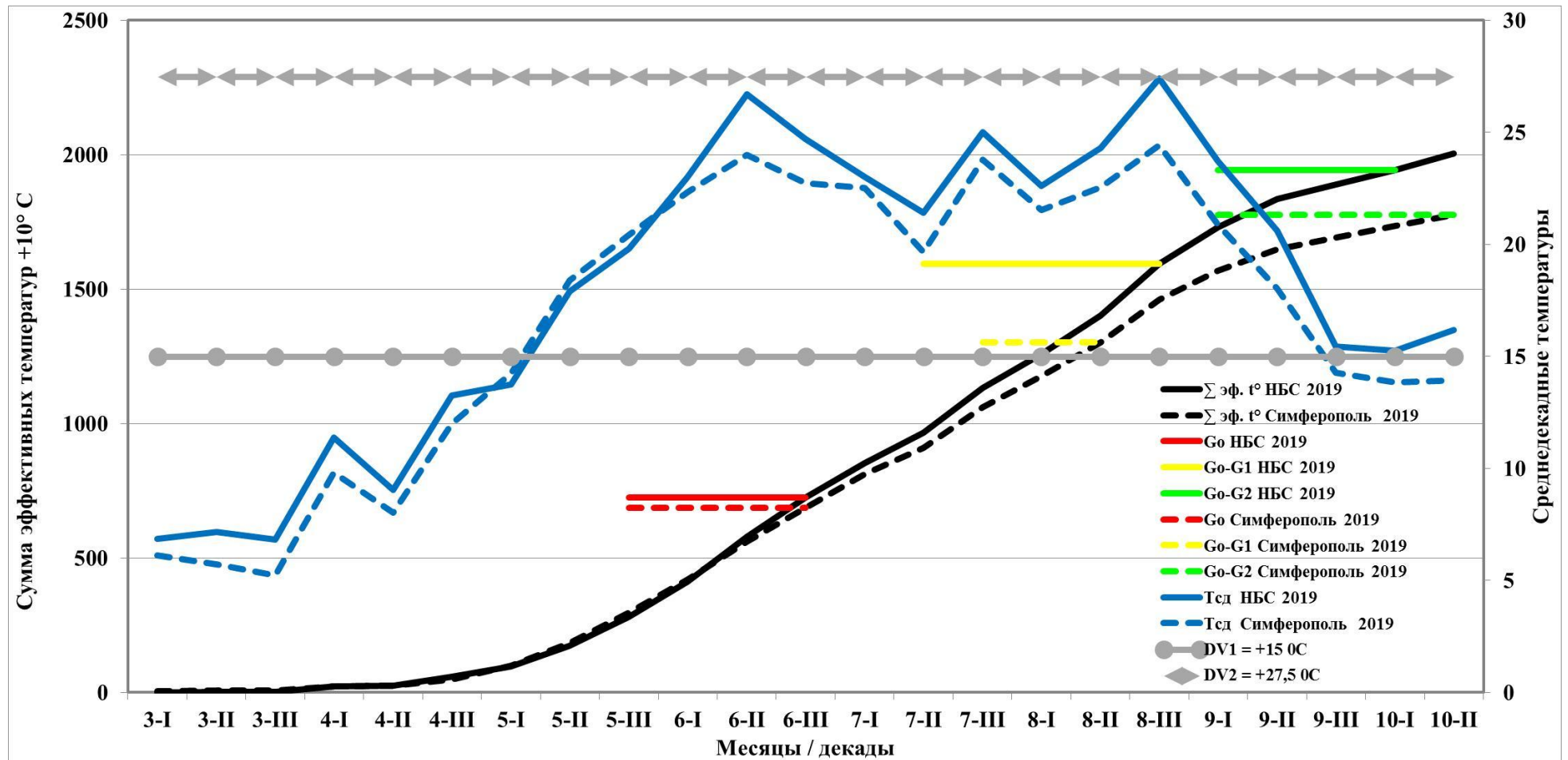


Рисунок 31 – Лёт имаго *Cydalima perspectalis* и сезонная динамика СЭТ и Тсд, 2019 г. Продолжительность лёта поколений показана на уровне СЭТ, соответствующей окончанию лёта.

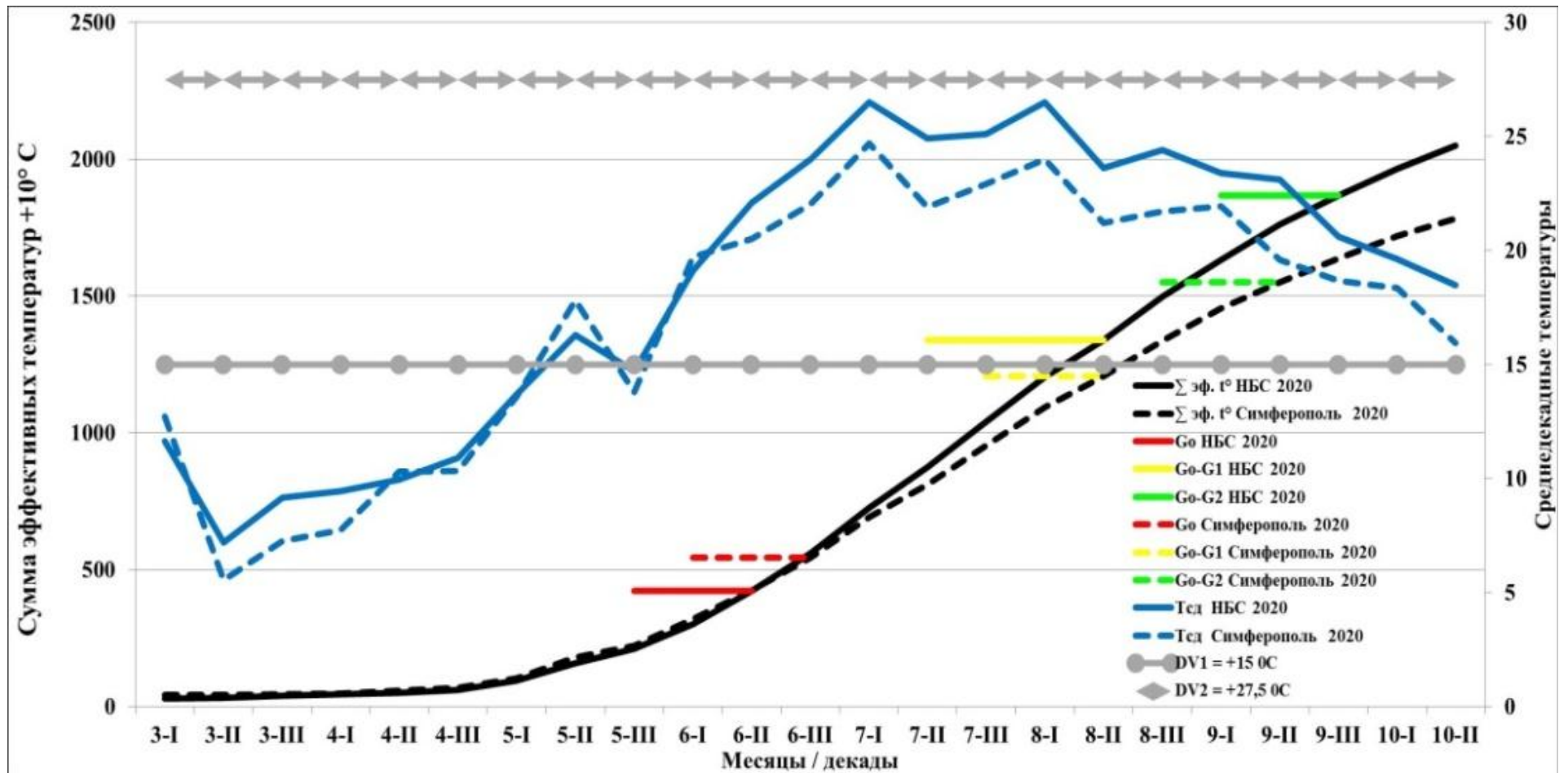


Рисунок 32 – Лёт имаго *Cydalima perspectalis*. и сезонная динамика СЭТ и Тсд, 2020 г. Продолжительность лёта поколений показана на уровне СЭТ, соответствующей окончанию лёта.

В августе в НБС среднедекадная температура ($T_{сд}$) приближалась к показателям верхнего оптимума развития ($DV_2 = 27,5 \text{ }^\circ\text{C}$), а среднесуточная температура ($T_{срс}$) в течение семи суток превышала этот показатель. В Симферополе, как $T_{сд}$, так и $T_{срс}$ были ниже верхнего оптимума развития для гусениц *C. Perspectalis* (Шармагий, Корсакова, 2021).

В 2018 г. во втором поколении *C. perspectalis* в Предгорной зоне количество яиц с погибшими эмбрионами (без повреждения хориона) составило 28,3 %. По нашему мнению, их гибель была обусловлена высокими дневными температурами ($35,4 \text{ }^\circ\text{C}$) и низкой относительной влажностью воздуха (от 33 до 49 %) (Плугатарь, Шармагий, Балыкина, 2020).

Таблица 20 – Суммы эффективных температур в период лёта поколений (G_0 , G_1 , G_2) имаго *Cydalima perspectalis* в условиях Крыма

Годы	Место	Сумма эффективных температур выше $10 \text{ }^\circ\text{C}$					
		G_0		G_1		G_2	
		Начало	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец
2018	НБС-ННЦ	297	662	807	1432	1432	2015
	Симферополь	299	770	893	1317	1458	1737
2019	НБС-ННЦ	282	853	966	1593	1730	1942
	Симферополь	297	560	1060	1460	1649	1775
2020	НБС-ННЦ	210	725	873	1340	1631	1868
	Симферополь	222	545	811	1206	1335	1550

В 2019 г. в обоих районах наблюдалась такая же тенденция, как и в 2018 г., показатели СЭТ не значительно отличались друг от друга вплоть до II декады июня. Лет имаго на ЮБК и в центральной части Предгорной зоны Крыма наблюдался одновременно с небольшим расхождением в суммах эффективных температур ($15 \text{ }^\circ\text{C}$) (Рисунок 31). Однако, в последующих поколениях G_1 и G_2 происходило расхождение по показателям СЭТ как для начала, так и для завершения лёта имаго. В НБС лёт G_1 проходил со II декады июля (СЭТ $966 \text{ }^\circ\text{C}$) по III декаду августа (СЭТ $1593 \text{ }^\circ\text{C}$). В Симферополе он отмечался с III декады

июля (СЭТ 1060 °С) по III августа (СЭТ 1460 °С). Имаго G_2 в НБС фиксировали с I декады сентября (СЭТ 1730 °С) по I декаду октября (СЭТ 1942 °С), а в Симферополе – со II декады сентября (СЭТ 1649 °С) по II декаду октября (СЭТ 1775 °С) (Таблица 20).

В Симферополе в 2019 г. Тсд, так же как и в 2018 г., не превышала верхнего температурного оптимума развития, однако во время лёта бабочек первого поколения и откладки ими яиц во II декаде августа, минимальная влажность воздуха составляла 19 %, а максимальная температура – 33 °С. При таких погодных условиях была отмечена гибель яиц 25,9 %.

В НБС Тсд в августе дважды приближались к показателю верхнего температурного оптимума во II декаде июня и в III декаде августа (при этом минимальная влажность в третьей декаде августа составляла 23 %), а Тсрс за этот период в течение десяти суток превышала верхний оптимуму развития. В это время отмечена максимальная гибель эмбрионов в яйцекладках – 28,2 %.

Для выяснения комплексного влияния на жизнеспособность эмбрионов *C. perspectalis* высоких температур воздуха в сочетании с низкой его влажностью, была проведена серия опытов в климатической камере. По результатам пребывания яйцекладок в течение 3 часов в климатической камере BINDER серии КВФ при заданной температуре 36,1 °С и относительной влажности 24 % была установлена гибель 20 % яйцекладок, находящихся на ранних этапах эмбриогенеза. Однако, из яиц, находящихся на стадии «розовое кольцо» и «темная голова», при указанных условиях отрождение гусениц происходило на 100 %.

2020 г. отличался от предыдущих лет погодными условиями, особенно в ранневесенний и осенний периоды (Рисунок 32). Февраль и март в НБС характеризовались высокими температурами, превышающими средние многолетние показатели на 2-4 °С. В апреле произошло резко снижение температуры, ночью воздух выхолаживался до 1,8 °С, что значительно ниже нижней оптимальной температуры ($DV1 = 15$ °С) по Nacambo et al. (2013).

В НБС единичные бабочки вылетели в III декаду апреля (СЭТ 59 °С), а массовый лёт начался с III декады мая (СЭТ 210 °С) по I декаду июля (СЭТ 725 °С) (Шармагий, 2021). В Симферополе лёт G_0 наблюдался с III декады мая (СЭТ 222 °С) по III декаду июня (СЭТ 545 °С). Лет G_1 на ЮБК был отмечен со II декады июля (СЭТ 873 °С) по II августа (СЭТ 1340 °С), а в Симферополе лёт проходил в те же сроки (СЭТ от 811 °С до 1206 °С). Имаго G_2 на ЮБК летело с I по III декаду сентября (СЭТ от 1631 °С до 1868 °С), а в Симферополе – с III декады августа по II декаду сентября (СЭТ от 1335 °С до 1550 °С). (Таблица 20). Вылет бабочек G_2 на ЮБК на декаду позже, чем в Предгорном Крыму может быть обусловлен угнетенным состоянием гусениц из-за среднесуточной температуры, превышающей верхний оптимум развития.

В Симферополе $T_{сд}$, так же как и в 2018–2019 годах, не превышала верхнего оптимума развития самшитовой огнёвки, однако, в 2020 г. впервые за годы исследований среднесуточные температуры воздуха в течение двух суток дважды превышали верхний температурный оптимум. В НБС, так же как и в Симферополе, $T_{сд}$ не превышало верхнего оптимума развития самшитовой огнёвки, однако $T_{срс}$ в июле-августе превышали его в течение девяти суток.

Таким образом, в Предгорной зоне Крыма по температурным показателям в летнее время 2018–2020 гг. были отмечены более благоприятные условия для развития *C. perspectalis*, чем на ЮБК.

За три года исследований диапазон сумм эффективных температур выше 10 °С для начала лёта имаго G_0 в обоих агроклиматических районах Крыма различался незначительно и колебался в НБС в пределах от 210 до 297 градусо-дней, а в Симферополе – от 222 до 299 градусо-дней. Амплитуда СЭТ на весь период лёта имаго G_0 от начала до конца в НБС составила 210–853 градусо-дней, а в Симферополе – от 222 до 770 градусо-дней. В качестве сравнения, в условиях Краснодара для завершения цикла G_0 потребовалось СЭТ 361–389 градусо-дней (Щуров, Замотайлов, Щурова, 2020). Показатели СЭТ лёта имаго G_1 в НБС варьировали от 807 градусо-дней в начале до 1593 градусо-дней в конце, а в Симферополе – от 811 до 1460 градусо-дней соответственно. Для G_2 в НБС лёт

имаго проходил в диапазоне СЭТ от 1432 до 2015 градусо-дней, а в Симферополе – от 1335 до 1775 градусо-дней (Таблица 20).

Такие колебания СЭТ при вылете имаго и растянутый лёт бабочек обусловлены асинхронностью развития гусениц *C. perspectalis*, которая была отмечена при лабораторных исследованиях биологии развития вредителя (Плугатарь, Шармагий, Балыкина, 2020).

Японские ученые определяли СЭТ в день вылета 50 % имаго (Maeyama, Shinkaji 1987). Учёты СЭТ, проведенные нами в обоих районах при вылете 50 % имаго каждого поколения в годы исследований также отличались между собой (Рисунок 33, 34).

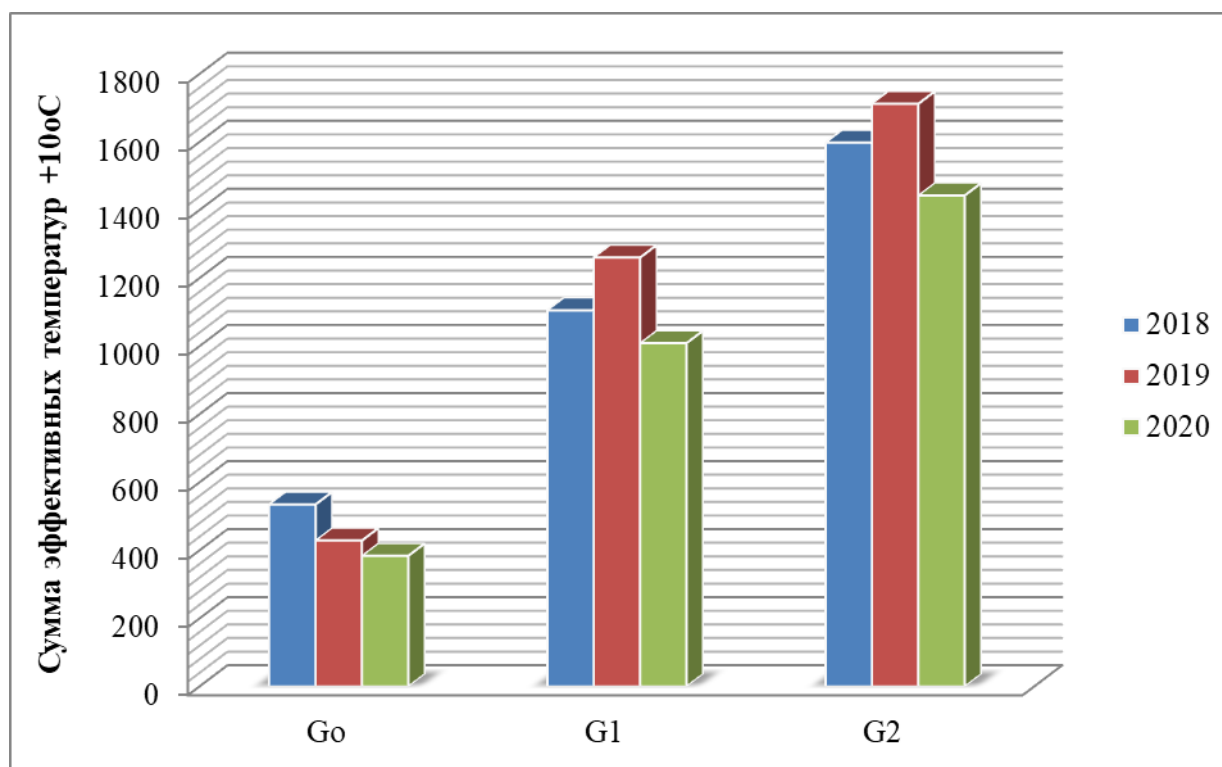


Рисунок 33 – Сумма эффективных температур при вылете 50% имаго *Cydalima perspectalis* каждого поколения, Симферополь. Крым.

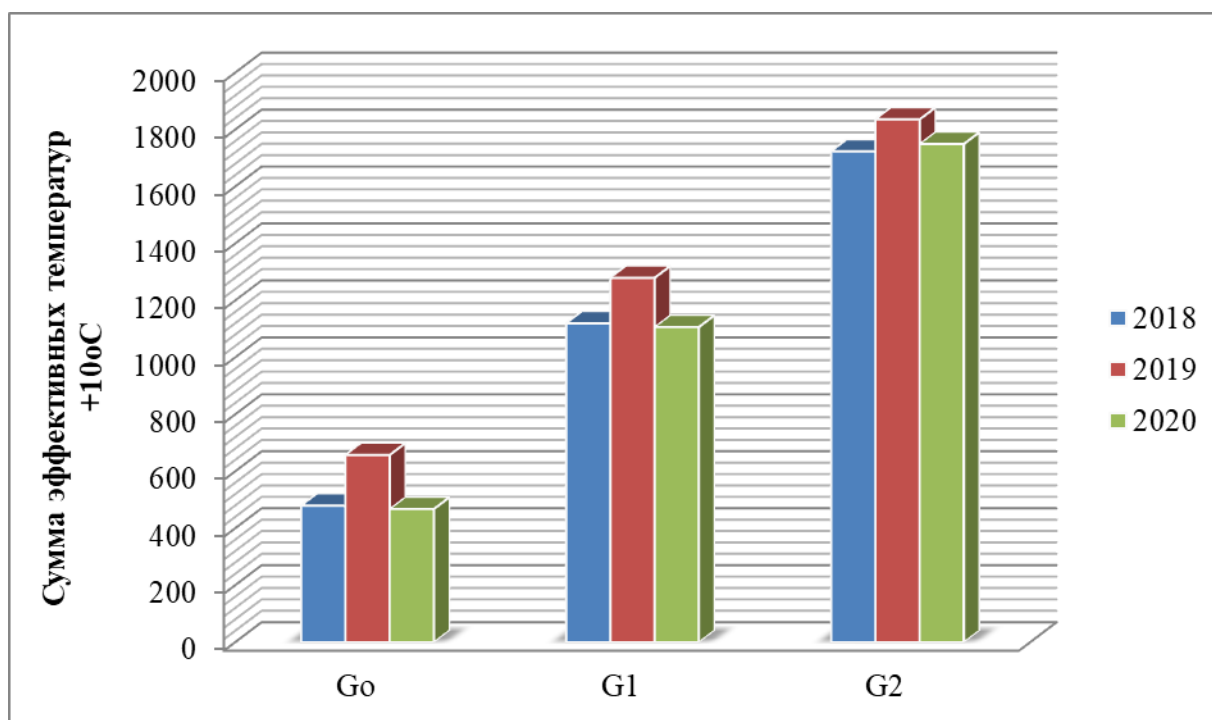


Рисунок 34 – Сумма эффективных температур при вылете 50 % имаго *Cydalima perspectalis* каждого поколения в НБС, Крым.

Таким образом, температурный порог для гусениц самшитовой огнёвки в Крыму составляет +9,5 °С.

Вылет имаго самшитовой огнёвки растянут, а суммы эффективных температур, необходимые для развития поколений, по годам варьируют в широком диапазоне, что обусловлено асинхронностью развития гусениц *C. perspectalis*. В летний период более благоприятные для развития *C. perspectalis* термические условия складываются в центральной части Предгорного Крыма, чем на ЮБК.

Выявлено влияние высоких температур в сочетании с низкой относительной влажностью воздуха на гибель яйцекладок вредителя, как в парковых насаждениях, так и в лабораторных условиях. Установлено, что температуры воздуха выше 33–36,1 °С в сочетании с относительной влажностью воздуха ниже 19–49 % приводят к гибели от 20 до 28,3 % эмбрионов в яйцекладках *C. perspectalis*, находящихся на ранней стадии эмбриогенеза (Шармагий, Корсакова, 2021).

5.2 Изменчивость продолжительности и термолабильности развития стадий онтогенеза в условиях Крыма

При наличии большого количества научных публикаций, посвященных проблеме распространения и особенностей жизненного цикла *C. perspectalis*, комплексное влияние экологических факторов и их взаимодействия на лабильность температурных норм развития фитофага, а также на географическую, сезонную и другую изменчивость температурных параметров внутри вида изучено недостаточно. В южных регионах России *C. perspectalis* по-прежнему угрожает целостности природных и декоративных насаждений самшита, поэтому накопление многолетнего ряда данных полевых исследований о влиянии мезо и микроклимата на сезонное развитие вредителя не утратили свою актуальность. Именно на основе многолетних полевых наблюдений можно выявить закономерности прохождения стадий жизненного цикла насекомых в зависимости от сложившихся погодных условий, выявить межпопуляционную изменчивость температурных норм развития.

Фенологические наблюдения в течение трёх лет (2018–2020 гг.) за развитием *C. perspectalis* в парковых насаждениях самшита в Крыму показали, что на Южном берегу Крыма (НБС) в условиях сухих субтропиков продолжительность личиночной стадии популяции после зимовки (G_0) составляет в среднем 72 суток (Таблица 21), а в Предгорном Крыму (Симферополь) в зоне сухой лесостепи – 67 суток (Таблица 22). При относительно небольших различиях по температуре и влажности воздуха (2–6 %), продолжительность стадии личинки первого летнего поколения (G_1) в обоих районах была на 39–49 % больше, чем второго поколения (G_2).

Развитие гусениц после зимовки до стадии имаго при естественном ходе фотопериода и температур в условиях ЮБК в среднем длится с III декады марта до середины мая, а в условиях Предгорного Крыма – с III декады марта по III декаду мая. Развитие первого летнего поколения G_1 продолжается с III декады мая до конца июля на ЮБК, и до начала августа – в Предгорном Крыму.

Таблица 21 – Продолжительность стадий жизненного цикла популяций *Cydalima perspectalis* в условиях Южного берега Крыма, НБС, среднее за 2018–2020 гг.

Стадия развития	Поколение	Продолжительность стадии, сутки	Среднесуточные показатели среды		
			Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Фотопериод, часы
Личинка	G ₀	71,7 ± 20,8	14,4 ± 2,3	62,5 ± 3,8	13,8 ± 0,4
	G ₁	57,3 ± 17,6	23,8 ± 0,8	56,3 ± 1,8	15,3 ± 0,2
	G ₂	40,7 ± 5,5	25,0 ± 0,2	55,2 ± 1,6	14,5 ± 0,4
Куколка	G ₀	50,0 ± 20,5	18,2 ± 2,7	64,7 ± 1,6	14,8 ± 0,2
	G ₁	28,7 ± 8,0	24,1 ± 1,3	57,5 ± 0,3	15,3 ± 0,1
	G ₂	31,0 ± 9,0	24,7 ± 1,3	54,3 ± 5,8	13,6 ± 0,7
Имаго	G ₀	43,7 ± 21,4	21,0 ± 2,8	59,3 ± 3,9	15,2 ± 0,2
	G ₁	39,0 ± 7,0	24,5 ± 0,9	57,8 ± 3,1	14,9 ± 0,3
	G ₂	29,0 ± 9,2	21,9 ± 2,8	58,3 ± 3,4	12,8 ± 0,6
Яйцекладка	G ₀	35,7 ± 9,3	22,8 ± 1,4	58,3 ± 4,2	15,4 ± 0,1
	G ₁	37,0 ± 4,4	24,9 ± 0,2	56,9 ± 3,4	14,8 ± 0,4
	G ₂	27,0 ± 7,9	21,5 ± 3,1	59,6 ± 3,3	12,7 ± 0,6

Примечание

1 G₀, G₁, G₂ – соответственно перезимовавшее, первое и второе поколение

Таблица 22 – Продолжительность стадий жизненного цикла популяций *Cydalima perspectalis* в условиях Предгорного Крыма, г. Симферополь, среднее за 2018–2020 гг.

Стадия развития	Поколение	Продолжительность стадии, сутки	Среднесуточные показатели среды		
			Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Фотопериод, часы
Личинка	G ₀	67,3 ± 19,1	14,1 ± 2,7	58,7 ± 3,3	13,9 ± 0,4
	G ₁	58,0 ± 12,1	22,3 ± 0,3	60,3 ± 1,1	15,4 ± 0,1
	G ₂	39,0 ± 8,9	23,2 ± 0,6	56,6 ± 3,6	14,4 ± 0,4
Куколка	G ₀	38,7 ± 6,7	17,8 ± 1,0	58,3 ± 2,0	14,8 ± 0,2
	G ₁	40,0 ± 5,2	22,7 ± 0,7	61,0 ± 3,6	15,3 ± 0,1
	G ₂	27,0 ± 4,6	21,3 ± 2,9	54,2 ± 4,8	13,5 ± 0,6
Имаго	G ₀	34,3 ± 11,1	20,9 ± 1,9	60,3 ± 4,9	15,4 ± 0,1
	G ₁	40,0 ± 1,0	23,0 ± 0,5	59,0 ± 4,6	14,7 ± 0,4
	G ₂	29,3 ± 4,0	20,0 ± 4,9	58,3 ± 5,3	13,0 ± 0,9
Яйцекладка	G ₀	32,0 ± 13,1	21,7 ± 1,2	60,9 ± 4,1	15,4 ± 0,1
	G ₁	36,3 ± 2,1	23,0 ± 0,5	59,2 ± 4,8	14,7 ± 0,4
	G ₂	26,3 ± 2,1	19,3 ± 4,7	61,2 ± 4,0	12,8 ± 0,9

Примечание

1 G₀, G₁, G₂ – соответственно перезимовавшее, первое и второе поколение

Второе летнее поколение G₂ в условиях Крыма, как правило, формируется с середины июля до середины сентября. Таким образом, в течение вегетационного

сезона в парковых насаждениях самшита в условиях Крыма у популяций *C. perspectalis* отмечается временное перекрывание следующих друг за другом, как стадий онтогенеза, так и поколений. По нашему мнению, в значительной степени это обусловлено асинхронным развитием гусениц, выявленном в каждом поколении (Плугатарь, Шармагий, Балыкина, 2020).

Средняя продолжительность стадии куколки летних поколений G_1 и G_2 популяций *C. perspectalis* в парках ЮБК составляет 29–31 суток, в Предгорном Крыму – 27–40 суток. Лёт имаго G_0 , G_1 и G_2 поколений длится в среднем от 29 до 44 суток, а период яйцекладки – от 26 до 37 суток.

Результаты проведенных полевых исследований показали важность двух ведущих экологических факторов (фотопериода и температуры) в процессе подготовки к зимовке *C. perspectalis*. Сопряженный анализ между продолжительностью развития стадий различных поколений и абиотическими факторами среды (Таблицы 21, 22) позволил выявить модифицирующее влияние фотопериода на температурные нормы развития популяций *C. perspectalis* в поколении G_2 . Сокращение длины дня во второй половине лета – начале осени не только ускорило развитие всех стадий жизненного цикла, но при этом приводило к изменению наклона линии регрессии к оси абсцисс и нижнего температурного порога развития, что имеет большое значение в сезонной адаптации *C. perspectalis*.

Были рассчитаны коэффициенты парной корреляции Пирсона r , характеризующие тесноту связи между продолжительностью стадий жизненного цикла популяций *C. perspectalis* в парковых насаждениях Крыма и абиотическими факторами среды (Таблица 23)

В результате проведенных расчетов установлено наличие как положительных, так и отрицательных взаимосвязей. Анализ полученных данных показал, что температурный фактор и фотопериод являются определяющими для развития стадии личинки всех поколений самшитовой огневки в Крыму. Стадия куколки более чувствительна к колебаниям влажности воздуха, чем к температуре и фотопериоду. Достоверных линейных связей между продолжительностью

стадий имаго, яйца и температурой воздуха, влажностью воздуха и фотопериодом в условиях Крыма не установлено. Отсутствие достоверной зависимости между скоростью развития стадий жизненного цикла и отдельными абиотическими факторами среды, можно объяснить тем, что в годы исследований в периоды прохождения данных стадий в условиях Крыма, эти факторы находились в зоне, близкой к экологическому оптимуму вида и не лимитировали процесс развития.

Таблица 23 – Коэффициенты парной корреляции Пирсона (r) между продолжительностью стадий жизненного цикла популяций *Cydalima perspectalis* и абиотическими факторами среды в условиях Крыма

Стадии жизненного цикла	Среднесуточная температура воздуха, °С	Среднесуточная относительная влажность воздуха, %	Фотопериод, часы
Яйцо	0,19	-0,02	-0,12
Личинка	-0,57*	-0,07	-0,58*
Куколка	-0,38	0,54*	-0,09
Имаго	-0,44	0,10	0,07

Примечание
1 * – $p < 0,05$

Исходя из выявленной статистической значимости факторов среды в продолжительности развития отдельных стадий жизненного цикла, были определены температурный и фотопериодический пороги развития для стадии личинки, а также относительной влажности воздуха – для куколки. Визуализация данных с помощью диаграмм рассеивания выявила нелинейный характер взаимосвязей между двумя переменными, поэтому для более точной оценки зависимости скорости развития от факторов среды была использована логарифмическая функция, а порог развития определен как $e^{-a/b}$. Попарное сравнение температурных порогов развития гусениц с помощью t-теста не выявило значимых различий между гусеницами в условиях ЮБК и Предгорного Крыма. Температурный порог развития гусениц в условиях ЮБК составил +5,2 °С, а в Предгорном Крыму – +5,1 °С. Однако, термолабильность развития гусениц

(т.е. коэффициент регрессии) на ЮБК была несколько выше, чем в Предгорном Крыму (Рисунок 35).

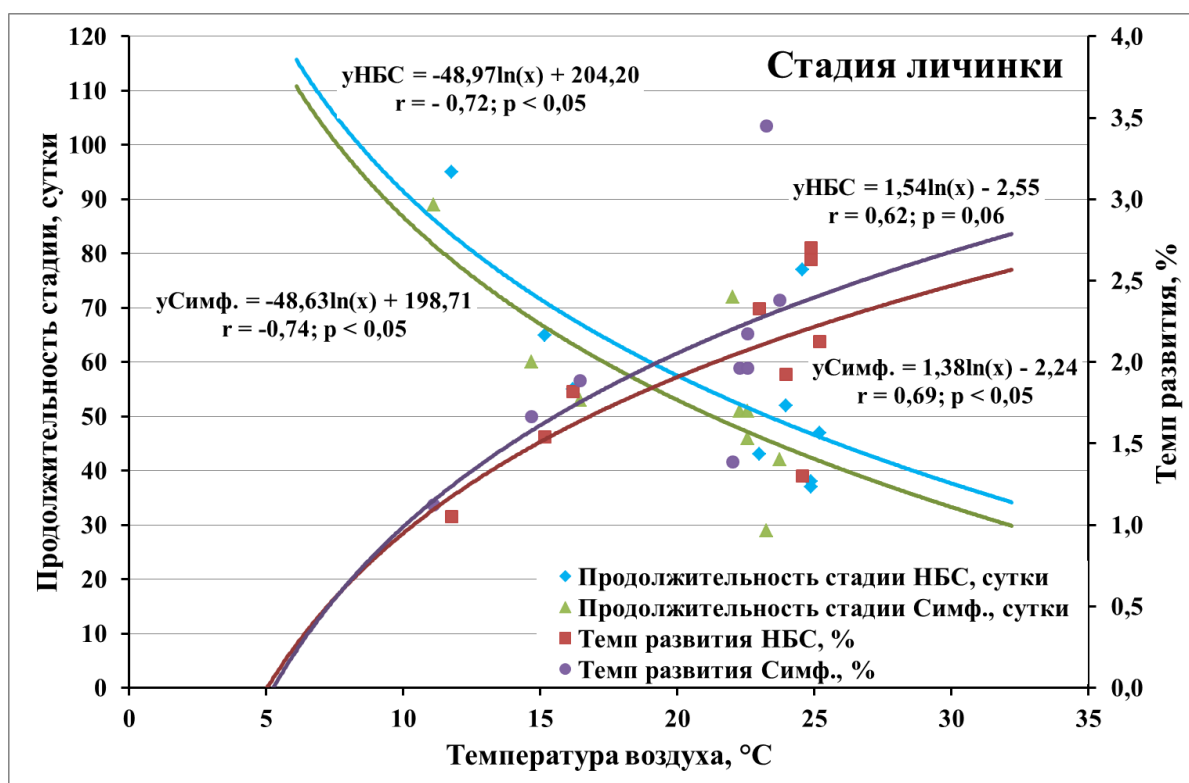


Рисунок 35 – Зависимость продолжительности и темпа развития личинок *Cydalima perspectalis* от температуры воздуха в условиях Крыма

Фотопериодический порог развития гусениц составил 8,8 часов (Рисунок 36). Полученные результаты расчетов ниже показателей, представленных в большинстве работ (Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017; Щуров, Замотайлов, Щурова, 2020; Maruyama, Shinkaji, 1987; Nacambo et al., 2014; Supro, Bras, Robinet, 2020). Тем не менее, имеются сведения о выходе гусениц из коконов в контролируемых условиях при температуре +5 °С и 8 часовом световом дне (Poitou et al., 2020).

Наши расчеты также показали, что существует вероятность приостановки жизненных процессов у *C. perspectalis* на стадии куколки при снижении влажности воздуха до 33,5 % и ниже (Рисунок 37).

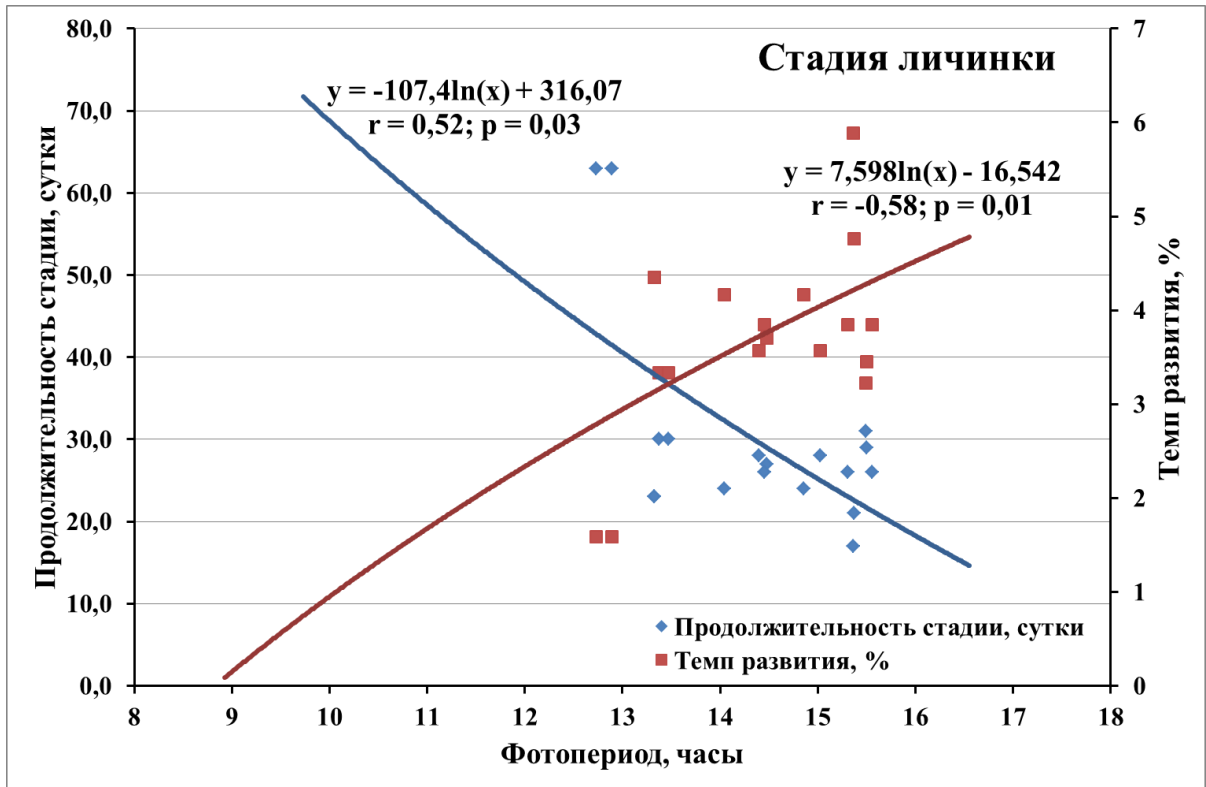


Рисунок 36 – Зависимость продолжительности и темпа развития личинок *Cydalima perspectalis* от фотопериода в условиях Крыма

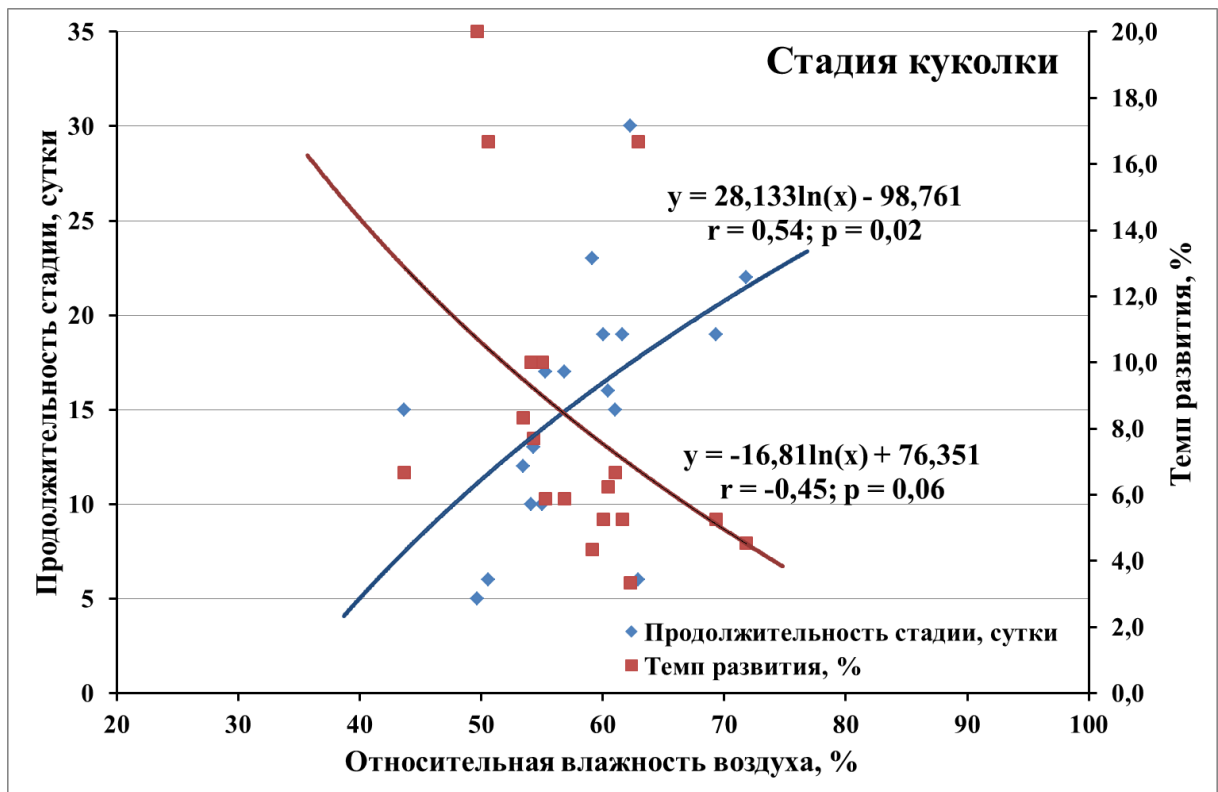


Рисунок 37 – Зависимость продолжительности и темпа развития куколки *Cydalima perspectalis* от относительной влажности воздуха в условиях Крыма

Для сравнительного анализа с целью подбора наиболее подходящих температурных порогов для расчета СЭТ, необходимых для завершения цикла развития *C. perspectalis* в условиях Крыма, были использованы результаты более ранних исследований (Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017; Щуров, Замотайлов, Щурова, 2020; Nacambo et al., 2014), а также традиционно используемые СЭТ выше +10°C. СЭТ выше определенного порога были рассчитаны для полного цикла, для каждой стадии развития *C. perspectalis* и для каждого поколения (Таблица 24, Приложения А–Б).

Таблица 24 – Суммы эффективных температур воздуха (СЭТ), необходимые для развития одного поколения популяции *Cydalima perspectalis* в условиях Крыма, среднее за 2018–2020 гг.

Стадия жизненного цикла	Поколение	*СЭТ > +8 °С		**СЭТ > +9,5 °С		СЭТ > +10°C		***СЭТ > +10,9, +8,4, +11,5 °С	
		НБС	Симф.	НБС	Симф.	НБС	Симф.	НБС	Симф.
Личинка – Имаго	G ₀	265	290	199	223	179	202	196	209
	G ₁	530	602	479	538	462	516	491	534
	G ₂	715	516	652	464	631	447	643	474
Яйцо – Имаго	Среднее	719	639	652	571	630	549	684	605
	G ₁	611	662	551	590	531	566	591	617
	G ₂	827	615	754	553	729	532	777	593
Яйцо – Личинка	Среднее	103	74	93	65	89	62	83	57
	G ₁	79	57	69	50	66	47	60	43
	G ₂	113	100	103	89	99	85	93	79
	G ₀ *	117	64	106	55	103	52	97	48
Личинка – Куколка	Среднее	401	378	364	339	351	326	391	367
	G ₁	398	362	359	322	346	309	387	352
	G ₂	405	393	368	355	356	342	395	383
Куколка – Имаго	Среднее	192	181	170	158	163	151	143	128
	G ₀	134	181	106	150	98	140	75	110
	G ₁	132	240	120	215	116	207	104	183
	G ₂	310	123	284	109	275	105	248	91

Примечание

1 расчет накопления сумм эффективных температур воздуха (СЭТ) выше порога, необходимого для развития одного поколения: * - согласно Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017; ** - Щуров, Замотайлов, Щурова, 2020; *** Nacambo et al., 2014

2 НБС – Никитский ботанический сад, Симф. – Симферополь

3 G₀* – зимующее, G₀ – перезимовавшее поколение

Суммы эффективных температур воздуха выше температурного порога +9,5 °С, установленного для гусениц в северо-западной Швейцарии (Nacambo et

al., 2014), на Северо-Западном Кавказе и в Краснодаре (Щуров, Замотайлов, Щурова, 2020) различались несущественно и составляли на ЮБК 199 °С, а в Предгорном Крыму – 223 °С (Таблица 24). Эти значения были почти в 2,5 раза меньше, чем установленные в Швейцарии (Nasambo et al., 2014) и на 150–174 °С меньше, чем в Краснодаре (Щуров, Замотайлов, Щурова, 2020). Однако, летним поколениям G_1 и G_2 популяции в НБС для завершения цикла от стадии личинки до имаго потребовалось большей СЭТ, соответственно 479 и 653 °С, а популяции в Симферополе – 538 и 464 °С соответственно. Данные показатели более близки к СЭТ, установленных для развития поколений G_0 и G_1 в Швейцарии (Nasambo et al., 2014).

Расчет СЭТ с учётом порога развития +8 °С, установленного для Симферопольской и Геленджикской линий в лабораторных условиях (Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017) показал, что полный цикл развития первого летнего поколения (G_1) самшитовой огневки в парках Крыма завершается при СЭТ около 611–662 °С, а G_2 – на ЮБК (НБС) при 827 °С, в Предгорном Крыму (Симферополь) – при 615 °С (Таблица 24). Полученные результаты, особенно для Симферополя, близки к установленным в лабораторных условиях (СЭТ 560–570 °С) (Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017).

Использование в расчетах различных пороговых температур для развития яиц (+10,9 °С), гусениц (+8,4 °С) и куколок (+11,5 °С) (Nasambo et al., 2014) позволило сопоставить СЭТ, определенные для каждой стадии жизненного цикла между популяциями самшитовой огневки в Европе и в Крыму. СЭТ, позволяющие 50 % особей завершить развитие в Европе составляют для яиц – 48,5 °С, гусениц – 322,6 °С, куколок – 133,3 °С, полного цикла от яйца до имаго – 540 °С (Nasambo et al., 2014). Анализ полученных результатов показал, что для завершения стадии яйцо в условиях сухих субтропиков на ЮБК, требуется СЭТ почти в 1,5–2 раза больше. В условиях Предгорного Крыма, в среднем, СЭТ близки к европейским нормам (Таблица 24). Относительно близкие к установленным в Европе показателям СЭТ получены для завершения стадии личинки незимующих поколений. При сходных средних показателях, выявлено

значительное варьирование СЭТ, требующихся для завершения стадии куколки. В среднем, СЭТ, необходимые для завершения цикла одного незимующего поколения, в условиях ЮБК были стабильно выше, а в условиях Предгорного Крыма – преимущественно близки к европейской популяции.

Анализ данных (Таблица 24, Приложения А–Б) позволил выявить, что СЭТ, позволяющие завершить жизненный цикл *C. perspectalis* от яйца до имаго, а также отдельных его стадий у второго летнего поколения G_2 , отличаются стабильностью, по сравнению с перезимовавшим и первым летним поколением. Для завершения жизненного цикла второго летнего поколения G_2 от стадии яйцо до стадии имаго в НБС требуется в среднем 754°C , в Симферополе – 553°C СЭТ выше $+9,5^{\circ}\text{C}$. Постоянство этого значения на протяжении 3-х лет наблюдений (коэффициент вариации не превышает 5–7 %.) показывает, что в будущем его можно рассматривать как инструмент для прогнозирования периода начала лёта имаго поколения G_2 и, следовательно, сроков обработки только что вылупившихся гусениц зимующего поколения G_0 до нанесения ими сильных повреждений и идукции зимней диапаузы.

Для завершения жизненного цикла в условиях ЮБК характерны более высокие нормы развития, чем в Предгорном Крыму. В среднем, при температурном пороге $+9,5^{\circ}\text{C}$ для завершения полного цикла развития летних поколений в условиях ЮБК необходимо СЭТ 652°C , в Предгорном Крыму – 571°C . При этом, температурные нормы развития гусениц перезимовавшего поколения G_0 в условиях Крыма практически не различаются.

Учитывая сложность расчётов при использовании разных пороговых температур, отдельных для каждой стадии развития *C. perspectalis*, а также уже имеющиеся публикации, для сопоставимости результатов исследований, на наш взгляд, целесообразно в расчетах СЭТ применять температурный порог $+9,5^{\circ}\text{C}$.

5.3 Построение математических моделей для прогнозирования сроков весеннего развития *Cydalima perspectalis* на юге России

Воздействие абиотических и биотических факторов среды может изменять характер протекания процессов развития эктотермных организмов в зависимости от температуры, модифицируя температурные нормы развития: температурный порог, степень термолабильности развития и сумму градусо-дней.

Для прогнозирования сроков начала активности гусениц перезимовавшего поколения (G_0) по результатам оптимизации было отобрано шесть температурно-временных моделей накопления тепловых единиц: GDD и GDDdoy, формула (4), BC и BCdoy, формула (5), SIGFOTOdoy, формула (7) и UNIdoy, формула (8) (Таблица 25).

Таблица 25 – Параметры прогнозных моделей начала активности перезимовавших гусениц *Cydalima perspectalis*

Параметры	Фенологическая модель					
	GDD	GDDdoy	BC	BCdoy	SIGFOTOdoy	UNIdoy
tI , дата	01.янв	29.янв	01.янв	21.янв	29.янв	28.янв
T_b , °C	7,3	4,4	7,3	6,8	9,7	7,8
F^* , °C	71,8	133,9	117,6	123,7	13,7	18,0
C			6,0560	5,5402	2,1738	
a					-0,7091	
$b1$						-1,7779
$b2$						-17,9096
n	12	12	12	12	12	12
R^2	0,85	0,91	0,93	0,94	0,92	0,91
RMSE, сутки	9,7	4,6	4,3	3,8	4,3	4,3
AIC_c	55,85	39,63	37,84	37,59	44,74	45,23
θ , сутки	-2,0	-0,4	-0,3	-0,3	-0,6	0,0

Примечания (здесь и в остальных таблицах)

1 tI – дата начала накопления тепловых единиц

2 T_b – базовая температура для накопления сумм тепловых единиц

3 F^* – необходимая сумма тепловых единиц для наступления стадии развития

4 C – показатель значимости фотопериода

5 a , $b1$, $b2$ – константы

6 n – число наблюдений

7 R^2 – коэффициент детерминации

8 RMSE – корень из среднеквадратичной ошибки

9 AIC_c – критерий Акаике

10 θ – смещение

Сравнение рассчитанных по моделям и наблюдаемых дат возобновления двигательной активности и питания гусениц после перезимовки (Приложение В) позволяет заключить, что все модели удовлетворительно описывают процесс зимне-весеннего развития диапаузирующих особей, объясняя от 85 до 94 % дисперсии переменной. Следует отметить, что среди анализируемых моделей наихудшие результаты прогнозирования по всем критериям оценки были получены при использовании классической линейной модели сумм градусо-дней с фиксированным начальным днем (GDD модель). Существенно улучшило результаты добавление переменной фотопериода (BC модель), что указывает на значимость данного показателя для развития гусениц в период диапаузы (Таблица 25).

Оценка качества моделей, проведенная на основе четырех базовых критериев (R^2 , RMSE, AIC_c и θ) показала, что более высокая точность аппроксимации получена при использовании моделей BC, BCdoy, SIGFOTOdoy и UNIdoy. По сравнению с моделями GDD и GDDdoy, величины RMSE прогноза при расчетах по этим моделям ниже и составляют 3,8–4,3 суток, величина систематического смещения находится в пределах от 0,0 (модель UNIdoy) до 0,6 (модель SIGFOTOdoy) суток, а значение коэффициента детерминации варьирует в пределах 0,91–0,94. По критерию Акаике лучшую эффективность показали модели BC и BCdoy, для которых его значения наименьшие (Таблица 25). Учитывая небольшой ряд наблюдений, для прогнозирования сроков выхода из диапаузы гусениц *C. perspectalis* в южных регионах России лучшей моделью является модель BCdoy, показавшая большую точность прогноза, величину подгонки и меньшую величину смещения (Рисунок 38).

Для прогнозирования начала лёта имаго (G_0) перезимовавшего поколения *C. perspectalis* по итогам проведенной оптимизации были выбраны четыре модели: GDD, формула (4), BCdoy, формула (5), SIGdoy, формула (6) и SIGFOTOdoy, формула (7) (Таблица 26).

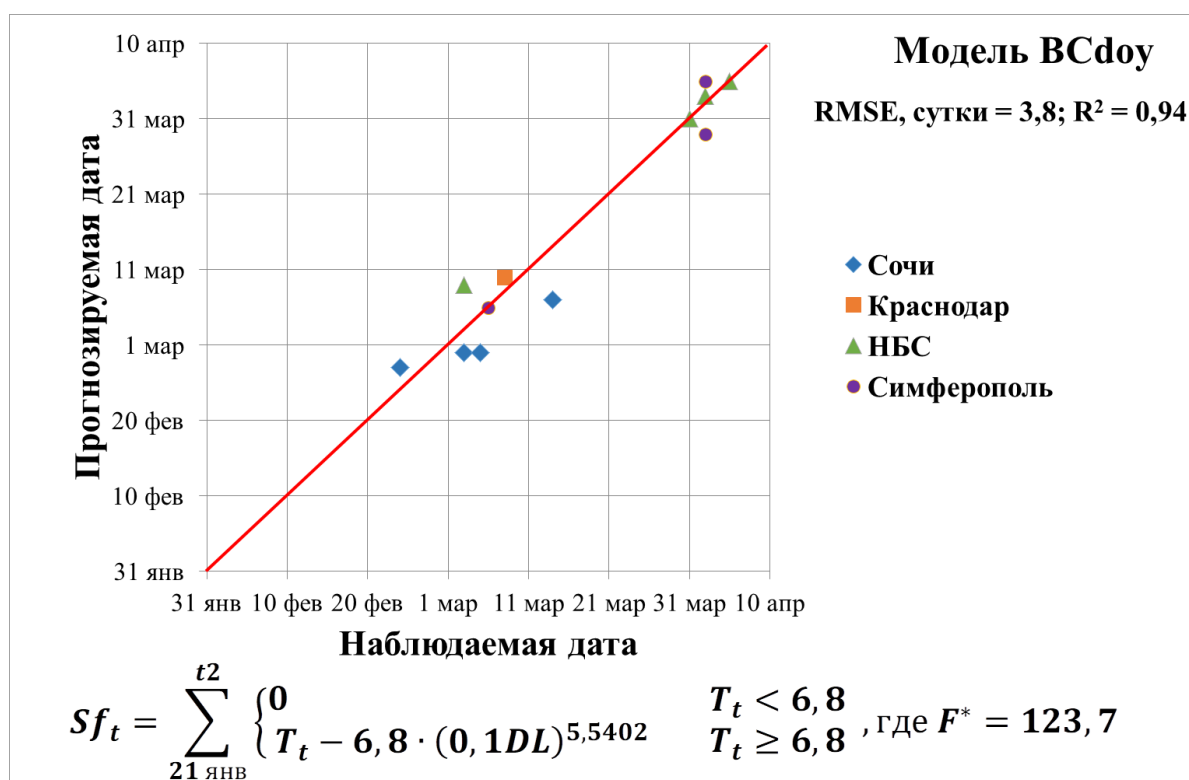


Рисунок 38 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели BCdoy даты возобновления активности гусениц *Cydalima perspectalis* после перезимовки в южных регионах России

Таблица 26 – Параметры прогнозных моделей начала лета имаго перезимовавшего поколения *Cydalima perspectalis*

Параметры	Фенологическая модель			
	GDD	BCdoy	SIGdoy	SIGFOTOdoy
tI , дата	01.январь	12.январь	08.январь	14.январь
T_b , °C	3,4	4,2	6,4	14,9
F^* , °C	701,0	241,0	595,5	16,7
C		-2,4384		-0,2299
a			-2,8380	-2,8858
n	11	11	11	11
R^2	0,69	0,82	0,71	0,79
RMSE, сутки	12,7	9,0	11,3	9,4
AIC_c	59,27	54,92	60,06	55,99
θ , сутки	1,3	0,0	-0,4	1,3

Сравнение рассчитанных по моделям и наблюдаемых дат начала лета имаго перезимовавшего поколения (Приложение Г) показало значительный разброс данных при использовании модели градусо-дней. Точность прогноза по этой

модели была самой низкой и достигала 12,7 суток. Величины RMSE при расчетах по BCdoy, SIGdoy и SIGFOTOdoy моделям составляли от 9,0 до 11,3 суток, а коэффициент детерминации находился в пределах 0,71–0,82. Повышение точности аппроксимации при добавлении фотопериода свидетельствует о фотопериодической чувствительности данной стадии развития *C. perspectalis* (Таблица 26).

По совокупным результатам оценки качества установлено, что для прогноза начала лёта имаго перезимовавшего поколения лучшей по всем показателям является модель BCdoy, объясняющая до 82 % переменной. Расчеты с применением этой модели показали наиболее точное (RMSE=9 суток) и эффективное (AICс=54,92) прогнозирование, а также наименьшую величину смещения между наблюдаемыми и прогнозируемыми значениями (Рисунок 39).

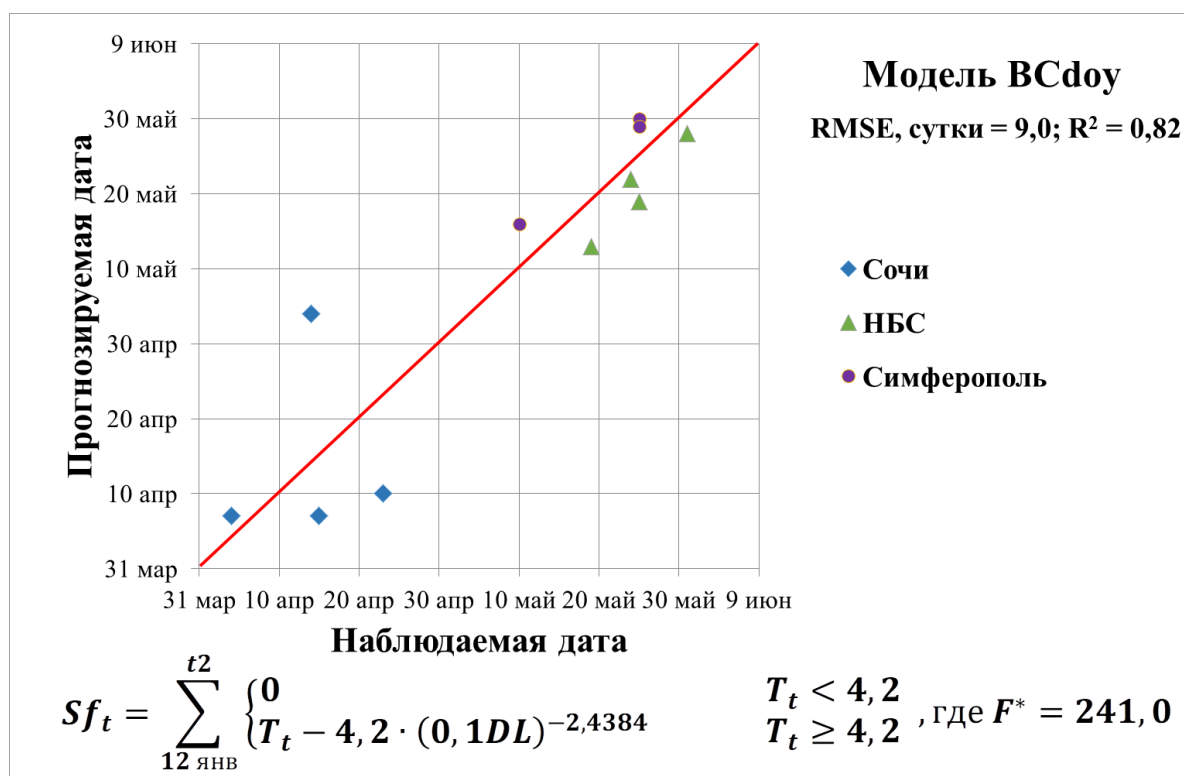


Рисунок 39 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели BCdoy даты начала лета имаго перезимовавшего поколения *Cydalima perspectalis* в южных регионах России

При прогнозировании сроков появления гусениц (G_1) первого летнего поколения результаты моделирования оказались значительно ниже, чем для возобновления активности гусениц перезимовавшего поколения. По итогам

проведенной оптимизации были отобраны четыре модели: GDDdoy, формула (4), BCdoy, формула (5) и две модели SIGFOTOdoy, формула (7), из которых одна (SIGFOTOdoy_1) – с началом накопления единиц тепла от параметризованного дня, а другая (SIGFOTOdoy_2) – от даты начала лёта имаго перезимовавшего поколения (Таблица 27).

Таблица 27 – Параметры прогнозных моделей сроков появления гусениц *Cydalima perspectalis* первого поколения

Параметры	Фенологическая модель			
	GDDdoy	BCdoy	SIGFOTOdoy_1	SIGFOTOdoy_2
tI , дата	31.январь	24.февраль	07.март	Имаго
T_b , °C	0,9	5,0	6,4	18,1
F^* , °C	1154,2	402,0	35,1	30,3
C		-1,6434	-2,5277	2,9994
a			-2,8345	-0,1514
n	11	11	11	11
R^2	0,39	0,40	0,48	0,56
RMSE, сутки	11,1	10,9	10,2	9,4
AIC_c	56,31	59,28	63,02	55,92
θ , сутки	0,7	0,9	-0,8	-0,4

Сравнение рассчитанных и измеренных распределений дат наступления фенофазы (Приложение Д) показало, что модели GDDdoy и BCdoy, учитывающие линейную связь между скоростью развития и температурой, целесообразно применять только для территории Крыма. Очевидно, это можно объяснить высокой фенотипической пластичностью *C. perspectalis*, а также сложностью наблюдений в полевых условиях. Более высокие коэффициенты корреляции и точность оценки были получены при аппроксимации нелинейной функцией (модели SIGFOTOdoy), описывающей сигмоидальную зависимость динамики процессов развития от температуры.

По результатам оценки качества моделей на основе четырех базовых критериев для прогнозирования появления гусениц *C. perspectalis* первого поколения предложены модели SIGFOTOdoy (Рисунок 40).

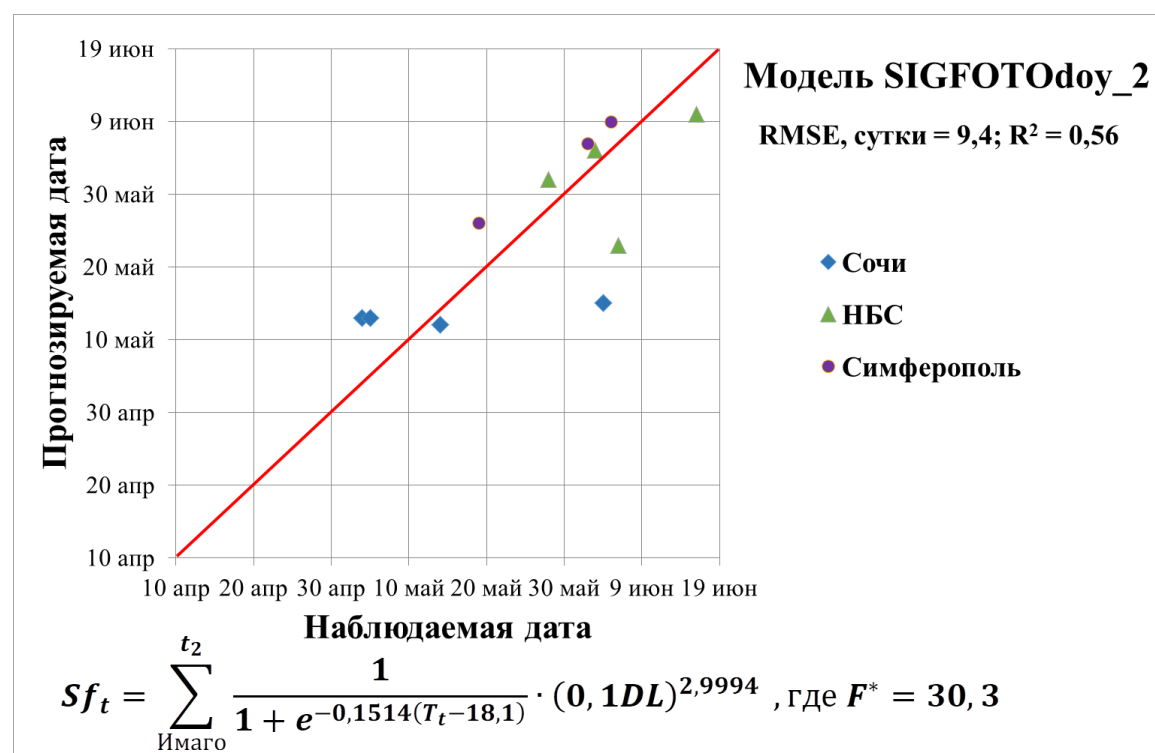
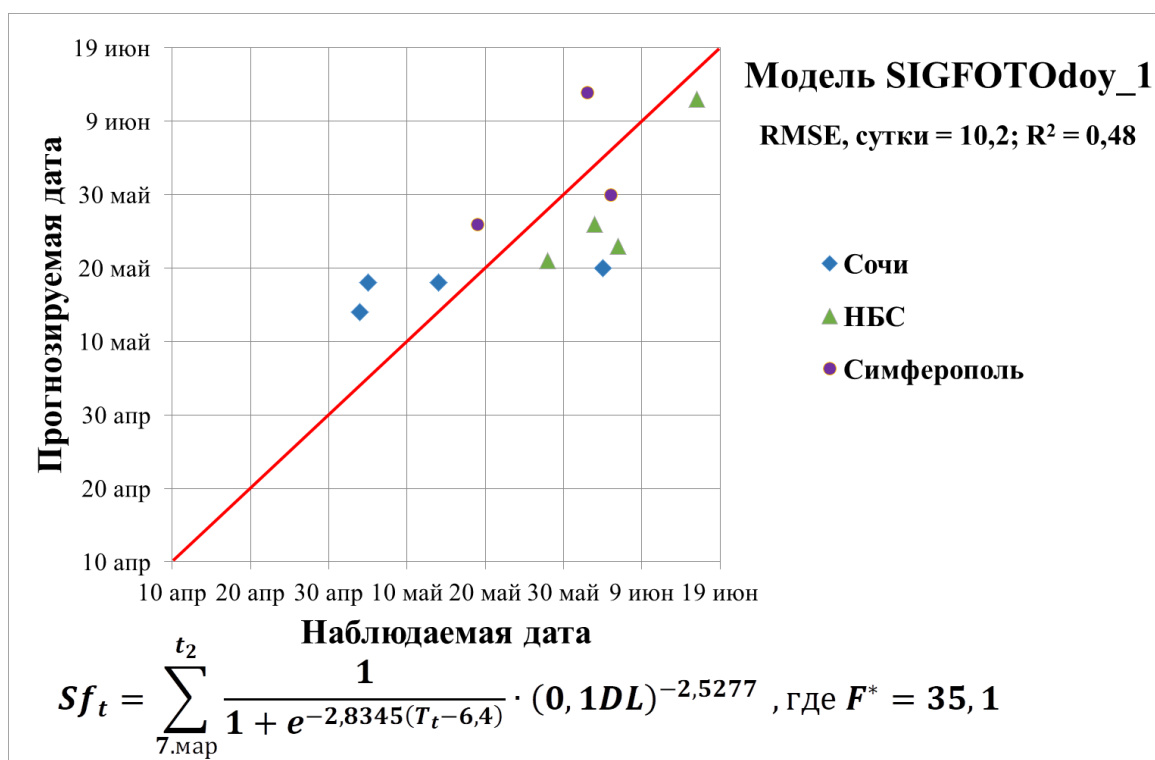


Рисунок 40 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели от параметризованного дня (SIGFOTOday_1) и начала лёта имаго (SIGFOTOday_2) даты появления гусениц первого поколения *Cydalima perspectalis* в южных регионах России

Точность прогноза при расчетах по этим моделям составляет 9,4–10,2 суток, а значение коэффициента детерминации находится в пределах 0,48–0,56.

Наилучшей на основании критерия Акаике признана модель SIGFOTO_{do} с расчетами от начала лёта имаго G_0 (Таблица 27).

Таким образом, на основе многолетних данных фенологических наблюдений стадий развития *C. perspectalis* в условиях Крыма и Краснодарского края, а также данных по температуре и фотопериоду, для южных регионов России разработаны прогнозные модели возобновления активности гусениц *C. perspectalis* после зимней диапаузы, лёта имаго перезимовавшего поколения и появления первого поколения гусениц. Полученные модели удовлетворительно описывают процесс развития этого насекомого на каждой стадии, объясняя от 48 до 94% дисперсии переменной. Точность прогноза выхода гусениц из зимней диапаузы составляет 3–4 суток, лёта имаго и первого поколения гусениц – 9–10 суток. Заблаговременность прогнозов составляет 1 месяц. В дальнейшем возможна автоматизация метода прогноза и усовершенствование моделей сроков лёта имаго G_0 и появления гусениц G_1 .

Данные модели являются полезным инструментом для улучшения борьбы с этим поливольтинным видом, способствуют внедрению эффективных стратегий контроля численности и снижения вредоносности популяций фитофага, а также прогнозирования развития его поколений в условиях изменения климата.

5.4 Биотические факторы

5.4.1 Пищевая специализация *Cydalima perspectalis*

Для установления вероятности питания гусениц самшитовой огнёвки вечнозелёными кустарниками в инсектарии размещали следующие растения: мушмула японская (*Eriobotrya japonica*), бересклет японский (*Euonymus japonicus*), лавровишня (*Prúnus laurocérusus*), иглица (*Rúscus aculeatus*), мурая (*Murraya* sp) и раскладывали определенных по полу куколок вредителя. После вылета имаго и спаривания, самки откладывали яйца главным образом на стенки инсектария. Растения не были повреждены отродившимися гусеницами.

В последующем этот опыт был повторён с подселением в инсектарий к перечисленным вечнозелёным растениям гусениц старших возрастов *C. perspectalis*. Гусеницы старших возрастов не питались указанными растениями.

Опыт по определению прожорливости самшитовой огнёвки на растениях р. *Buxus* проводился в лабораторных условиях на трёх видах и одной садовой форме самшита: *Buxus balearica*, *B. sempervirens*, *B. sempervirens* 'Elegans', *B. microphylla*.

Максимальное снижение массы самшита при питании гусениц *C. perspectalis* как младших, так и средних возрастов, наблюдалось на *B. balearica* (Таблица 28). На этом виде самшита также отмечена минимальная смертность гусениц. Зафиксирована высокая гибель гусениц младших возрастов на *B. sempervirens*, которая в конце пятидневного эксперимента составила 75 %, а на *B. microphylla* – 45 %. При многократных опытах по разведению самшитовой огнёвки в лабораторных условиях на *B. sempervirens* всегда отмечался высокий процент смертности гусениц первого возраста.

Таблица 28 – Повреждаемость самшита гусеницами *Cydalima perspectalis*

Виды и садовые формы самшита	Гусеницы L ₁ -L ₂		Гусеницы L ₂ -L ₄		Гусеницы L ₁ -L ₄
	снижение массы самшита, мг	гибель гусениц, %	снижение массы самшита, мг	гибель гусениц, % от выживших	суммарное снижение массы самшита, мг
<i>Buxus microphylla</i>	662,5	45,0	636,25	23,75	1298,75
<i>Buxus sempervirens</i> 'Elegans'	645,0	25,0	465,0	25,48	1110,0
<i>Buxus balearica</i>	1850,0	17,5	1475,0	10,63	3325,0
<i>Buxus sempervirens</i>	1182,5	75,0	665,0	12,5	1847,5
НСП ₀₅	581,4		625,7		935,6

После замены корма гусеницы находились на разных возрастах L_2 – L_4 вследствие несинхронного развития гусениц, отродившихся одновременно из одной яйцекладки.

Несмотря на высокую смертность гусениц первого возраста на *B. sempervirens*, этот вид самшита также активно повреждался выжившими гусеницами самшитовой огнёвки. Следует отметить, что в лабораторных условиях, невзирая на разницу в показателях смертности гусениц самшитовой огнёвки, вредитель наносил сходные повреждения растениям *B. sempervirens*, *B. microphylla* и *B. sempervirens* 'Elegans'.

Таким образом, в условиях Крыма *C. perspectalis* является олигофагом – питается только растениями рода *Buxus*, что согласуется и с данными исследования сочинской популяции вредителя (Карпун, Журавлева, Игнатова, 2016; Карпун, 2018). Наиболее благоприятным для выживаемости и питания *C. perspectalis* является *B. balearica*, что находит подтверждение при проведении обследований парковых насаждений. В парках ЮБК вредоносность *C. perspectalis* на *B. balearica* была выше, чем на *B. sempervirens* (Глава 3).

5.4.2 Естественные враги

Фитофаги, проникшие на новые территории, долгое время не встречают на своем пути естественных врагов. Формирование комплекса местных энтомофагов, способных адаптироваться к экзотическим видам, в том числе и *C. perspectalis* – очень медленный процесс (Liu, Stiling, 2006). Вполне вероятно, что количество антагонистов, способных регулировать самшитовую огнёвку в зонах интродукции, со временем увеличится.

С 2018 по 2020 г. при исследовании погибших гусениц и куколок самшитовой огневки в различных агроклиматических районах Крыма паразитоидов выявить не удалось. Аборигенные виды паразитоидов, очевидно, еще не успели приспособиться к самшитовой огнёвке.

В 2019 г., в период массовой вспышки *C. perspectalis*, на нижних ярусах самшита гусеницами огнёвки питались *Scolopendra* sp. и хищные Tettigoniidae. В последующем в лаборатории эти хищники питались также имаго *C. perspectalis*.

По нашим многочисленным наблюдениям пауки не питались гусеницам самшитовой огнёвки, однако был обнаружен вид *Xysticus kochi* Thorell, 1872 (Araneae Thomisidae), который активно уничтожал гусениц *C. perspectalis* (Рисунок 41) в условиях Южного берега Крыма.

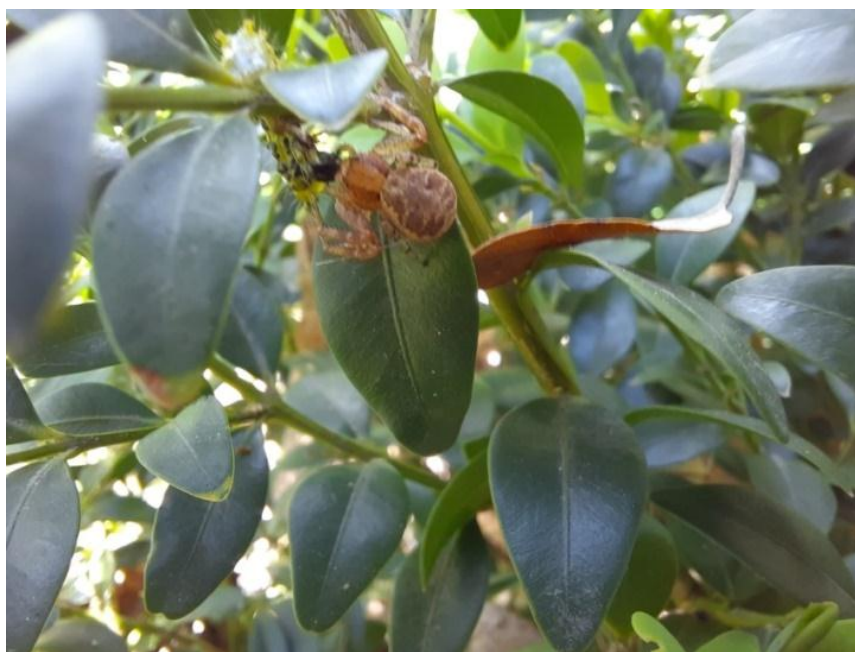


Рисунок 41 – *Xysticus kochi* Thorell, 1872, питающийся гусеницами *Cydalima perspectalis*. НБС, 2021 г. Оригинальное фото.

В 2020 г. на яйцекладках *C. perspectalis*, был выявлен клещ, принадлежащий к семейству Acaridae, роду Тирофагусы (*Tirophagus*) – удлиненные гниlostные клещи (Рисунок 42 А). Клещи, относящиеся к роду *Tirophagus*, обитают в почве и на её поверхности, питаются мицелием грибов и водорослями. При высокой влажности и температуре, они покидают почву и переходят питаться на листья растений. Клещ не только питаются мицелием гриба и пораженными тканями растений, но и активно переносят на себе споры и частички мицелия. По этой причине одновременно с присутствием клещей наблюдалось массовое покрытие яйцекладок *C. perspectalis* налётом мицелия гриба (вид не идентифицирован) (Рисунок 42 Б).

Весной (апрель) 2020 г. на ЮБК отмечалась гибель гусениц, причиной которой была грибная инфекция, так как на поверхности погибших особей наблюдалось развитие белого или серого налёта (возбудитель не идентифицирован).

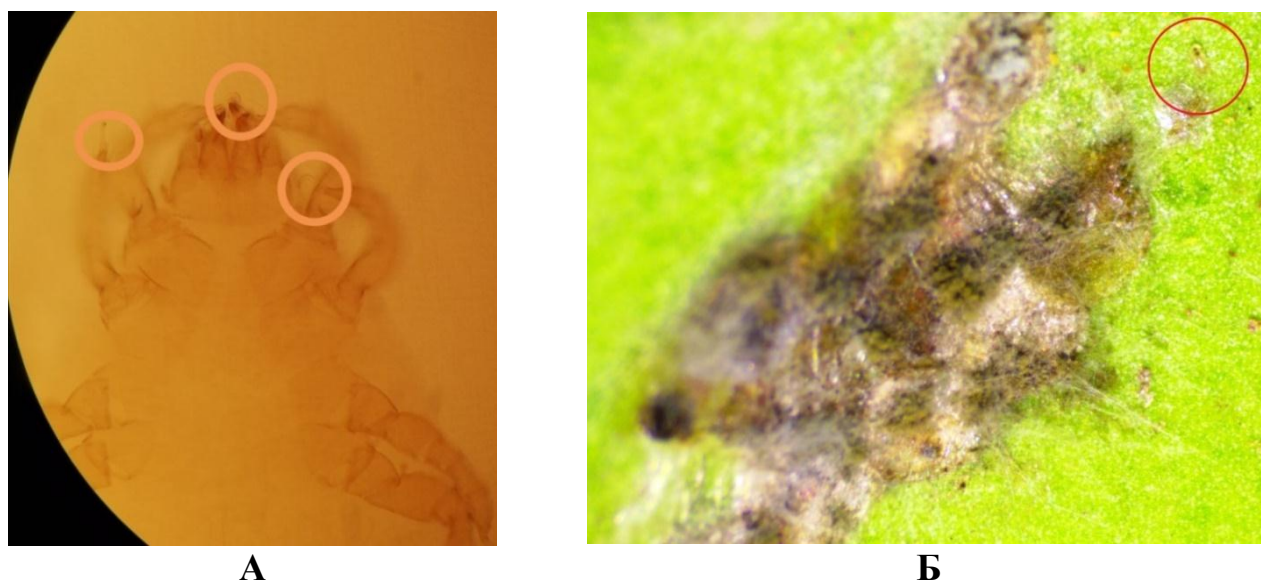


Рисунок 42 – А – Клещ р. *Tirophagus* на яйцекладках *Cydalima perspectalis*, 2020 г. (фото Рыбарёвой Т.С.); Б – яйцекладки *C. perspectalis*, пораженные мицелием гриба, сопутствующего клещу р. *Tirophagus*. НБС, 2020г. Оригинальное фото.

Таким образом, определено, что местные виды паразитоидов не повреждают *C. perspectalis*, а хищники не многочисленны и не способны сдерживать численность самшитовой огневки на территории Крыма.

5.5 Антропоические факторы

5.5.1 Химический метод регулирования численности

Испытание эффективности инсектицидов против самшитовой огнёвки проводилось в 2017–2019 гг. на территории ФГБУН «НБС–ННЦ» на самшите вечнозеленом *B. sempervirens*. Обработки проводились в квазиприродных

условиях против гусениц разных возрастов. По результатам трехлетних исследований установлена высокая биологическая эффективность фосфорорганического инсектицида Сумитион, КЭ (20 мл/10 л воды) против гусениц самшитовой огнёвки. При его применении гибель гусениц на третьи сутки составила 93,2 %, на пятые – 96,8%. Остальные инсектициды оказались недостаточно эффективны. При обработке Децис Эксперт, КЭ (2 г/10 л воды) гибель гусениц на третьи сутки составила – 73,7 %, а на пятые – 80,9 %., Конфидор Экстра, ВДГ (2 г/10 л воды), 66,5 % и 73,9 %, Димилин, СП (10 г/10 л воды) – 62,4 и 74,4 соответственно (Рисунок 43). Результаты эффективности на 7 сутки не учитывались, т. к. гусеницы старших возрастов, на 7 сутки они ушли на окукливание.

Гормональные инсектициды Адмирал, КЭ и овицид и ларвицид Люфокс, КЭ примененные против яиц самшитовой огнёвки в лабораторных опытах в 0,1 % концентрации не вызвали гибель эмбрионов в яйцах огнёвки. Процент отрождения гусениц после обработки был выше, чем в контроле.

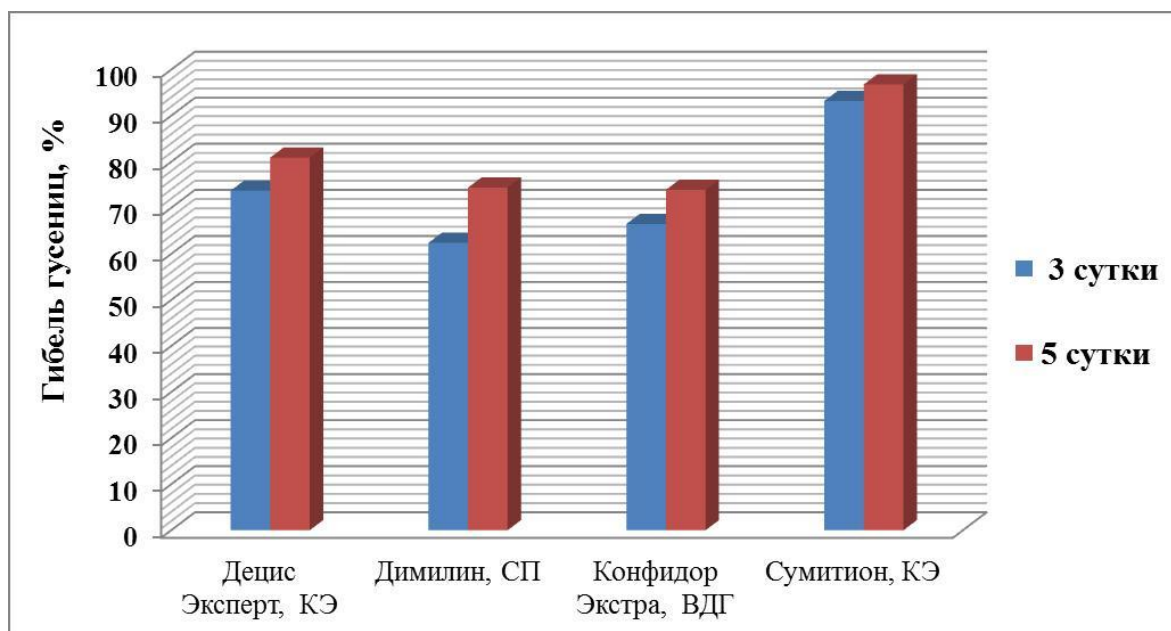


Рисунок 43 – Гибель гусениц, находящихся на разных возрастах в квазиприродных условиях после обработки инсектицидами, НБС, 2017–2019 гг.

5.5.2 Биологический метод регулирования численности (биопрепараты, энтомофаги)

Впервые в НБС испытание эффективности биоинсектицидов в квазиприродных условиях против самшитовой огнёвки было проведено в 2017 г. на изгородях самшита *B. sempervirens*. Применяли Фитоверм, КЭ (Аверсектин С 10 г/л) – созданный на основе метаболитов, продуцируемых грамположительной, нитчатой почвенной бактерией *Streptomyces avermectilis* и бактериальный инсектицид Лепидоцид, СК (БА-2000 ЕА/мг, титр не менее 10 млрд спор/г) д.в. – спорово-кристаллический комплекс бактерии *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* в 1% концентрациях, эталоном являлся Сумитион, 50 % к.э. Была взята высокая концентрация Лепидоцида, так как присутствовали гусеницы разных возрастов. Гибель от Лепидоцида составила на третьи сутки после обработок 69,3 %, а на пятые и седьмые – 91,4 % и 89,4 % соответственно. Снижение эффективности на седьмой день обусловлено прекращением периода защитного действия инсектицида и отрождением гусениц I возраста. При применении Фитоверма гибель гусениц разных возрастов на третьи, пятые и седьмые сутки после обработок составила 83,9; 86,1; 98,9 %, соответственно. Смертность от Сумитиона на третьи, пятые сутки – 95,1 и 98,3 %, соответственно (Балыкина, Шармагий, 2018). Параллельно устанавливалась эффективность биоинсектицидов для гусениц младших возрастов в лабораторных условиях (Трикоз и др., 2018).

В 2018 г. повторно были проведены обработки этими же инсектицидами с аналогичными нормами применения на растениях самшита заселенных гусеницами разных возрастов. При этом гибель гусениц уже на третьи сутки составила для Лепидоцида – 91 %, Фитоверма – 95 % и Сумитиона – 100 %.

Фенология вида такова, что в природе присутствуют одновременно все возраста гусениц, поэтому опыт 2019–2020 гг. сводился к подбору оптимальных норм применения биоинсектицидов против разных возрастов гусениц. (Плугатарь, Шармагий, Шишкин, 2020).

Обработки проводились в природных условиях в течении двух лет в питомнике на кустах самшита. Испытывали биологические препараты в трёх нормах применения против гусениц разных возрастов: Лепидоцид, СК (БА-2000 ЕА/мг, титр не менее 10млрд спор/г) (3; 5; 10 мл/л воды), Битоксибациллин, П (БА-1500 ЕА/мг, титр не менее 20млрд спор/г) (4; 6; 8 г/л воды), Фитоверм, КЭ (Аверсектин С 10 г/л) (0,4; 1,0; 1,5 мл /л воды). Каждый вариант опыта имел по четыре повторности и контроль.

Гусеницы всех возрастов по истечении 24 часов после обработки биоинсектицидами были малоподвижны и не питались.

В таблицах 29 – 31 показана биологическая эффективность применения биоинсектицидов против гусениц разных возрастов самшитовой огнёвки.

Первые и третьи сутки после обработок гусениц младших возрастов не наблюдается существенных отличий в показателях биологической эффективности инсектицидов (Таблица 29). На пятые сутки БТБ (6–8 г / л воды) и Фитоверм (0,4–1,5 мл / л воды) продемонстрировали максимальную биологическую эффективность от 98,8 до 100 % (Таблица 29). Более высокие показатели эффективности БТБ по сравнению с Лепидоцидом (5 мл / л) обусловлены воздействием экзотоксина. Биологическая эффективность на седьмые сутки для всех биоинсектицидов составила 100 %.

Против гусениц средних возрастов в первые сутки после обработки наиболее эффективными оказались максимальные нормы применения Лепидоцида и БТБ в сравнении с минимальной нормой применения этих же препаратов. На третьи и пятые сутки отмечалась высокая эффективность всех препаратов с различными нормами, существенных различий по вариантам не наблюдалось, а на седьмые сутки для всех биоинсектицидов эффективность составила 100 % (Таблица 30).

Таблица 29 – Биологическая эффективность биоинсектицидов против гусениц младших возрастов (L_1 – L_2) *Cydalima perspectalis* в квазиприродных условиях, НБС, 2019 – 2020 гг.

Препарат, норма применения	Гибель гусениц, %, по суткам учетов				Биологическая эффективность, %, по суткам учетов			
	1	3	5	7	1	3	5	7
Лепидоцид 3 мл/л воды	79,0	90,0	96,0	100	78,5	89,4	95,3	100
Лепидоцид 5 мл/л воды	84,0	89,0	92,5	100	83,6	88,3	91,2	100
Лепидоцид 10 мл/л воды	87,5	96,0	96,0	100	87,18	95,7	95,3	100
БТБ 4 г/л воды	76,0	90,0	97,5	100	75,4	89,4	97,1	100
БТБ 6 г/л воды	90,0	99,0	100	-	89,7	98,9	100	-
БТБ 8 г/л воды	81,0	99,0	99,0	100	80,5	98,9	98,8	100
Фитоверм 0,4 мл/л воды	75,0	89,0	99,0	100	74,4	88,3	98,8	100
Фитоверм 1мл/л воды	81,0	92,5	99,0	100	80,5	92,0	98,8	100
Фитоверм 1,5 мл/л воды	90,0	96,0	99,0	100	89,7	95,7	98,8	100
Контроль	2,5	6,0	15,0	20,0				
НСР ₀₅					17,9	13,0	8,4	

Таблица 30 – Биологическая эффективность биоинсектицидов против гусениц средних возрастов (L_3 – L_4) самшитовой огнёвки в квазиприродных условиях, НБС, 2019–2020 гг.

Препарат, норма применения	Гибель гусениц, %, по суткам учетов				Биологическая эффективность, %, по суткам учетов			
	1	3	5	7	1	3	5	7
Лепидоцид 3 мл/л воды	81,0	95,0	99,0	100	80,2	94,4	98,9	100
Лепидоцид 5 мл/л воды	82,0	96,0	99	100	81,3	95,8	98,9	100
Лепидоцид 10 мл/л воды	96,0	99,0	100	-	95,8	98,9	100	-
БТБ 4 г/л воды	81,0	99,0	99,0	100	80,2	98,9	98,9	100
БТБ 6 г/л воды	91,0	95,0	99,0	100	90,6	94,4	98,9	100
БТБ 8 г/л воды	94,0	99,0	100	-	93,8	98,9	100	-
Фитоверм 0,4 мл/л воды	86,0	94,00	96,0	100	85,4	93,7	95,6	100
Фитоверм 1 мл/л воды	90,0	94,0	95,0	100	89,6	93,7	94,4	100
Фитоверм 1,5 мл/л воды	85,0	91,0	97,0	100	84,4	90,5	96,7	100
Контроль	4,0	5,0	10,0	12,0				
НСР ₀₅					13,5	9,1	7,6	

При обработке гусениц старших возрастов на третьи сутки высокая биологическая эффективность отмечена для всех вариантов БТБ и Лепидоцида (97,3 – 100 %), что обусловлено, вероятно, пищевой активностью гусениц старших возрастов (Рисунок 44). Биологическая эффективность Фитоверма была ниже (Таблица 31).

Таблица 31 – Биологическая эффективность биоинсектицидов в квазиприродных условиях против гусениц старших возрастов (L₅–L₆) самшитовой огнёвки. НБС, 2019–2020 гг.

Препарат, норма применения	Гибель гусениц, %, по суткам учетов				Биологическая эффективность, %, по суткам учетов			
	1	3	5	7	1	3	5	7
Лепидоцид 3 мл/л воды	12,0	97,5	100	-	12,0	97,3	100	-
Лепидоцид 5 мл/л воды	16,0	99,0	100	-	16,0	98,9	100	-
Лепидоцид 10 мл/л воды	14,0	100	100	-	14,0	100	100	-
БТБ 4 г/л воды	9,5	97,5	100	-	9,5	97,3	100	-
БТБ 6 г/л воды	15,0	99,0	100	-	15,0	98,9	100	-
БТБ 8 г/л воды	20,0	100	100	-	20,0	100	100	-
Фитоверм 0,4 мл/л воды	4,0	96,0	97,5	99,0	4,0	95,7	97,3	98,9
Фитоверм 1 мл/л воды	12,5	97,5	97,5	97,5	12,5	97,3	97,3	97,3
Фитоверм 1,5 мл/л воды	17,5	91,0	92,5	94,0	17,5	90,4	91,9	93,5
Контроль	0	6,0	7,5	7,5				
НСР ₀₅					14,4	6,5	5,0	4,6

Таким образом, для всех указанных норм применения препаратов Лепидоцид, СК и Битоксибациллин, П, дозы токсинов оказались достаточными, чтобы обеспечить высокую биологическую эффективность против гусениц самшитовой огнёвки уже на третьи – пятые сутки, в том числе и для гусениц старших возрастов. В связи с этим, нет необходимости повышать нормы

применения биоинсектицидов при доминировании гусениц старших возрастов. Фитоверм является высокоэффективным препаратом против гусениц младших и средних возрастов самшитовой огневки, но против гусениц старших возрастов уступает бактериальным инсектицидам.



А

Б

Рисунок 44 – Гибель гусениц старших возрастов самшитовой огнёвки на третьи сутки после обработки Битоксибациллином, П (А) и Лепидоцидом, СК (Б)., НБС, 2019–2020 гг. Ориг.

Проведенное исследование не предполагает снижения эффективности на пятые – седьмые сутки в связи с прекращением периода защитного действия препарата, как это наблюдалось при обработке биоинсектицидами в 2017–2018 гг., так как в данном эксперименте отсутствовал фактор появления новых гусениц. Семикратное опрыскивание посадок самшита Лепидоцидом в 0,3–1 % концентрациях на ЮБК в 2018–2020 гг. обеспечивало надежную защиту от разновозрастных гусениц самшитовой огнёвки.

Эффективность энтомофагов (паразитоидов, хищников) против самшитовой огнёвки

Испытание паразитоида гусениц *Habrobracon hebetor* Say и паразитоида яиц чешуекрылых *Trihogramma* sp. проводилось в лабораторных условиях в НБС в 2019 г.

При выпуске против гусениц старших возрастов самшитовой огнёвки эктопаразита *H. hebetor* парализация гусениц наблюдалось на второй день после внедрения энтомофага, учет погибших гусениц проводился на пятый день (Таблица 32, рисунок 45).

При соотношении паразит : хозяин 1 : 1 в лабораторных условиях наблюдалась 100 % гибель гусениц самшитовой огнёвки. Гусеницы были парализованы, дальнейшее паразитирование *H. hebetor* на *C. perspectalis* не проходило, о чем свидетельствует отсутствие вылета имаго. Таким образом, потомство паразита, которое могло бы продолжать сдерживать вредителя не сформировалось.

Таблица 32 – Смертность гусениц самшитовой огнёвки при использовании энтомофага *Habrobracon hebetor* в лабораторных условиях, НБС, 2019 г.

Вариант (паразит / хозяин)	Количество гусениц, шт.		Гибель, %
	живых	погибших	
10 / 50	28	22	44
25 / 50	9	41	82
30 / 50	15	35	70
50 / 50	-	50	100
60 / 50	-	50	100
90 / 50	-	50	100

Одной из возможных причин, на которые указывают F.L.G. Leuthardt и В. Baug (2013), является наличие алкалоидов в теле гусеницы, которые могут оказывать негативное влияние на развитие паразита.



А



Б

Рисунок 45 – А – Гусеница самшитовой огнёвки, парализованная *Habrobracon hebetor*; Б – гусеницы, погибшие на пятые сутки после подселения *H. hebetor*. Крым, НБС, 2019 г. Оригинальное фото.

Согласно рекомендации производителя (Михайловской биолaborатории в п. СНИИСХ Шпаковского района Ставропольского края) энтомофага *H. hebetor* против совок применяют в соотношении паразит : хозяин 1 : 10 при первом выпуске и 1 : 5 при последующих выпусках. Полученное соотношение паразит : хозяин 1 : 1 свидетельствует о более низком уровне эффективности габробракона для самшитовой огнёвки, и требуют повышения норм выпуска против данного фитофага.

Применение трихограммы в отношении яйцекладок самшитовой огнёвки показало 90,6 % их гибели (Таблица 33). Как и в случае с *H. hebetor*, дальнейшее развитие трихограммы в яйцах огнёвки не наблюдалось (Рисунок 46) , что согласуется с данными зарубежных авторов (Wan et al., 2014). В лабораторных условиях не удалось зафиксировать уровень эффективности трихограммы (эффективное соотношение паразит : хозяин), только факт гибели яйцекладок при размещении в чашках Петри их с коконами паразитоида.

Применение эктопаразита *H. hebetor* против гусениц старших возрастов самшитовой огнёвки и паразита яиц совочной расы *Trihogramma* sp. показало их эффективность в лабораторных условиях (Шармагий, 2019). Несмотря на то, что *C. perspectalis* не является подходящей пищевой базой для указанных

паразитоидов, комплексное применение габробракона и трихограммы могут снизить численность популяции вредителя.

Таблица 33 – Гибель яйцекладок *Cydalima perspectalis* при применении *Trihogramma* sp. в лабораторных условиях, НБС, 2019 г.

Варианты	Яйцекладки	Яйца, шт.	Количество отродившихся гусеницы, шт.	Погибшие яйца, %
1	5	43	7	83,7
2	3	28	0	100
3	5	42	0	100
4	3	30	0	100
5	4	36	2	94,4
6	3	34	11	67,6
Всего	23	213	20	90,6



Рисунок 46 – Яйцекладка *Cydalima perspectalis* с погибшими эмбрионами при заселении *Trihogramma* sp. Крым, НБС, 2019 г. Оригинальное фото.

В полевом опыте была испытана эффективность хищного клопа *Podisus maculiventris* (Heteroptera, Pentatomidae) против гусениц *C. perspectalis*. При

соотношении хищник : жертва 3 : 1 уже через сутки после выпуска имаго и нимф клопа гибель гусениц огневки составила 61,2 %, а на четвертые и пятые сутки 95,0 % и 97,5 %, соответственно (Таблица 34, рисунок 47).

Таблица 34 – Эффективность *Podisus maculiventris* против гусениц *Cydalima perspectalis*, (хищник : жертва 3 : 1) в квазиприродных условиях. НБС, 2021г.

Повторности	Даты учетов, живые гусеницы экз.					
	16.05.	17.05.	18.05	19.05	20.05	21.05
1	10	4	0	0	0	0
2	10	3	1	1	1	1
3	10	5	3	1	1	0
4	10	3	2	2	1	1
5	10	5	1	0	0	0
6	10	5	1	0	0	0
7	10	4	1	1	0	0
8	10	2	3	2	1	0
Всего живых гусениц	80	31	12	7	4	2
% гибели,		61,2	85,0	91,2	95,0	97,5



Рисунок 47 – Имаго *Podisus maculiventris* питается гусеницей *Cydalima perspectalis*. Крым, НБС, 2021 г. Оригинальное фото.

Таким образом, использование в лабораторных условиях паразитоида *Habrobracon hebetor* в соотношении 1 : 1 вызывало 100 % гибель гусениц *C. perspectalis*. Дальнейшее паразитирование габробракона на самшитовой огнёвке не проходило. Несмотря на это, *H. hebetor* и *Trihogramma* sp. могут быть успешно использованы в комплексной системе защиты самшита от вредителя.

Хищный клоп *Podisus maculiventris* в полевых условиях при соотношении хищник : жертва 3 : 1 за сутки уничтожил 61,2 % гусениц *C. perspectalis*, а на четвертые и пятые сутки – 95,0–97,5 % соответственно. Данный энтомофаг является перспективным объектом биометода против *C. perspectalis*.

РАЗДЕЛ 6

**СХЕМА РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ И ВРЕДНОСТИ
ПОПУЛЯЦИИ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ В КРЫМУ**

На основании результатов феромонного мониторинга и трехлетних исследований биологических особенностей самшитовой огневки была разработана схема экологизированного контроля вредителя (Таблица 35).

Таблица 35 – Экспериментальная схема защитных мероприятий насаждений самшита от *Cydalima perspectalis*. Крым. (2018–2020 гг.)

Срок проведения	Мероприятие	Нормы применения	Примечания
1	2	3	4
Ранне-весенний период (<i>март, I – II декада</i>)	Обследование растений самшита и учет зимующих стадий вредителя		Гусеницы находятся в коконах
Весенний период при СЭТ выше +9,5 °С (<i>март I дек. – апрель, I дек.</i>)	Осуществлять контроль за динамикой численности вредителя и применять бактериальные препараты при (после регистрации) среднесуточной температуре воздуха выше +13 °С При температурах ниже +13 °С, осуществлять механический сбор гусениц		Нижний температурный порог эффективности бактериальных биопрепаратов + 13 °С, оптимальный +18 °С
	Битоксибациллин, П	4–8 г/л	
	Лепидоцид, СК	3–10 мл/л	
Перед началом лета имаго перезимовавшего поколения вывешивать феромонные ловушки и в последующем проводить ежемесячно замену диспенсера	Феромонный мониторинг		При СЭТ около 210 °С

Продолжение таблицы 35

1	2	3	4
Май – август Обработки при обнаружении вредителя проводятся многократно с интервалом 7 – 10 дней бионсектицидами (после регистрации препаратов)	Лепидоцид, СК	3–10 мл/л	Эффективен до 35 °С
	Битоксибациллин, П	4–8 г/л	Эффективен до 32 °С
	Фитоверм, КЭ	0,4–1,5 мл/л	Эффективен при t 22–32 °С
Июнь-август Против гусениц I – II поколений	Обследование растений самшита для выявления численности вредителя. Неоднократный выпуск паразитоида <i>Habrobracon hebetor</i>	Соотношение паразит хозяин 1:1	
Июнь-август Против гусениц I – II поколений	Неоднократный выпуск хищного клопа <i>Podisus maculiventris</i>	Соотношение хищник: жертва 3:1	
Осень	Фитосанитарная обрезка, удаление растительных остатков		

В основе схемы защиты лежит фитосанитарный мониторинг и сочетание комплекса методов. Разработка методов проводилась в несколько этапов, в ходе которых отрабатывались отдельные элементы биологической защиты самшита. Наиболее эффективно и экологически безопасно использование бактериальных инсектицидов (Лепидоцид, СК; Битоксибациллин, П), препарата Фитоверм, КЭ и энтомофагов (после регистрации препаратов). Химический метод применяется в крайней ситуации, при вспышке массового размножения вредителя. По результатам исследований могут быть применены препараты на основе фенитротриона, дельтаметрина при условии, что они разрешены для применения в декоративных насаждениях.

Агротехнический метод – санитарная обрезка, уничтожение растительных остатков. В некоторых случаях возможно прибегать к механическому методу, так 2 человека за 4 часа рабочего времени могут собрать приблизительно 800 гусениц старших возрастов, за 6 часов – 1000 гусениц младших возрастов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетних исследований популяций *Cydalima perspectalis* установлено, что в парковых ценозах Крыма в течение года развиваются три поколения вредителя со средней продолжительностью не менее 40–50 суток. Выявлен один тип (личиночный), три сезонных класса (зимняя, летняя и летняя переходящая в зимнюю) и две формы (факультативная и облигатная) диапаузы. Летняя диапауза факультативная, а зимняя – облигатная. Зимуют гусеницы II – III возрастов. Развитие после зимней диапаузы происходит в начале I декады марта – I декады апреля и регулируется преимущественно температурой, несколько меньше – фотопериодом. Наличие диапауз, поливольтинность и высокая плодовитость повышают надежность системы синхронизации жизненного цикла с ритмом внешних условий и являются основой для конкретных сезонных адаптаций, что делает самшитовую огнёвку пластичным видом, способным переносить неблагоприятные условия.

Продолжительность жизни имаго *C. perspectalis* в среднем составляет около двух недель, плодовитость самок варьирует от 126 до 582 яиц. Вылет имаго самшитовой огнёвки в условиях Крыма растянут. Сумма эффективных температур, необходимая на развитие одного поколения, по годам варьирует в широком диапазоне, что обусловлено асинхронностью развития гусениц *C. perspectalis*. Самцы спариваются не более, чем с тремя самками, самки подавляюще – с одним самцом. Соотношение полов меняется по поколениям в зависимости от погодных и кормовых условий. Разнокачественность популяции в аспекте репродуктивного поведения проявляется не только в показателях плодовитости, но и в репродуктивной активности самцов, а также в соотношении полов. Поколения накладываются одно на другое, в связи с чем, повреждения насаждений самшита *C. perspectalis* наблюдаются практически непрерывно.

Выявлено, что длительность развития и количество возрастов гусениц характеризуются значительной вариабельностью. Период пребывания в фазе гусеницы до окукливания варьирует от 18 до 29 суток, развитие гусеницы может

достигать восьми возрастов. Единичные гусеницы восьмого возраста присутствуют в каждом из поколений. Самый высокий темп роста головных капсул гусениц выявлен на третьем возрасте. Максимальный процент их окукливания наблюдается на шестом возрасте, который является у *C. perspectalis* самым распространенным из старших возрастов. Выявлена гибель свежеотложенных яйцекладок при высоких температурах воздуха (36,1 °С) и низкой влажности (21%), составившая в квазиприродных условиях 25,9 %.

Выявлено, что СЭТ, позволяющие завершить жизненный цикл от яйца до имаго, а также отдельных его стадий у летнего второго поколения, отличаются стабильностью. Для завершения жизненного цикла этого поколения на ЮБК в условиях сухих субтропиков требуется в среднем 754 °С, в центральной части Предгорного Крыма в условиях сухой лесостепи – 553 °С СЭТ выше +9,5°С. Постоянство данных показателей (коэффициент вариации не превышает 5–7 %) позволяет рассматривать их в качестве инструмента для прогнозирования периода сроков обработки гусениц зимующего поколения G_0 до нанесения ими сильных повреждений и индукции зимней диапаузы.

Установлено, что для завершения жизненного цикла в условиях ЮБК температурные нормы развития поколений на 80 °С выше, чем в Предгорном Крыму. При этом, температурные пороги развития гусениц перезимовавшего поколения в условиях Крыма практически не различаются и составляют 5,1–5,2 °С. Выявлено влияние температуры и фотопериода на скорость развития стадии гусениц и влажности воздуха – стадии куколки. Более благоприятным по термическим условиям для развития *C. perspectalis* в летний период является Предгорная зона по сравнению с ЮБК. Для сопоставимости результатов исследований целесообразно в расчетах СЭТ применять температурный порог +9,5 °С.

Для южных регионов России разработаны прогнозные модели начала развития гусениц *C. perspectalis* после зимней диапаузы, лёта имаго и появления гусениц первого летнего поколения. Полученные модели удовлетворительно описывают процесс развития вредителя на каждой стадии, объясняя от 48 до 94 %

дисперсии переменной. Точность прогноза выхода гусениц из зимней диапаузы составляет 3–4 суток, лёта имаго и первого поколения гусениц – 9–10 суток. Данные модели являются полезным инструментом для улучшения борьбы с этим поливольтинным видом, способствуют внедрению эффективных стратегий управления численностью популяций фитофага, а также прогнозирования развития его поколений в условиях изменения климата.

Фенотипическая пластичность, обеспечивающая асинхронное развитие гусениц в каждом поколении, способность индукции диапаузы на нескольких стадиях личиночных возрастов при различной их уязвимости к стресс-факторам окружающей среды, возобновление развития весной непосредственно после исчезновения основных стрессоров, а не в ответ на косвенные фотопериодические сигналы, являются важными адаптивными чертами, способствующими первичному выживанию популяций *C. perspectalis* в новых условиях существования. Важной сезонной адаптацией *C. perspectalis* также является фотопериодическая модификация температурных норм развития второго летнего поколения, способствующая снижению термолабильности и ускорению развития всех стадий жизненного цикла. Такая гибкость онтогенетических требований для перехода в диапаузу обеспечивает более высокую фенологическую изменчивость в популяциях.

В условиях Крыма *C. perspectalis* питается только растениями рода *Vixus*. В лабораторных условиях максимальное снижение массы самшита при питании гусениц *C. perspectalis* как младших, так и средних возрастов, наблюдается на *V. balearica*. Отмечена 75%-я гибель гусениц младших возрастов на *V. sempervirens*, а на *V. microphylla* – 45 %. Невзирая на разницу в показателях смертности гусениц самшитовой огнёвки, вредитель наносил повреждения *V. sempervirens*, *V. microphylla* и *V. sempervirens* 'Elegans' существенно не отличающиеся между собой.

Аборигенные энтомофаги не паразитируют на гусеницах и куколках *Cydalima perspectalis*. В лабораторных условиях определено, что использование паразитоида *Habrobracon hebetor* против гусениц *Cydalima perspectalis* в

соотношении 1:1 вызывало их 100 % гибель. В результате применение хищного клопа *Podisus maculiventris*, в полевых условиях при соотношении хищник: жертва 3:1, уже на первые сутки смертность гусениц *Cydalima perspectalis* составляла 61,2 %, а на четвертые – пятые сутки – 95,0–97,5 % гусениц соответственно. Таким образом, применяемые биологические агенты могут быть использованы для регулирования популяции гусениц вредителя.

Определена эффективность биологических препаратов против самшитовой огнёвки, применение которых обеспечивает на третьи – пятые сутки гибель гусениц, как младших, так и старших возрастов. На основании полученных данных об эффективности испытуемых препаратов и энтомофагов разработана экспериментальная схема защиты насаждений самшита от *C. perspectalis* включающая агротехнические, механические, биотехнические методы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В инвазионном ареале *C. perspectalis* в Крыму при разработке защитных мероприятий рекомендуется брать за основу схему защиты, включающую агротехнические и биотехнические приемы.

Проводить фитосанитарный мониторинг динамики численности вредителя еженедельно с марта по октябрь, включая феромонный мониторинг.

Использовать в условиях юга России разработанные фенологические модели для прогнозирования сроков начала развития гусениц *C. perspectalis* после зимней диапаузы, лёта имаго перезимовавшего поколения и появления гусениц первого поколения.

Для контроля численности *C. perspectalis* против гусениц применять биологические препараты: Лепидоцид, СК (БА-2000 ЕА/мг, титр не менее 10млрд спор/г) (3–10 мл/л воды), Битоксибациллин, П (БА-1500 ЕА/мг, титр не менее 20млрд спор/г) (4–8 г/л воды), Фитоверм, КЭ (Аверсектин С 10 г/л) (0,4–1,5 мл /л воды), с учётом температурного фактора, определяющего их эффективность и с интервалом семь – десять дней (после регистрации препаратов).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ЮБК – Южный берег Крыма

НБС–ННЦ – Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

г. – год

г – грамм

мл – миллилитр

л – литр

см – сантиметр

мм – миллиметр

% – проценты

°С – градус Цельсия

ВДГ – водно-диспергируемые гранулы

СК – суспензионный концентрат

КЭ – концентрат эмульсии

П – порошок

СТ_{min} – температурный минимум

СТ_{max} – температурный максимум

Т_{opt} – температурный оптимумом

Т_{base} базовая температура

DV₀ – температурный минимум

DV₁ – нижний температурные оптимумы

DV₂ – верхний температурные оптимумы

DV₃ – верхний температурный предел

Т_{сд} – среднедекадная температура

Т_{срс} – среднесуточная температура

G₀ – перезимовавшее поколение

G₀ – зимующее поколение

G₁ – первое поколение

G₂ – второе поколение

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абасов, М. М. Разработка мер интегрированной защиты самшита от самшитовой огнёвки / М. М. Абасов, В. Л. Пономарёв, А. Э. Нестеренкова, А. Н. Логинов, С. А. Федосов // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2016. – Том 142. – С. 102–113.
2. Агасьева, И. С. Оценка инсектицидной активности новых бактериальных штаммов в отношении самшитовой огневки (*Cydalima perspecialis* Walker) / И. С. Агасьева, А. М. Асатурова, В. В. Павлов, М. Д. Павлова, Е. В. Федоренко, М. В. Нефедова, Т. О. Кувика, А. И. Хомяк, Н. А. Жевнова // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Выпуск 9. Материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем» с молодежной стратегической сессией «Кадры, ресурсы, возможности, инновации» 20-22 сентября 2016 г. – Краснодар, 2016. – С.197–201.
3. Агасьева, И. С. Биологический контроль самшитовой огневки / И. С. Агасьева, В. Я. Исмаилов, Е. В. Федоренко, М. В. Нефедорова // Защита и карантин растений. – 2017. – № 8. – С. 21–23.
4. Агасьева, И. С. Разработка методов борьбы с опасным адвентивным вредителем самшита *Cydalima perspecialis* Walker с помощью биологических средств защиты / И. С. Агасьева, Е. В. Федоренко, М. В. Нефедова // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Выпуск 10. Материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Становление и перспективы развития органического земледелия в Российской Федерации» 11–13 сентября 2018 г. – Краснодар, 2018. – С. 372–375.
5. Агроклиматический справочник по Крымской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 136 с.

6. Аникин, В. В. О встрече самшитовой огневки / В. В. Аникин // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – 2015. – №12. – С.103–104.
7. Артохин, К. С. Совкообразные – вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений / К. С. Артохин, А. Н. Полтавский, А. Ю. Матов, В. И. Щуров – Ростов на Дону: Изд-во «Foundation», 2017. – 376 с.
8. Балыкина, Е. Б. Изменение таксономической структуры комплекса фитофагов декоративных растений парков Крыма / Е. Б. Балыкина, Н. Н. Трикоз // Велес. – 2017. – №1–2 (43) – С 59–63.
9. Балыкина, Е. Б. Эффективность инсектицидов против личинок самшитовой огнёвки (*Cydalima perspectalis* Walker) на Южном Берегу Крыма / Е. Б. Балыкина, А. К. Шармагий // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Т. 147. – С. 96.
10. Балыкина, Е. Б. Разработка феромонного препарата для выявления и мониторинга самшитовой огневки *Cydalima perspectalis* Walker / Е. Б. Балыкина, В. Э. Глебов, Д. А. Корж, Н. И. Кулакова, А. Э. Нестеренкова, В. М. Растегаева, Н. Н. Трикоз, А. К. Шармагий // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – Вып. 134. – С. 138–143.
11. Баранчиков, Ю. Н. Уссурийский полиграф – новый агрессивный вредитель пихты в Сибири / Ю. Н. Баранчиков, В. М. Петько, С. А. Астапенко, Е. Н. Акулов, С. А. Кривец // Лесной Вестник / Вестник Московского государственного университета леса. – 2011. – № 4 (80). – С. 78–81.
12. Бибин, А. Р. Опыт борьбы с самшитовой огневкой *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) на северо-западном Кавказе / А. Р. Бибин, В. В. Ковалев // Экология: рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, с международным участием. Майкоп, 19-22 октября 2017 года. – Майкоп: Изд-во АГУ, 2017. – С.15–18.
13. Бибин, А. Р. Опыт борьбы с самшитовой огневкой *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) на северо-западном Кавказе /

А. Р. Бибин // Мониторинг древесных растений и биологические методы контроля вредителей и патогенов: от теории к практике: Материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 22–26 апреля 2019 г. – Москва, Красноярск: ИЛ СО РАН, 2019. – С.25–26.

14. Блютген, Н. География климатов / Н. Блютген. – М.: Прогресс, 1973. – Т.2. – С. 335–236. [402 с.]

15. Борисов, А. А. Климатография Советского Союза / А. А. Борисов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1970. – 309 с.

16. Борисов, Б. А. Оценка возможности биологического контроля самшитовой огневки *Cydalima perspecialis* энтомопаразитическими грибами / Б. А. Борисов, Н. Н. Карпун, Е. Н. Журавлева, И. П. Борисова // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 18-22 апреля 2016 г. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. – С. 41–43.

17. Бубенщикова, А. Е. Защита декоративных растений открытого грунта от вредителей в условиях субтропического климата / А. Е. Бубенщикова // Российский электронный научный журнал / Russian electronic scientific journal. – 2019. – № 1 (31). – С. 102–111.

18. Бугаева, Л. Н. Самшитовая огневка – причина экологического бедствия / Л. Н. Бугаева, Т. Н. Игнатьева, Е. В. Кашутина // Вестник защиты растений. – Спб., 2015. – Вып. 4 (86). – С. 52–53.

19. Бугаева, Л. Н. Современное фитосанитарное состояние агробиоценозов Лазаревского района города Сочи / Л. Н. Бугаева, Т. Н. Игнатьева, Г. А. Слободянюк // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Выпуск 9. Материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем» с молодежной стратегической сессией «Кадры, ресурсы, возможности, инновации» 20-22 сентября 2016 г. – Краснодар, 2016. – С. 31–35.

20. Будашкин, Ю. И. Вредители декоративных древесных растений в зеленых насаждениях Юго-Восточного берега Крыма / Ю. И. Будашкин, И. Л. Потапенко // Изучение и сохранение биоразнообразия в ботанических садах и других интродукционных центрах: Материалы научной конференции с международным участием, посвященной 55-летию Донецкого ботанического сада (г. Донецк, 8–10 октября 2019 г.). – Донецк, 2019. – С. 34–41.

21. Будашкин, Ю. И. Самшитовая огнёвка – *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera, Pyraustidae) – новый для фауны Украины и Крыма вид опасного вредителя лесного и паркового хозяйства / Ю. И. Будашкин // Экосистемы. – 2016. – Вып. 5. – С. 36–39.

22. Важов, В. И. Агроклиматическое районирование Крыма / В. И. Важов // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 1977. – Том 71. – С. 92–120.

23. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteo.ru/>.

24. Галушко, Р. В. Каталог дендрологических коллекций Арборетума Государственного Никитского ботанического сада / Р. В. Галушко, Г. С. Захаренко, В. М. Кузнецова, А. П. Максимов, Д. М. Михайленко, Ю. К. Подгорный, М. В. Сильвестрова, О. Д. Шкарлет. – Ялта: Никитский ботанический сад, 1993. – С. 16.

25. Гниненко, Ю. И. Самшитовая огневка – новый инвазивный организм в лесах российского Кавказа / Ю. И. Гниненко, Н. В. Ширяева, В. И. Щуров // Карантин растений. Наука и практика. – 2014. – № 1(7). – С. 32–36.

26. Гниненко, Ю.И. Разработка комплексной биологической защиты самшита от самшитовой огневки / Ю. И. Гниненко, Ю. А. Сергеева, Н. В. Ширяева, М. Е. Лянгузов, М. С. Клюкин, А. Г. Раков, И. В. Хегай // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: Материалы Всероссийской

конференции с международным участием. Москва, 18-22 апреля 2016 г. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. – С. 67–68.

27. Гниненко, Ю. И. Роль энтомофагов в популяциях самшитовой огнёвки / Ю. И. Гниненко, Ю. А. Сергеева // IX Чтения памяти О.А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 23–25 ноября 2016 г. / под ред. Д.Л. Мусолина и А.В. Селиховкина. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – С. 18–19.

28. Гниненко, Ю. И. Самшитовая огневка – опасный инвазивный вредитель самшита [Электронный ресурс] / Ю. И. Гниненко, Ю. А. Сергеева, Н. В. Ширяева, М. Е. Лязгунов // Лесохоз. информ. : электронный сетевой журнал. – 2016а. – № 3. – С. 25–35. Режим доступа: <http://lhi.vniilm.ru/>.

29. Гниненко, Ю. И. Некоторые особенности фенологии самшитовой огневки в районе Сочи / Ю. И. Гниненко, М. Е. Лязгунов // Актуальные проблемы лесного комплекса / под общ. ред. Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов. – Брянск: БГИТУ, 2017. – Выпуск 49. – С. 79–82.

30. Гниненко, Ю. И. Опыт использования вирусов для защиты самшита от гусениц самшитовой огневки / Ю. И. Гниненко, В. Л. Пономарев, А. Э. Нестеренкова // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Выпуск 10. Материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Становление и перспективы развития органического земледелия в Российской Федерации» 11-13 сентября 2018 г. – Краснодар, 2018. – С. 383–385.

31. Гниненко, Ю. И. Самшитовая огневка *Neoglyphodes perspectalis* Walker – новый опасный вредитель самшита на юге Европейской части России / Ю. И. Гниненко, В. Л. Пономарёв, Ю. А. Сергеева, Н. В. Ширяева, М. Е. Лязгунов, А. Э. Нестеренкова – Пушкино: ВНИИЛМ, 2018. – 36 с.

32. Деревья и кустарники // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада / под ред. Е. В. Вульфа, В. П. Малеева, С. С. Станкова. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948 – Т. 22, вып. 3, 4. – 294 с.

33. Добронос, В. В. Самшитовая огневка *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) в Республике Северная Осетия-Алания (Центральный Кавказ) / В. В. Добронос // Экология: образование, наука и этнотуризм: Материалы международной научно-практической конференции. – Владикавказ: СОИГСИ, 2016. – Т. 1. – С. 28–33.

34. Добронос, В. В. Новые данные о самшитовой огневке *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) на Центральном Кавказе [Электронный ресурс] / В. В. Добронос // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2017. – №10 (22). Режим доступа: <http://aeconomy.ru/science/agro/novye-dannye-o-samshitovoy-ognevke/>.

35. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

36. Дьякова, И. Н. Мониторинг состояния насаждений самшита в городе Майкопе Республики Адыгея / Ирина Николаевна Дьякова // Новые технологии. – 2016. – Вып. 4. – С. 137–142.

37. Ескин, Н. Б. Очаг самшитовой огневки в тисо-самшитовой роще / Н. Б. Ескин, А. Р. Бибин // Кавказ заповедный. – 2014. – № 8 (124). – С. 7.

38. Злотин, А. З. Техническая энтомология / А. З. Злотин. – Киев: Изд-во Наукова думка, 1989. – 183 с.

39. Иванов, С. П. Апробация метода борьбы с самшитовой огневкой (*Cydalima perspectalis*) на основе искусственного разведения и выпуска в очаги поражения самшита колхидского складчатокрылых ос-энтомофагов – *Euodynerus posticus* / С. П. Иванов, В. А. Швецов, Ю. И. Будашкин, Д. В. Пузанов, В.Ю. Жидков // Экосистемы. 2015. Вып. 4. С. 30–44.

40. Иванченко, В. И. Оптимизация размещения столовых сортов винограда в зависимости от агроэкологических ресурсов АР Крым:

Тематический сборник / В. И. Иванченко, Н. В. Баранова, С. П. Корсакова, Е. А. Рыбалко – Ялта: НИВиВ «Магарач», 2010. – 60 с.

41. Исиков, В. П. Объекты фитосанитарного мониторинга в арборетуме Никитского Ботанического сада (Крым, Ялта) / В. П. Исиков, Н. Н. Трикоз // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Вып. 127. – С. 27–35.

42. Карпун, Н. Н. Самшитовая огневка – инвазия на Черноморское побережье России / Н. Н. Карпун, Е. А. Игнатова // Защита и карантин растений. – 2014. – № 6. – С. 41–42.

43. Карпун, Н. Н. Новые виды вредителей декоративных древесных растений во влажных субтропиках Краснодарского края / Н. Н. Карпун, Е. А. Игнатова, Е. Н. Журавлева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2015. – Вып. 211. – С. 189–203.

44. Карпун, Н. Н. Анализ пищевой специализации самшитовой огневки (*Cydalima perspectalis* Walker) / Н. Н. Карпун, Е. С. Трохов, Е. А. Игнатова, Е. Н. Журавлева, З. Г. Каурова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 4. – С. 173–176.

45. Карпун, Н. Н. Результаты мониторинга популяций инвазивных видов вредителей декоративных насаждений на Черноморском побережье Кавказа / Н. Н. Карпун, Е. Н. Журавлева, Е. А. Игнатова // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 18–22 апреля 2016 г. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. – С. 97–98.

46. Карпун, Н. Н. Структура комплексов вредных организмов древесных растений во влажных субтропиках России и биологическое обоснование мер защиты: дисс. ... д-ра биол. наук: 06.01.07 / Карпун Наталья Николаевна. – Сочи, 2018. – 399 с.

47. Карпун, Н. Н. Экологизация защиты растений от новых инвазионных видов вредителей на Черноморском побережье Кавказа / Н. Н. Карпун // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Выпуск

10. Материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Становление и перспективы развития органического земледелия в Российской Федерации» 11–13 сентября 2018 г. – Краснодар, 2018а. – С. 405–409.

48. Карпун, Н. Н. Основные факторы, влияющие на численность популяции самшитовой огневки на Черноморском побережье России / Н. Н. Карпун, В. Л. Пономарёв, А. Э. Нестеренкова, В. Е. Проценко // Мониторинг древесных растений и биологические методы контроля вредителей и патогенов: от теории к практике: Материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 22–26 апреля 2019 г. – Москва, Красноярск: ИЛ СО РАН, 2019. – С. 87–88.

49. Карпун, Ю. Н. Субтропическая декоративная дендрология / Ю. Н. Карпун. – СПб: Изд-во ООО «ВВМ», 2010. – 580 с.

50. Кипятков, В. Е. Внутривидовая изменчивость температурных норм развития у насекомых: новые подходы и перспективы / В. Е. Кипятков, Е. Б. Лопатина // Энтомологическое обозрение. – 2010. – Т. 89, вып. 1. – С. 33–61.

51. Кирпичникова, В. А. Сем. Pyralidae – Огневки. Дополнение / В. А. Кирпичникова // Определитель насекомых Дальнего Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – Т. 5. Ручейники и чешуекрылые, ч. 5. – С. 526–539.

52. Климат и опасные гидрометеорологические явления Крыма / Под ред. К. Т. Логвинова, М. Б. Барабаш. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 317 с.

53. Климатический атлас Крыма: приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма» / Авт.-сост. И. П. Ведь. – Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. – 120 с. 110 илл.

54. Кожанчиков, И. В. Методы исследования экологии насекомых / И. В. Кожанчиков. – М.: Высшая школа, 1961. – 286 с.

55. Корсакова, С. П. Реакция растений-феноиндикаторов умеренных широт на изменение климата в сухих субтропиках: моделирование и прогноз /

С. П. Корсакова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2018. – Т. 4(70), № 3. – С. 109–124.

56. Корсакова, С. П. Климатогенные изменения и прогноз сроков пыления *Juniperus deltoides* (Cupressaceae) / С. П. Корсакова, П. Б. Корсаков, Н. А. Багрикова // Наука Юга России. – 2020. – Т. 16, №3. – С. 40–52. DOI: 10.7868/S25000640200305.

57. Леонидзе, Н. Х. Биоконтроль в туристических зонах Аджарии / Н. Х. Леонидзе, Д. Х. Кантария // Национальные экономики в условиях глобальных и локальных трансформаций: Сборник статей международной научно-практической конференции. Москва, 23–28 октября 2018 года / под ред. Г.Б. Клейнера, Х.А. Константиныди, В.В. Сорокожердьева. – М.: Научно-исследовательский институт истории, экономики и права, 2018. – С. 68–70.

58. Лопатина, Е. Б. Новая форма фенотипической пластичности температурных норм развития у клопа *Graphosoma lineatum* (L.) (Heteroptera, Pentatomidae) / Е. Б. Лопатина, И. А. Гусев // Энтомологическое обозрение. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 255–280. DOI: 10.1134/S0367144519020035

59. Лукмазова, Е. А. Распространение опасных вредителей для самшитовых насаждений на территории Республики Абхазия / Е. А. Лукмазова // VIII Чтения памяти О.А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений России: Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 18–20 ноября 2014 г. / под ред. Д.Л. Мусолина и А.В. Селиховкина. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014. – С. 45.

60. Лукмазова, Е. А. Самшитовая огнёвка *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) в Республике Абхазия / Е. А. Лукмазова, И. В. Тания // Труды Ботанического института. – Сухум, 2014. – Вып. 3. – С. 110–122.

61. Масляков, В. Ю. Инвазии растительноядных насекомых в европейскую часть России / В. Ю. Масляков, С. С. Ижевский. – М.: ИГРАН, 2011. – 272 с.

62. Медников, Б. М. Проблемы видообразования и адаптивные нормы / Б. М. Медников // Журнал общей биологии. – 1987. – Т. 48, № 1. – С. 15–26.

63. Мемарне, К. Г. Состояние самшита колидского в Западной Грузии / К. Г. Мемарне, Л. А. Горгиладзе, Н. Д. Ломтатидзе, Г. В. Мепаришвили // Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov readings 2017: environmental problems of the XXI century: Материалы 17-й международной научной конференции, 18–19 мая 2017 г., г. Минск, Республика Беларусь : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А.Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол.: С.Е. Головатый [и др.] / под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С.А. Маскевича, д-ра с.-х. н., проф. С.С. Позняка. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – Ч. 2. – С. 157.

64. Методики випробування і застосування пестицидів // С. О.Трибель [та ін.] / за ред. проф.С.О. Трибеля. – Київ: Світ, 2001. – 448 с.

65. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве / под ред. В. И. Долженко. – СПб.: ВИЗР, 2009. – 321 с.

66. Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности / под ред. В. И. Долженко, акад. РАН, В.Н. Ракитского, акад. РАН. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

67. Мешкова, В. Л. Сезонное развитие хвоелистогрызущих насекомых / В. Л. Мешкова. – Харьков: Планета-принт, 2008. – 396 с.

68. Нестеренкова, А. Э. Изучение биологических особенностей самшитовой огневки в процессе становления ее лабораторной культуры / А. Э. Нестеренкова // Карантин растений. Наука и практика. – 2015. – № 14. – С. 8–12.

69. Нестеренкова, А. Э. Особенности биологии самшитовой огнёвки в условиях Черноморского побережья РФ и в лабораторной культуре / А. Э. Нестеренкова, В. Л. Пономарёв // IX Чтения памяти О.А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 23–25 ноября 2016 г. / под ред. Д.Л. Мусолина и А.В. Селиховкина. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – С. 73–74.

70. Нестеренкова, А. Э. Самшитовая огнёвка в России: особенности биологии, перспективы мониторинга и регулирования / А. Э. Нестеренкова, В. Л. Пономарёв, В. М. Растегаева, Ю. И. Гниненко // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 18–22 апреля 2016 г. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. – С. 155–156.

71. Нестеренкова, А. Э. Особенности развития самшитовой огневки *Cydalima perspectalis* Walker в лабораторной культуре / А. Э. Нестеренкова, В. Л. Пономарев, Н. Н. Карпун // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2017. – Т. 21, № 3. – С. 61–69. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-3-61-69

72. Нестеренкова, А. Э. Полевые испытания биологической активности феромона самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* Walker / А. Э. Нестеренкова, В. Л. Пономарев, Н. Н. Карпун, В. Е. Проценко, В. Э. Глебов, Е. А. Даниленко, В. М. Растегаева // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2017. – Т. 21, № 3. – С. 70–77. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-3-70-77

73. Нестеренкова, А. Э. Разработка экологически безопасных методов регулирования численности самшитовой огневки / А. Э. Нестеренкова, Ю. И. Гниненко, В. Л. Пономарев // Мониторинг древесных растений и биологические методы контроля вредителей и патогенов: от теории к практике: Материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 22–26 апреля 2019 г. – Москва, Красноярск: ИЛ СО РАН, 2019. – С. 124–125.

74. Огнёвка самшитовая *Cydalima perspectalis* – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inaturalist.org/observations/15879362/>.

75. Опанасенко, Н. Е. Агроклиматические ресурсы и районирование степного и предгорного Крыма под плодовые культуры / Н. Е. Опанасенко, И. В. Костенко, А. П. Евтушенко. – Симферополь: ООО Изд-во «Научный мир», 2015. – 216 с.

76. Орёл Т. И. Оценка агроэкологических ресурсов Крыма для выращивания эфиромасличных и лекарственных растений / Т. И. Орёл. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. – 91 с.

77. Оспищев, Р. Н. Исследование последствий инвазии самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) в насаждениях самшита в Ростове-на-Дону / Р. Н. Оспищев, С. И. Дудкин // Экология и природопользование: тематический сборник / отв. ред. К.Ш. Казеев. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2020. – Вып. 17. – С. 97–81.

78. Платонов, А. П. Проблемы организации системы защиты зеленых насаждений в курортных регионах (на примере г. Сочи) / А. П. Платонов, Н. Н. Карпун // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2019. – № 70. – С.203–211.

79. Плугатарь, Ю. В. Биологические особенности *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) в Крыму / Ю. В. Плугатарь, **А. К. Шармагий**, Е. Б. Балыкина // Вестник защиты растений, 2020, Т. 103, № 4. – С. 247–254.

80. Плугатарь, Ю. В. Динамика состава и биоэкологическая характеристика дендрологической коллекции Никитского ботанического сада / Ю. В. Плугатарь, В. П. Коба, В. Н. Герасимчук, В. В. Папельбу // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – № 5. – С. 25–29.

81. Плугатарь, Ю. В. Экологический мониторинг Южного берега Крыма / Ю. В. Плугатарь, С. П. Корсакова, О. А. Ильницкий. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 164 с.

82. Плугатарь, Ю. В. Эффективность биоинсектицидов против гусениц *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) на Южном берегу Крыма / Ю. В. Плугатарь, **А. К. Шармагий**, В. А. Шишкин // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – Вып. 137. – С. 7–15. DOI: 10. 36305/0513-1634-2020-137-7-15

83. Погода в 243 странах мира. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rp5.ru/>.

84. Полтавский, А. Н. Новые находки чужеродных видов чешуекрылых в Дагестане / А. Н. Полтавский, Е. В. Ильина // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 64–67.

85. Рындин, А. В. Фитосанитарное состояние насаждений г. Сочи: причины, прогноз и пути решения / А. В. Рындин, Н. Н. Карпун, Е. А. Игнатова, Е. Н. Журавлёва // Субтропическое и декоративное садоводство: сборник научных трудов. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2015. – Вып. 52. – С. 9–20.

86. Савушкина, И. Г. Перспективы интродукции вечнозеленых и полувечнозеленых кустарников в условиях Предгорного Крыма / И. Г. Савушкина, А. Н. Пашко // Проблемы и перспективы развития современной ландшафтной архитектуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 25–28 сентября, 2017 г. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. – С. 153–157.

87. Сафонкин, А. Ф. Репродуктивное поведение, полиморфизм и хемокоммуникация как факторы поддержания разнообразия в семействе листоверток (LEPIDOPTERA : TORTRICIDAE): автореф. дис... д-ра биол. наук / А. Ф. Сафонкин. – М., 2008. – 47 с.

88. Синёв, С. Ю. Семейство Crambidae / С. Ю. Синёв // Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России / под ред. С.Ю. Синёва. – СПб.-М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – С. 170–187.

89. Синельников, К. Ю. Самшитовая огневка – кошмар Черноморского побережья [Электронный ресурс] / Константин Юрьевич Синельников // АПК «Витус» – Новости. – 2015. – Режим доступа: <http://vitusltd.ru/blog/lesozaschita/11371/>.

90. Снакин, В. В. Экологические аспекты глобализации / В. В. Снакин // Век глобализации. – 2019. – №. 4. – С. 50–62. DOI: 10.30884/vglob/2019.04.05

91. Справочник по климату Черного моря / под ред. А.И. Сорокиной. – М.: Гидрометеоиздат, Московское отделение, 1974. – 405 с.

92. Стрельцов, А. Н. Новый род для *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) (Pyraloidea: Crambidae, Pyraustinae) / А. Н. Стрельцов // Евразийский энтомологический журнал. – Новосибирск, Москва, 2008. – Т. 7, вып. 4. – С. 1–5.

93. Стрельцов, А. Н. Огневки трибы Spilomelini (Pyraloidea: Pyraustidae) фауны Дальнего Востока России / А. Н. Стрельцов // Энтомологические исследования в Северной Азии: Материалы VIII Межрегионального совещания энтомологов Сибири и Дальнего Востока с участием зарубежных учёных. Новосибирск, 4–7 октября 2010 г. – Новосибирск: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – С. 201.

94. Стрельцов, А. Н. Фауна и зоогеография ширококрылых огневок (Pyraloidea, Crambidae: Pyraustinae) юга Дальнего Востока России / А. Н. Стрельцов // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. – Вып. 24. – Владивосток: Дальнаука, 2013. – С. 41–57.

95. Стрюкова, Н. М. Аборигенные и инвазивные членистоногие и их естественные враги в парках республики Крым / Н. М. Стрюкова // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2016. – Том 142. – С. 186–193.

96. Тимухин, И. Н. Самшит колхидский / И. Н. Тимухин, Б. С. Туниев // Красная книга Краснодарского края (Растения и грибы) / отв. ред. С.А. Литвинская. – Изд. 2-е. – Краснодар: ООО «Дизайн Бюро № 1», 2007. – С. 140–141.

97. Трикоз, Н. Н. Самшитовая огнёвка в Никитском ботаническом саду / Н. Н. Трикоз, З. Э. Халилова // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2016. – Том 142. – С. 69–75.

98. Трикоз, Н. Н. Инвазивные виды вредителей в Никитском ботаническом саду / Н. Н. Трикоз // Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению: Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета. Тверь, 08–11 ноября 2017 г. – Тверь: Изд-во Тверской государственной университет, 2017. – С. 408–410.

99. Трикоз, Н. Н. Биологизация парковых агроценозов Крыма / Н. Н. Трикоз, Д. А. Корж, Т. С. Рыбарева, **А. К. Шармагий** // Международно научно-практическая конференция «Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России». Материалы конференции 8–12 октября 2018 г. – Спб – Пушкин, 2018. – С. 156–158.

100. Трикоз, Н. Н. Основные вредители вечнозелёных кустарников в парках Южного берега Крыма и меры борьбы с ними / Н. Н. Трикоз // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Том 147. – С. 159–161.

101. Трикоз, Н. Н. Сезонное развитие важнейших вредителей и возбудителей болезней в парках Крыма / Н. Н. Трикоз, В. П. Исиков // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Вып. 128. – С. 111–122. DOI: 10.25684/NBG.boolt.128.2018.14

102. Туниев, Б. С. *Cydalima perspectalis* Walker, 1859 (Lepidoptera, Crambidae) – новый вредитель в Дагестане и возможные последствия для самшита в восточном Закавказье / Б. С. Туниев, Х.У. Алиев // Ботанический вестник Северного Кавказа. – 2018. – № 2. – С 52–58.

103. Туниев, Б. С. Самшит колхидский и новый вредитель *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) в Южной Осетии / Б. С. Туниев, Х. У. Алиев, И. Н. Тимухин // Ботанический вестник Северного Кавказа. – 2018. – № 1. – С 30–36.

104. Чеглик, Л. Г. Изучение возможности регулирования численности самшитовой огневки с помощью *Picromerus bidens* L. / Л. Г. Чеглик, А. Э. Нестеренкова // IV Всероссийский съезд по защите растений с международным участием «Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России». Санкт-Петербург, 9–11 сентября 2019 г. – Спб., 2019. – С. 170.

105. **Шармагий, А. К.** Вредоносность самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* Walker на Южном берегу Крыма / А. К. Шармагий, Ю. В. Плуатарь // Международная научно-практической конференция,

посвящённая 100-летию отдела энтомологии, фитопатологии и защиты растений Никитского ботанического сада «Актуальные проблемы и перспективы интегрированной защиты плодовых, декоративных и лесных культур». Ялта, 12–16 октября 2020 г. – Симферополь, 2020. – С. 49–51.

106. Шармагий, А. К. Перспективы использования энтомофагов для регулирования численности самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) в условиях Южного берега Крыма. / А. К. Шармагий // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2019. – Том 153(4). – С. 58–67.

107. Шармагий, А. К. Влияние климатических условий на развитие *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) на Южном берегу Крыма / А. К. Шармагий // Материалы X Международной научно-практической конференции «Защита растений от вредных организмов», посвящённой 100-летию Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар, 21–25 июня 2021 г. – Краснодар, 2021. – С. 417–418.

108. Шармагий, А. К. Влияние температурных условий на сезонное развитие *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) в Крыму / А. К. Шармагий, С. П. Корсакова // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2021. – Вып. 140. – С. 45–51. DOI: 10. 36305/0513-1634-2021-140-45-51

109. Ширяева, Н. В. Новые виды вредителей древесных и кустарниковых растений на Черноморском побережье России / Н. В. Ширяева // VIII Чтения памяти О.А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений России: Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 18–20 ноября 2014 г. / под ред. Д.Л. Мусолина и А.В. Селиховкина. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014. – С. 93.

110. Ширяева, Н. В. Новые виды вредителей древесных и кустарниковых растений в Сочинском парке «Дендрарий» / Н. В. Ширяева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2015. – Вып. 211. – С. 243–253.

111. Ширяева, Н. В. Третья волна экспансии инвазивных фитофагов на территорию Сочинского национального парка / Н. В. Ширяева // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». – 2018. – Вып. 9. – С.165–167.

112. Шутко, А. П. Адвентивные насекомые-вредители древесных насаждений города Ставрополя / А. П. Шутко, Л. В. Тутуржанс // Успехи современного естествознания. – 2018 – № 2. – С. 184–189.

113. Щуров, В. И. Современное распространение новых видов-инвайдеров (Insecta: Homoptera, Heteroptera, Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera) в древесно-кустарниковых экосистемах Северо-Западного Кавказа / В. И. Щуров, А. С. Бондаренко, Е. Н. Вибе // VII Чтения памяти О.А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений России. Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 25–27 ноября 2013 г. / под ред. А.В. Селиховкина и Д.Л. Мусолина. – СПб.: СПбГЛТУ, 2013. – С. 105–107.

114. Щуров, В. И. Новые и малоизвестные чешуекрылые (Lepidoptera) в фауне Северо-западного Кавказа / В. И. Щуров // Горные экосистемы и их компоненты: Материалы V Всероссийской конференции с международным участием, посвящённой 25-летию научной школы чл.-корр. РАН А.К. Темботова и 20-летию Института экологии горных территорий им. А.К. Темботова КБНЦ РАН. – Нальчик, 2014. – С. 134–135.

115. Щуров, В. И. Самшитовая огнёвка *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) на российском Кавказе – хроника трех лет инвазии / В. И. Щуров // VIII Чтения памяти О.А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений России: Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 18–20 ноября 2014 г. / под ред. Д.Л. Мусолина и А.В. Селиховкина. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014а. С. 99–100.

116. Щуров, В. И. Последствия ввоза чужеродных вредных организмов для аборигенных видов на примере самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) / В. И. Щуров, С. А. Литвинская // Ботанический вестник Северного Кавказа. – 2015. – № 1. – С. 134–144.

117. Щуров, В. И. Самшитовая огнёвка *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) – настоящая угроза биологическому разнообразию лесов Северо-Западного Кавказа / В. И. Щуров, Е. В. Кучмистая, Е. Н. Вибе, А. С. Бондаренко, М. М. Скворцов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – Вып 2 (53). – С. 178–190.

118. Щуров, В. И. Чужеродные насекомые – вредители леса, выявленные на северо-западном Кавказе в 2010–2016 годах, и последствия их неконтролируемого расселения / В. И. Щуров, А. С. Бондаренко, М. М. Скворцов, А. В. Щурова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2017. – Вып. 220. – С. 212–228.

119. Щуров, В. И. Динамика численности самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) и состояния лесных популяций самшита *Vixus colchica* Rojarkov, 1947 на Северо-Западном Кавказе в 2017–2018 гг. / В. И. Щуров, Е. Н. Вибе, А. В. Щурова, А. С. Бондаренко // Х чтения памяти О.А. Катаева: Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах. Т. 1. Насекомые и прочие беспозвоночные животные: Материалы международной конференции. Санкт-Петербург, 22–25 октября 2018 г. / под ред. Д.Л. Мусолина и А.В. Селиховкина. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018. – С. 123–124.

120. Щуров, В. И. Оценка популяционных характеристик адвентивных насекомых-фитофагов (Insecta: Heteroptera, Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera) в лесах Северо-Западного Кавказа: практика 2010–2019 годов / В. И. Щуров, А. С. Замотайлов, М. М. Скворцов, А. В. Щурова, А. И. Белый // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – Вып. 4 (79). – С. 135–158.

121. Щуров, В. И. Влияние климата и рельефа на популяции чужеродных видов насекомых-фитофагов (Insecta: Lepidoptera, Heteroptera) в горах северо-западного Кавказа / В. И. Щуров, А. С. Замотайлов, А. В. Щурова // Биологическое разнообразия Кавказа и юга России: Материалы

XXII Международной научной конференции, Грозный 04–06 ноября 2020 г. – Махачкала: Алеф, 2020. –С. 398–408.

122. Agius, J. Pest species *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) new to the Maltese Islands (Lepidoptera: Crambidae) / J. Agius // SHILAP Revista de Lepidopterología. – 2018. – Vol. 46, No 184. – P. 577–579.

123. Angilletta, M. J. Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis / Michael J. Angilletta Jr. – New York: Oxford University Press, Inc., 2009. – 304 p. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780198570875.001.1

124. Bella, S. The box tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) continues to spread in southern Europe: new records for Italy (Lepidoptera Pyraloidea Crambidae) / Salvatore Bella // Redia. – 2013. – Vol. 96. – P. 51–55.

125. Beshkov, S. *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae: Spilomelinae). New invasive pest moth in Bulgaria / S. Beshkov, S. Abadjiev, D. Dimitrov // Entomologist's Record and Journal of Variation. – 2015. – Vol. 127. – P. 18–22.

126. Billen, W. *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera: Pyralidae) – a new moth for Europe / W. Billen // Mitteilungen der Entomologischen Gesellschaft Basel. – 2007. – Bd. 57, Nr. 2/4. – S. 135–137.

127. Bradshaw, C. J. A. Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects / C. J. A. Bradshaw, B. Leroy, C. Bellard, D. Roiz, C. Albert, A. Fournier, M. Barbet-Massin, J. - M. Salles, F. Simard, F. Courchamp // Nature Communications. – 2016. – Vol. 7, Article number: 12986 (8 p.). DOI: 10.1038/ncomms12986

128. Blaik, T. *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) – inwazyjny gatunek motyla w faunie Polski (Lepidoptera: Crambidae) / Tomasz Blaik, Grzegorz Hebda, Janusz Masłowski // Przyroda Sudetów. – 2016. – Vol. 19. – P. 121–124.

129. Blümel, K. Shortcomings of classical phenological forcing models and a way to overcome them / Klaus Blümel, Frank-M. Chmielewski // Agricultural and Forest Meteorology. – 2012. – Vol. 164. – P. 10–19. DOI: 10.1016/j.agrformet.2012.05.001

130. Brua, C. La pyrale du buis, *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), espèce exotique envahissante, caractéristiques de sa dynamique d'expansion en France et en Europe, des dégâts occasionnés sur les buis (*Buxus* spp) et des stratégies de lutte / C. Brua // AFPP – 3^e conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres zones non agricoles. Toulouse – 15, 16 et 17 octobre 2013 – ENSAT Toulouse, 2013. – Toulouse, 2013. – P. 365 – 377.

131. Brua, C. La pyrale du buis. Le point sur cette espèce envahissante / Christophe Brua / Phytoma: la santé des végétaux. – 2014. – No 675. – P. 16–22.

132. Bury, J. First records of the invasive box tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) in south-eastern Poland / J. Bury, T. Olbrycht, P. Babula, P. Czudec // Fragmenta faunistica. – 2017. – Vol. 60, No 2. – P. 101–106. DOI: 10.3161/00159301FF2017.60.2.101

133. Canelles, Q. Predicting the potential distribution and forest impact of the invasive species *Cydalima perspectalis* in Europe / Q. Canelles, E. Bassols, J. Vayreda, L. Brotons // Ecology and Evolution. – 2021. – Vol. 11, Issue 10. – P. 5713–5727. DOI:10.1002/ece3.7476

134. Casteels, H. First report of *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in Belgium / H. Casteels, J. Witters, S. Vandierendoncks, L. Van Remoortere // 63rd International Symposium on Crop Protection. May 24, 2011. Gent, Belgium. – 2011. – Poster presentation.

135. Chen, H. L. Bionomics of the box tree pyralis, *Diaphania perspectalis* (Walker) / H. L. Chen, Z. G. Zhou, J. M. Zhou, H. M. Chen // Jiangxi Plant Protection. – 2005. – Vol. 28. – P. 1–4 (in Chinese).

136. Chen, X. Delayed response of spring phenology to global warming in subtropics and tropics / Xiaoqiu Chen, Lingxiao Wang, David Inouye // Agricultural and Forest Meteorology. – 2017. – Vol. 234–235. – P. 222–235. DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.01.002

137. Cheng, S. P. Studies on the box tree caterpillar, *Diaphania perspectalis* (Walker) / S. P. Cheng // Anhui Agricultural Science Bulletin. – 2005. – Vol. 11. – P. 107–108 (in Chinese).

138. Choo, H. Y. Laboratory evaluation of entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* and *Heterorhabditis bacteriophora* against some forest insect pests / H. Y. Choo, H. K. Kaya, S. M. Lee, T. O. Kim, J. B. Kim // Korean Journal of Applied Entomology. – 1991. – Vol. 30, Issue 4. – P. 227 – 232 (in Korean).
139. Chuine, I. Plant development models / Isabelle Chuine, Koen Kramer, Heikki Hänninen // Phenology: an integrative environmental science. – 1st edition / eds. M.D. Schwartz. – Milwaukee: Kluwer Press, 2003. – P. 217–235. DOI: 10.1007/978-94-007-0632-3_14
140. Chuine, I. Process-based models of phenology for plants and animals / Isabelle Chuine, Jacques Régnière // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. – 2017. – Vol. 48. – P. 159–182. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-110316-022706
141. Delatte, H. Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity, and gonotrophic cycles of *Aedes albopictus*, vector of chikungunya and dengue in the Indian Ocean / H. Delatte, G. Gimonneau, A. Triboire, D. Fontenille // Journal of Medical Entomology. – 2009. – Vol. 46, Issue 1. – P. 33–41. DOI: 10.1603/033.046.0105
142. Delmas, S. Observation de *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) dans l'Hérault et mise au point de sa répartition en France (Lep. Crambidae) / Sylvian Delmas // Oreina. – 2013. – No 22. – P. 44.
143. Fang, L. J. Preliminary study on biological characteristics and control of *Diaphania perspectalis* (Walker) / L. J. Fang, Y. W. Hui // Shanxi Agricultural Sciences. – 1998. – Vol. 1. – P. 29–32 (in Chinese).
144. Feldtrauer, J. F. Premiers signalements en France de la Pyrale du Buis *Diaphania perspectalis* (Walker, 1859), espèce exotique envahissante s'attaquant aux Buis (Lepidoptera, Crambidae) / Jean-François Feldtrauer, Jean-Jacques Feldtrauer, Christophe Brua // Bulletin de la Société Entomologique de Mulhouse. – 2009. – T. 65, No 4. – P. 55–58.

145. Fora C. G. Chemical possibilities of *Cydalima perspectalis* Walk. (Lepidoptera: Crambidae) control / C. G. Fora, L. Sasu, D. Pošta, C. Berar // Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology. – 2016. – Vol. 20, Issue 3. – P. 31–34
146. Göttig, S. The box tree pyralid *Cydalima perspectalis*: New results of the use of biological control agents and pheromone traps in the field / S. Göttig, A. Herz // Journal of Plant Diseases and Protection. – 2014. – Vol. 121, Issue 2. – P. 98–99.
147. Governatori, G. La piralide del bosso (*Cydalima perspectalis*) in Friuli Venezia Giulia / G. Governatori // Notiziario ERSA. – 2013. – № 1. – P. 35–37.
148. Griffo, R. Organismi nocivi introdotti in Italia nell'ultimo trienni / R. Griffo, C. Cesaroni, M. Desantis // L'Informatore Agrario. – 2012. – Vol. 68, No 25. – P. 61–63.
149. Haddad, K. On track to becoming a cosmopolitan invasive species: First record of the box tree moth *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in the African continent / Karim Haddad, Konstantinos Kalaentzis, Jakovos Demetriou // Entomologia hellenica. – 2020. – Vol. 29. – P. 27–32. DOI: 10.1268/eh.23483
150. Hampson, G. F. The Fauna of British India, including Ceylon and Burma. Moths / G. F. Hampson / Edited by W. T. Blanford. – London: Taylor & Francis, 1896. – Vol. 4. – Pp. xxviii + 594. 8vo.
151. Hizal, E. The New Pest *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae), in Turkey / E. Hizal, M. Kose, C. Yesil, D. Kaynar // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2012. – Vol. 11, Issue 3. – P. 400–403. DOI: 10.3923/java.2012.400.403
152. Hizal, E. Two invasive alien insect species, *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae) and *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae), and their distribution and host plants in Istanbul province, Turkey / Erdem Hizal // Florida Entomologist. – 2012. – Vol. 95, No 2. – P. 344–349. DOI: 10.1653/024.095.0216
153. Hobern, D. *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859). [Электронный ресурс] – 2013. – Режим доступа <http://www.flickr.com/photos/dhobern/9418970083/>.
154. Hrnčić, S. *Cydalima perspectalis* Walker (Lepidoptera: Crambidae) – nova invazivna štetočina šimšira u Crnoj Gori / S. Hrnčić, S. Radonjić // 11 Simpozij o

zaštiti bilja u Bosni i Hercegovini, Teslić, 04–06.11.2014. godine: Zbornik rezimea. – 2014. – S. 24–25.

155. Hu, X. P. Observation on the biological characteristics of the box tree moth, *Diaphania perspectalis* (Walker) / X. P. Hu, S. Z. Li, L. Q. Qiao // Forestry Pests Diseases. –1993. – No 3. – P. 22–23 (in Chinese).

156. Huang, J. D. Biological characteristics and control of *Diaphania perspectalis* (Walker) / J. D. Huang, T. S. Li // Guangxi Plant Protection. – 2001. – No 14. – P. 10–11 (in Chinese).

157. Iamandei, M. *Diaphania perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) a new pest of *Buxus* spp. in Romania / M. Iamandei // Lucrări Științifice – Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară București. Serie B, Horticultură. – 2010. – No. 54. – P. 787–797.

158. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / eds. S. Solomon [et al.]. – Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 996 p.

159. Jarošík, V. Invasive insects differ from non-invasive in their thermal requirements / V. Jarošík, M. Kenis, A. Honěk, J. Skuhrovec, P. Pyšek // PLoS ONE. – 2015. – Vol. 10(6): e0131072. DOI: 10.1371/journal.pone.0131072

160. John, R. The Box-tree pyralid (*Cydalima perspectalis*) in the Box-tree forest of Grenzach-Whylen / Reinhold John, Jörg Schumacher // Gesunde Pflanzen. – 2013. – Vol. 65, Issue 1. – P. 1–6 (in German). DOI: 10.1007/s10343-013-0292-7

161. Käppeli, F. Der Buchsbaumzünsler – Im Eiltempo durch Basler Gärten / F. Käppeli // Gärtner-Fachzeitschrift (Zürich). – 2008. – No 20. – P. 33.

162. Karpun, N. N. The first report about *Cydalima perspectalis* Walker on Black Sea coast of Russia / N. N. Karpun, Ye. A. Ignatova // Zprávy vědecké ideje – 2013: materialy IX mezinárodní vědecko-praktická konference, 27.10 – 05.11.2013. – Praha: Publishing House “Education and Science” s.r.o., 2013. – Vol. 19. – P. 29–32.

163. Kawazu, K. Identification of sex pheromone components of the box tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* / K. Kawazu, H. Honda, S. Nakamura, T. Adati //

Journal of Chemical Ecology. – 2007. – Vol. 33, Issue 10. – P. 1978–1985. DOI: 10.1007/s10886-007-9356-4

164. Kenis, M. The box tree moth, *Cydalima perspectalis*, in Europe: horticultural pest or environmental disaster? / M. Kenis, S. Nacambo, F.L.G. Leuthardt, F. Domenico, T. Haye // Aliens: The Invasive Species Bulletin. – 2013. – No 33. – P. 38–41.

165. Kim, J. Female sex pheromone components of the box tree pyralid, *Glyphodes perspectalis*, in Korea: Field test and development of film-type lure / Junheon Kim, Il-Kwon Park // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2013. – Vol.16, Issue 4. – P. 473–477. DOI: 10.1016/j.aspen.2013.08.002

166. Kirichenko, N. Invasive leafminers on woody plants: a global review of pathways, impact and management / Natalia Kirichenko, Sylvie Augustin Marc Kenis // Journal of Pest Science. – 2019. – Vol. 92, No. 1. – P. 93–106. DOI: 10.1007/s10340-018-1009-6

167. Konjević, A. Nalazi šimširovog moljca *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) u Vojvodini / A. Konjević, M. Marković, T. Kereši // Biljni Lekar (Plant Doctor). – 2015. – Vol. 43, br. 4. – S. 387–395.

168. Koren, T. The first record of the box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) in Croatia / Toni Koren, Mitja Črne // Natura Croatica: Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici. – 2012. – Vol. 21, No. 2. – S. 507–510.

169. Korycinska, A. Box tree caterpillar, *Cydalima perspectalis* [Электронный ресурс] / A. Korycinska, D. Eyre // FERA Plant Pest and Disease Factsheets. The Food and Environment Research Agency, U.K. – 2011. – Режим доступа: <http://www.fera.gov.uk/plants/publications/documents/factsheets/boxTreeCaterpillar2011/>.

170. Korycinska, A. Box tree caterpillar, *Diaphania perspectalis* [Электронный ресурс] / A. Korycinska, D. Eyre // FERA Plant Pest and Disease Factsheets. The Food and Environment Research Agency, U.K. – 2009. – Режим доступа: [http://www.](http://www.fera.gov.uk/plants/publications/documents/factsheets/boxTreeCaterpillar2011/)

fera.defra.gov.uk/plants/plantHealth/pestsDiseases/documents/boxTree-Caterpillar.pdf/.

171. Kroschel, J. Predicting climate-change-caused changes in global temperature on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) distribution and abundance using phenology modeling and GIS mapping / J. Kroschel, M. Sporleder, H.E.Z. Tonnang, H. Juarez, P. Carhuapoma, J.C. Gonzales, R. Simon // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2013. – Vol. 170. – P. 228–241. DOI: 10.1016/j.agrformet.2012.06.017

172. Krüger, E. O. *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) – neu für die Fauna Europas (Lepidoptera: Crambidae) / E.O. Krüger // *Entomologische Zeitschrift mit Insekten-Börse*. – 2008. – Vol. 118, No. 2. – P. 81–83.

173. Krüssmann, G. *Cultivated Broad-Leaved Trees & Shrubs* / Gerd Krüssmann. – Oregon: Timber-Press, 1985. – Vol. 1. – P. 249–252.

174. Kuzmits, L. *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) – bisher bekannte Vorkommen in Österreich und Zuchtergebnisse (Lepidoptera, Pyralidae) / Leo Kuzmits // *Joanea Zoologie*. – 2013. – Nr. 12. – P. 99–103.

175. Lee, S.M. Biology and pathogenicity of entomopathogenic nematodes, *Steinernema* spp., isolated from forest soil in Southern Korea / S.M. Lee, D.W. Lee, H.Y. Choo // *FRI Journal of Forest Science (Korea Republic)*. – 1996. – Vol. 53. – P. 117–123 (in Korean).

176. Lee, S.M. Pathogenicities of *Beauveria bassiana* GY1-17 against some agro-forest insect pests / S.M. Lee, D.W. Lee, H.Y. Choo, J.W. Park // *Korean Journal of Applied Entomology*. – 1997. – Vol. 36, Issue 4. – P. 351–356 (in Korean).

177. Leraut, P. *Moths of Europe. Zygaenids, Pyralids 1* / Patrice Leraut. – NAP Editions, 2012. – Vol. 3. – 600 p.

178. Leuthardt, F.L.G. Composition of alkaloids in different box tree varieties and their uptake by the box tree moth *Cydalima perspectalis* / Florine L.G. Leuthardt, Gaetan Glauser, Bruno Baur // *Chemoecology*. – 2013. – Vol. 23, Issue 4. – P. 203–212. DOI: 10.1007/s00049-013-0134-1

179. Leuthardt, F.L.G. Oviposition preference and larval development of the invasive moth *Cydalima perspectalis* on five European box-tree varieties / F.L.G. Leuthardt, B. Baur // *Journal of Applied Entomology*. – 2013. – Vol. 137, Issue 6. – P. 437–444. DOI: 10.1111/jen.12013
180. Leuthardt, L.G.F. Ausbreitung des Buchsbaumzünslers *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera, Pyralidae) in der Region Baseleine für die Schweiz neue Schädlingsart / Florine L.G. Leuthardt, Wolfgang Billen, Bruno Baur // *Entomo Helvetica*. – 2010. – Vol. 3. – P. 51–57.
181. Li, S.G. Biology and microbial control of box tree caterpillar, *Diaphania perspectalis* (Walker) / S.G. Li, H.F. Lin, C.D. Yin, S.R. Chen, L. Zhang, P.L. Wang, T.Z. Xu // *Forest Insurance*. – 2004. – Vol. 6. – P. 584– 587 (in Chinese).
182. Liebhold, A.M. Plant diversity drives global patterns of insect invasions / A.M. Liebhold, T. Yamanaka, A. Roques, S. Augustin, S.L. Chown, E.G. Brockerhoff, P. Pyšek // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8, Article number: 12095 (5 p.). DOI: 10.1038/s41598-018-30605-4
183. Liu, H. Testing the enemy release hypothesis: a review and meta-analysis / Hong Liu, Peter Stiling // *Biological Invasions*. – 2006. – Vol. 8. – P. 1535–1545.
184. Ma, H.B. Test of avermectins and Shi Da on control of *Macrosiphum rosirvorum* (Zhang) and *Diaphania perspectalis* (Walker) / H.B. Ma [et al.] // *Shandong Forestry Science and Technology*. – 2006. – Vol. 2. – P. 50–51 (in Chinese)
185. Mally, R. Phylogeny and nomenclature of the box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) comb. n., which was recently introduced into Europe (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae: Spilomelinae) / Richard Mally, Matthias Nuss // *European Journal of Entomology*. – 2010. – Vol. 107, Issue 3. – P. 393–400. DOI: 10.14411/eje.2010.048
186. Martin, J.-C. Regular la pyrale du buis *Cydalima perspectalis*: Limites d'utilisation de la pheromone sexuelle de synthese et premiere approche non scientifique de lapredation par les mesanges (*Parus spp.*) / J.-C. Martin, M. Buradino, A.-S. Brinquin, M. Correard, J. Thevenet, D. Vauthier, E. Morel, A. Gilli, M. Venard,

E. Tabone // Scientific Symposium on Boxwood Pests, 16–17 October, Tours, France. – 2018.

187. Martinez, M. The hosts of *Pseudoperichaeta nigrolineata* and *P. palesoidea* (Dipt.: Tachinidae) / M. Martinez, C. Reymonet // Entomophaga. – 1991. – Vol. 36, Issue 2. – P. 227–233. DOI: 10.1007/BF02374558

188. Martini, A. Acceptance and suitability of the box tree moth *Cydalima perspectalis* as host for the tachinid parasitoid *Exorista larvarum* / Antonio Martini, Cinzia Di Vitantonio, Maria Luisa Dindo // Bulletin of Insectology. – 2019. – Vol. 72, Issue 1. – P. 150–160.

189. Maruyama, T. Difference in injury levels caused by the box-tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) on various box-trees / T. Maruyama // Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology. – 1992. – Vol. 36, Issue 1. – P. 56–58 (in Japanese with English abstract). DOI: 10.1303/jjaez.36.56

190. Maruyama, T. Studies on the life cycle of the box-tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) I. Seasonal adult emergence and developmental velocity / T. Maruyama, N. Shinkaji // Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology. – 1987. – Vol. 31, No 3. – P. 226–232 (in Japanese with English abstract). DOI: 10.1303/jjaez.31.226

191. Maruyama, T. The Life Cycle of the Box-Tree Pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). II. Developmental Characteristics of Larvae / Takeshi Maruyama, Norizumi Shinkaji // Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology. – 1987. – Vol. 35, Issue 3. – P. 221–230 (in Japanese with English abstract). DOI: 10.1303/jjaez.35.221

192. Maruyama, T. The life cycle of the box-tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) IV. Effect of various host plants on larval growth and food utilization / T. Maruyama // Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology. – 1993. – Vol. 37, Issue 3. – P. 117–122 (in Japanese with English abstract). DOI: 10.1303/jjaez.38.117

193. Maruyama, T. The life cycle of the box-tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). III. Photoperiodic induction of larval

diapauses / Takeshi Maruyama, Norizumi Shinkaji // Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology. – 1993. – Vol. 37, Issue 2. – P. 45–51 (in Japanese with English abstract). DOI: 10.1303/jjaez.37.45

194. Matošević, D. Box tree moth (*Cydalima perspectalis*), new invasive insect pest in Croatia [Электронный ресурс] / D. Matošević // Proceedings Natural Resources Green Technology and Sustainable Development; 26-24 November 2014. – Zagreb, Croatia, 2014. – P. 185–187. – Режим доступа: <https://www.cabi.org/>.

195. Matošević, D. Box Tree Moth (*Cydalima perspectalis*, Lepidoptera; Crambidae), new invasive insect pest in Croatia / Dinka Matošević // South-East European Forestry. – 2013. – Vol. 4, No 2. – P. 89–94. DOI: 10.15177/see-for.13-09

196. Matsiakh, I. Assessment of Forest Pests and Diseases in Protected Areas of Georgia. Final Report [Электронный ресурс] / Iryna Matsiakh. – Tbilisi, 2014. – 110 p. – Режим доступа: <https://www.enpi-fleg.org/>.

197. Migliavacca, M. On the uncertainty of phenological responses to climate change, and implications for a terrestrial biosphere model / M. Migliavacca, O. Sonnentag, T.F. Keenan, A. Cescatti, J. O'Keefe, A.D. Richardson // Biogeosciences. – 2012. – Vol. 9, Issue 6. – P. 2063–2083. DOI: 10.5194/bg-9-2063-2012

198. Mitchell, A. Box tree moth *Diaphania perspectalis* (Walk.) – a new pyralid moth to Britain and Ireland / A. Mitchell // Atropos. – 2008. – Issue 36. – P. 17–18.

199. Muus, T.S.T. De buxusmot *Palpita perspectalis* (Walker) in Nederland (Lepidoptera: Crambidae) / T.S.T. Muus, E.-J. van Haften, L.J. van Deventer // Entomologische Berichten (Amsterdam). – 2009. – B. 69, aantal 2. – P. 66–67.

200. Nacambo, S. Development characteristics of the box-tree moth *Cydalima perspectalis* and its potential distribution in Europe / S. Nacambo, F. L. G. Leuthardt, H. Wan, H. Li, T. Haye, B. Baur, R. M. Weiss, M. Kenis // Journal Applied Entomology. – 2014. – Vol. 138, Issue 1–2. – P. 14–26. DOI: 10.1111/jen.12078

201. Nacambo, S. Parasitisme, développement, modèle climatique et impact de *Cydalima perspectalis* en Europe: MSc thesis / S. Nacambo. – University of Neuchâtel, Switzerland, 2012.

202. Niu, G.P. Biological characteristics and control technology of box tree moth, *Diaphania perspectabilis* (Walker) / G.P. Niu, D.E. Kong, M.Z. Zhang, J.G. Yang, W.H. Shan // Journal of Hebei Forestry Science and Technology. – 2008. – Vol. 5 – P. 86–87 (in Chinese).

203. Olsson, C. Trends and uncertainties in budburst projections of Norway spruce in Northern Europe / C. Olsson, S. Olin, J. Lindström, A. M. Jönsson // Ecology and Evolution. – 2017. – Vol. 7, Issue 23. – P. 9954–9969. DOI: 10.1002/ece3.3476

204. Oltean, I. *Cydalima Perspectalis* Walker (Lepidoptera, Crambidae) a New Dangerous Pest Report on *Buxus Sempervirens* in Cluj Area / I. Oltean, I. Hulujan, I. Hulujan, M. Varga, Ș. Tötös, T. Florian // Bulletin UASVM Cluj-Napoca. Series Agriculture. – 2017. – Vol. 74, No. 1. – P. 26–36. DOI: 10.15835/buasvmcn-agr:12655

205. Ostojić, I. Novi nalazi šimširova moljca *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) u Bosni i Hercegovini (New records of box tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) in Bosnia and Herzegovina) / I. Ostojić, M. Zovko, D. Petrović, D. Elez // Radovi Poljoprivrednog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu (Works of the Faculty of Agriculture University of Sarajevo). – 2015. – God. (Vol.) 60, Broj (No.) 65/1. – S. (P.) 139–143.

206. Papp, J. Braconidae (Hymenoptera) from Korea, XXI. species of fifteen subfamilies / J. Papp // Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae. – 2003. – Vol. 49, Issue 2. – P. 115–152.

207. Park, I.K. Ecological Characteristic of *Glyphodes perspectalis* / Il-Kwon Park // Korean Journal of Applied Entomology. – 2008. – Vol. 47. – Issue 3. – P. 299–301. DOI: 10.5656/KSAE.2008.47.3.299

208. Pastorális, G. Štrnásť nových druhov motýľov (Lepidoptera) pre faunu Slovenska (Fourteen Lepidoptera species new to the fauna of Slovakia) / G. Pastorális, G. Elsner, F. Kopeček, F. Kosorín, A. Laštůvka, A. Lendel, J. Liška, J. Němý, I. Richter, R. Štefanovič, J. Šumpich, Z. Tokár // Folia Faunistica Slovaca. – 2013. – Zv. 18, Č. 1. – S. 1–12.

209. Pérez-Otero, R. *Cydalima perspectalis* Walker, 1859 (Lepidoptera, Crambidae): una nueva amenaza para *Buxus* spp. en la Península Ibérica (*Cydalima*

perspectalis Walker, 1859 (Lepidoptera, Crambidae): a new threat for *Buxus* spp. in the Iberian Peninsula) / R. Pérez-Otero, J.P. Mansilla, M. Vidal // Archivos Entomológicos. – 2014. – Vol. 10. – P. 225–228 (In Spanish with English abstract).

210. Perny, B. Massenaufreten des Buchsbaumzünslers *Diaphania perspectabilis* im Osten Österreichs (Mass outbreak of box tree pyralid *Diaphania perspectabilis* in the East of Austria) / B. Perny // Forstschutz aktuell. – 2010. – Nr. 50. – S. 17–19 (in German with English summary).

211. Pino Pérez, J.J. Segunda cita de *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) para Galicia (NO España) / Juan José Pino Pérez, Rubén Pino Pérez // Boletín BIGA. – 2014. – N° 14. – P. 47–50.

212. Poitou, L. Diapause Regulation in Newly Invaded Environments: Termination Timing Allows Matching Novel Climatic Constraints in the Box Tree Moth, *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) / L. Poitou, A. Bras, P. Pineau, P. Lorme, A. Roques, J. Rousselet, M.-A. Auger-Rozenberg, M. Laparie // Insects. – 2020. – Vol. 11, Issue 9. – P. 629 (15 p.). DOI: 10.3390/insects11090629

213. Plant, C. The box-tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) in Britain: an overview of its spread and current status / C. Plant, C. Poole, A. Salisbury, S. Bird // The Entomologist's Record and Journal of Variation. – 2019. – Vol. 131. – P. 122–147.

214. Proklov, V.V. New and interesting Lepidoptera records from Chechen Republic (Russia) (Новые и интересные находки чешуекрылых (Lepidoptera) в Чеченской Республике (Россия) / V.V. Proklov, S.Z. Karayeva (В.В. Проклов, С.З. Караева) // Кавказский энтомологический бюллетень (Caucasian entomological bulletin). – 2013. – Т. 9, вып. 2. – С. 281–282 (in English).

215. Pyralidae / H. Inoue [et al.] // Moths of Japan. – Tokyo, Japan: Kodansha, 1982. – Vol. 1. – 307–404, 223–254. (966 p.). – Vol. 2. – pls 36–48, 228, 296–314. (552 p.) (In Japanese).

216. Raineri, V. *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) and the threats for the Nature 2000 habitat 5110 in Liguria (NW-Italy) / V.

Raineri, F. Bonechi, D. Caracciolo, P. Cresta, M. Mariotti // *Bollettino dei Musei e Degli Istituti Biologici dell'Università di Genova*. – 2017. – Vol. 79. – P. 215–236.

217. Raspudić, E. The Box Tree Moth (*Cydalima perspectalis* Walker, 1859) new pest of boxwood on the area of Slavonija (Šimširov moljac (*Cydalima perspectalis*, Walker 1859) novi štetnik šimšira na području Slavonije) / E. Raspudić, M. Ivezić, M. Brmež, I. Majić, A. Sarajlić // 1. Hrvatski Simpozij O Invazivnim Vrstama s međunarodnim sudjelovanjem 24. Studeni 2014. Zagreb, Hrvatska – Zbornik Sažetaka / 1st Croatian Symposium on invasive species with International Participation 24th November 2014 Zagreb, Croatia – Book of Abstracts. Zagreb, Croatia, 24. XI 2014. – Zagreb, 2014. – S. 23–24. DOI: 10.13140/2.1.3863.2005

218. Rebaudo, F. Modeling temperature-dependent development rate and phenology in insects: review of major developments, challenges, and future directions / François Rebaudo, Victor-Badre Rabhi // *Entomologia Experimentalis et Applicata*. – 2018. – Vol. 166, Issue 8. – P. 607–617. DOI: 10.1111/eea.12693

219. Rodeland, J. Lepiforum: Bestimmung von Schmetterlingen (Lepidoptera) und ihren Präimaginalstadien (Lepiforum: identification of Lepidoptera and their early stages) [Электронный ресурс] / J. Rodeland (ed.). – 2009. – Режим доступа: <http://lepiforum.de/>.

220. Rose, J. On the susceptibility of the box tree moth *Cydalima perspectalis* to *Anagrapha falcifera* nucleopolyhedrovirus (AnfaNPV) / J. Rose, R.G. Kleespies, Y. Wang, J.T. Wennmann, J.A. Jehle // *Journal of Invertebrate Pathology*. – 2013. – Vol. 113, Issue 3. – P. 191–197. DOI: 10.1016/j.jip.2013.03.009

221. Sáfián, S. Box Tree Moth – *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), new member in the Lepidoptera fauna of Hungary (Lepidoptera: Crambidae) / Szabolcs Sáfián, Bálint Horváth // *Natura Somogyiensis. Válogatott tanulmányok VI. Miscellanea VI.* – Kaposvár, 2011. – No 19. – Ol. 245–246. DOI: 10.24394/NatSom.2011.19.245

222. Sage, W. Der Buchsbaumzünsler *Cydalima perspectalis* (WALKER, 1859) nun auch in Südostbayern / Walter Sage, Gerhard Karl // *Mitteilungen der Zoologischen Gesellschaft Braunau*. – 2010. – Bd. 10, Nr. 1. – S. 79–85.

223. Salisbury, A. The first occurrence of larvae of the box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in private gardens in the UK / A. Salisbury, A. Korycinska, A.J. Halstead // *British Journal Entomology & Natural History*. – 2012. – Vol. 25. – P. 1–5.
224. Santi, F. Piralide del bosso: attenzione all' insetto esotico / Fabrizio Santi, Paolo Radeghieri, Stefano Maini // *Avversità delle piante*. – Novembre 2013. – P. 76–77.
225. Saulich, A. Kh. Seasonal cycles of Pentatomoidea / Aida Kh. Saulich, Dmitry L. Musolin // *Invasive stink bugs and related species (Pentatomoidea): Biology, higher systematics, semiochemistry, and management* / ed. J.E. McPherson. – Boca Raton, London, New York: CRC Press. Taylor & Francis Group, 2017. – P. 565–607. DOI: 10.1201/9781315371221-12
226. Schmitt, R. Nouvelles observations de *Diaphana perspectalis* (Walker, 1849) (Lep. Crambidae) / Régis Schmitt, David Demergès // *Oreina*. – 2012. – N° 19. – P. 5.
227. Seljak, G. Six new alien phytophagous insect species recorded in Slovenia in 2011 / Gabrijel Seljak // *Acta Entomologica Slovenica*. – 2012. – Vol. 20, št. 1. – S. 31–44.
228. Santi, F. Sex pheromone traps for detection of the invasive box tree moth in Italy / F. Santi, P. Radeghieri, G.I. Sigurtà, S. Maini // *Bulletin of Insectology*. – 2015. – Vol. 68, No 1. – P. 158–160.
229. **Sharmagiy, A.K.** Dynamics of phytophage invasions and peculiarities of their phenology in the parks of the South coast of the Crimea / A.K. Sharmagiy, E.B. Balykina, N.N. Trikoz, D.A. Korzh, E.V. Yatskova // *International scientific and practical conference on fundamental and applied research in biology and agriculture: current issues, achievements and innovations, FARBA 2021 E3S Web of Conferences 254, 06005 (2021) Orel, 24–25 february 2021*. DOI: 10.1051/e3sconf/202125406005
230. She, D.S. Bionomics and Control of *Diaphania perspectalis* (Walker) / De Song She, Fu Juan Feng // *Journal of Zhejiang Forestry Science Technology*. – 2006. – Vol. 26, Issue 6. – P. 47–51 (in Chinese).

231. Shi, H.Z. Occurrence regularity and control techniques of *Diaphania perspectalis* (Walker) / H.Z. Shi, K.F. Hu // Hubei Agricultural Sciences. – 2007. – Vol. 46. – P. 76–78 (in Chinese with English abstract).
232. Shima, H. New host records of Japanese Tachinidae (Diptera: Calyptrata) / H. Shima // Sieboldia. – 1973. – Vol. 4, No 3. – P. 153–160.
233. Sigg, C.-R. Auch das noch: Ein neuer Buchs-Schädling schlägt zu. Massive Schäden durch den Buchsbaumzünsler / Claudia-Regina Sigg // Der Gartenbau (Solothurn). – 2009. – Nr. 4. – S. 2–4.
234. Slamka, F. Pyraloidea (Lepidoptera) of Central Europe / Mitteleuropas: Identification – Distribution – Habitat – Biology / František Slamka. – Bratislava, 2010. – 176 pp.
235. Stojanović, D.V. Appearance of the box tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) in Vojvodina / D.V. Stojanović, A. Konjević, M. Marković, T. Kereši // Biljni Lekar (Plant Doctor). – 2015. – Vol. 43, br. 4. – S. 387–395
236. Strachinis, I. First record of *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) in Greece / I. Strachinis, C. Kazilas, F. Karamaouna, N.E. Papanikolaou, G.K. Partsinevelos, P.G. Milonas // Hellenic Plant Protection Journal. – 2015. – Vol. 8, Issue 2. – P. 66–72. DOI: 10.1515/hppj-2015-0010
237. Straten van der, M.J. The box-tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae), an invasive alien moth ruining box-trees / Marja J. van der Straten, Tymo S.T. Muus // Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting. – 2010. – Vol. 21. – P. 107–111.
238. Šumpich, J. Motýli Národních parků Podyjí a Thayatal / Die Schmetterlinge der Nationalparke Podyjí und Thayatal / Jan Šumpich. – Znojmo, 2011. – 430 p. (in Czech and German, with English abstract).
239. Sun, A.Q. Occurrence regularity and control technology of *Diaphania perspectalis* (Walker) in Langfang City / A.Q. Sun, X.M. Zhou, Q.H. Gao // Northern Horticulture. – 2009. – No 9. – P. 136–137 (in Chinese).

240. Suppo, C. A temperature- and photoperiod-driven model reveals complex temporal population dynamics of the invasive box tree moth in Europe / Christelle Suppo, Audrey Bras, Christelle Robinet // *Ecological Modelling*. – 2020. – Vol. 432, Article 109229. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2020.109229
241. Sweeney, J. Impact of the invasive beech leaf-mining weevil, *Orchestes fagi*, on American beech in Nova Scotia, Canada / J. Sweeney, C. Hughes, H. Zhang, N. K. Hillier, A. Morrison, R. Johns // *Frontiers in Forests and Global Change*. – 2020. – Vol. 3, article 46 (11 p.). DOI: 10.3389/ffgc.2020.00046
242. Szabóky, Cs. New data to the Microlepidoptera fauna of Hungary, part XIV (Lepidoptera: Tineidae, Gracillariidae, Gelechiidae, Crambidae) / Cs. Szabóky // *Folia Entomologica Hungarica / Rovartani Közlemények*. – 2012. – Vol. 73. – P. 45–51.
243. Székely, L. *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), a new species for the Romanian fauna (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae) / Levente Székely, Vlad Dincă, Cristian Mihai // *Buletin de informare Entomologica*. – 2011. – Vol. 22, Issue 3–4. – P. 73–78.
244. Szelényi, M.O. Essential Oil Headspace Volatiles Prevent Invasive Box Tree Moth (*Cydalima perspectalis*) Oviposition – Insights from Electrophysiology and Behaviour / M.O. Szelényi, A.L. Erdei, J.K. Jósvai, D. Radványi, B. Sümegi, G. Véték, B.P. Molnár, Z. Kárpáti // *Insects*. – 2020. – Vol. 11, Issue 8. – P. 465 (16 p.). DOI: 10.3390/insects11080465
245. Tang, M.Y. Determination of biological characteristics, starting point of development and effective accumulated temperature of box tree caterpillar and their implications for control // M.Y. Tang // *Entomological Knowledge*. – 1993. – Vol. 30. – P. 350–353 (in Chinese).
246. Tang, S.J. Studies on bionomics of *Diaphania perspectalis* / S.J. Tang, H.Z. Qin, W. Sun // *Journal of Shanghai Agricultural College*. – 1990. – Vol. 8, No. 4. – P. 307–312 (in Chinese, with English abstract).
247. Tantardini, A. Una nuova introduzione, Piralide del bosso / A. Tantardini, B. Cavagna, M. Maspero // *Acer. Milano*. – 2012. – Nr. 4. – P. 56–57.

248. Todeschini, Valeria. La piralide del bosso / Valeria Todeschini // *Intersezioni – Entomologia*. – 2014. – Vol. 54. – P. 1–2. (in Italian).
249. Uezumi, Y. Lepidoptera harmed the trees and the pest control / Y. Uezumi // *Plant Prot.* – 1975. – Vol. 29. – P. 349–354 (in Japanese).
250. Wan, H. Biology and natural enemies of *Cydalima perspectalis* in Asia: is there biological control potential in Europe / H. Wan, T. Haye, M. Kenis, S. Nacambo, H. Xu, F. Zhang & H. Li // *Journal of Applied Entomology*. – 2014. – Vol. 138, Issue 10. – P. 715–722. DOI: 10.1111/jen.12132
251. Wang, Y.-M. The biological character and control of a new pest (*Diaphania perspectalis*) on *Murraya paniculata* / Y.-M. Wang // *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*. – 2008. – Vol. 35. – P. 161–164 (in Chinese).
252. Winston, W.L. *Practical Management Science*. – 6th Edition / Wayne L. Winston, S. Christian Albright. – Cengage Learning UK, 2019. – 843 p.
253. Xi, Y.M. Trial on control technique of *Diaphania perspectalis* (Walker) / Y.M. Xi [et al.] // *Journal Jiangsu Forestry Science and Technology*. – 2009. – Vol. 36. – P. 41–42 (in Chinese).
254. Xiao, H.J. Photoperiod and temperature response of diapause induction in *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) / H.J.Xiao, H.Q. Xin, X.F. Zhu, F.S. Xue // *Chin. Journal of Applied Entomology*. – 2011. – Vol. 48. – P. 116–120 (in Chinese).
255. Xu, H.L. Brief report on life history and control of *Diaphania perspectalis* (Walker) / H.L. Xu, Z.Y. Liang // *Jiangxi Plant Protection*. – 2001. – Vol. 24. – P. 17–19 (in Chinese).
256. Zemek, R. Low Efficacy of *Isaria fumosorosea* against Box Tree Moth *Cydalima perspectalis*: Are Host Plant Phytochemicals Involved in Herbivore Defence against Fungal Pathogens? / Rostislav Zemek, Jana Konopická, Zain Ul Abdin // *Journal of Fungi*. – 2020. – Vol. 6, Issue 4. – P. 342 (10 p.). DOI: 10.3390/jof6040342
257. Zhang, H.Y. A taxonomic study on genus *Chelonus* Penzer, 1806 (Hymenoptera: Braconidae: Cheloninae) from China: PhD thesis / Hong-Ying Zhang. – Zhejiang University, China, 2008. (in Chinese).

258. Zhang, L. Biological characteristics and control of box tree caterpillar, *Diaphania perspectalis* (Walker) / L. Zhang, Z.H. Li, X.H. Zhen, M. Chen // Shandong Agric. Sci. – 2007. – Vol. 2. – P. 77–79 (in Chinese).
259. Zhang, N.H. Effect of 3% Fenoxycarb AS ect. against *Diaphania perspectalis* (Walker) / N.H. Zhang, B. Qian, J.F. Zhang, Y.F. Xue // Mod. Agrochem. – 2005. – Vol. 4. – P. 42 (in Chinese).
260. Zhou, W. Studies on the Biological Characteristics and Control of *Diaphania perspectalis* Walker / W. Zhou, C.-Y. Xia, X.-Q. Sun, B. Zhu, Liu X.-P., Z.-C. Liu, Y.Wang // Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science). – 2005. – Issue 1. – P. 52–56 (in Chinese).
261. Zhu, M. A preliminary study on the box tree moth's larva / Mao Zhu // Journal of Southwest Forestry College. – 1990. – Issue 1. – P. 82–85 (in Chinese).
262. Zimmermann, O. Initial investigations on the ability of the indigenous larval parasitoid *Bracon brevicornis* to control the Box Tree Pyralid *Diaphania perspectalis* in Germany (Erste Versuche zur Wirkung des heimischen Larvalparasitoiden *Bracon brevicornis* gegen den Buchsbaumzünsler *Diaphania perspectalis* in Deutschland) / O. Zimmermann, B. Wührer // DGaaE Nachrichten. – 2010. – Vol. (Bd.) 24, Issue (Ht.) 1. – P. 25–26.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Сопоставление сумм эффективных температур воздуха (СЭТ) выше нижних температурных порогов, необходимых для развития одного поколения *Cydalima perspectalis* в парковых ценозах Крыма, среднее за 2018–2020 гг.

Стадия жизненного цикла	Поколение	*СЭТ > +8 °С		**СЭТ > +9,5 °С		СЭТ > +10°С		***СЭТ > +10,9, +8,4, +11,5 °С	
		НБС	Симф.	НБС	Симф.	НБС	Симф.	НБС	Симф.
Яйцо – Имаго	Среднее	719	639	652	571	630	549	684	605
	σ	151	82	140	74	136	72	137	68
	V, %	21	13	21	13	22	13	20	11
	G ₁	611	662	551	590	531	566	591	617
	σ	144	104	132	95	127	92	136	88
	V, %	23	16	24	16	24	16	23	14
	G ₂	827	615	754	553	729	532	777	593
	σ	40	42	35	38	34	36	41	35
	V, %	5	7	5	7	5	7	5	6

Примечание

1 расчет накопления сумм эффективных температур воздуха (СЭТ) выше порога для развития одного поколения: * – согласно Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017; ** – Щуров, Замотайлов, Щурова, 2020; *** Nacambo et al., 2014

2 G₁, G₂ – соответственно перезимовавшее, первое и второе поколение

3 σ – стандартное отклонение

4 V, % – коэффициент вариации

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Сопоставление сумм эффективных температур воздуха (СЭТ) выше нижних температурных порогов, необходимых для развития стадий жизненного цикла *Cydalima perspectalis* в парковых ценозах Крыма, среднее за 2018-2020 гг.

Стадия жизненного цикла	Поколение	*СЭТ > +8 °С		**СЭТ > +9,5 °С		СЭТ > +10°С		***СЭТ > +10,9, +8,4, +11,5 °С	
		НБС	Симф.	НБС	Симф.	НБС	Симф.	НБС	Симф.
Яйцо – Личинка	Среднее	103	74	93	65	89	62	83	57
	σ	25	30	25	28	25	28	24	27
	V, %	25	40	27	43	27	45	29	47
	G ₁	79	57	69	50	66	47	60	43
	σ	19	16	19	16	19	16	19	16
	V, %	24	28	27	32	29	34	32	37
	G ₂	113	100	103	89	99	85	93	79
	σ	21	28	19	25	18	25	17	23
	V, %	18	28	18	29	18	29	19	29
	G ₀ *	117	64	106	55	103	52	97	48
	σ	17	24	17	24	17	24	17	24
	V, %	15	37	16	43	16	46	17	50
Личинка – Куколка	Среднее	311	288	273	250	261	238	301	278
	σ	151	134	149	131	147	129	151	133
	V, %	49	46	54	52	56	54	50	48
	G ₀	131	109	93	73	81	62	121	99
	σ	46	46	43	32	41	29	45	42
	V, %	35	42	46	44	51	46	38	42
	G ₁	398	362	359	322	346	309	387	352
	σ	127	44	118	43	115	42	125	44
	V, %	32	12	33	13	33	14	32	12
	G ₂	405	393	368	355	356	342	395	383
	σ	43	34	39	31	38	30	42	33
	V, %	11	9	11	9	11	9	11	9
Куколка – Имаго	Среднее	192	181	170	158	163	151	143	128
	σ	99	71	94	62	93	60	86	53
	V, %	51	39	56	39	57	40	60	41

Стадия жизненного цикла	Поколение	*СЭТ > +8 °С		**СЭТ > +9,5 °С		СЭТ > +10°С		***СЭТ > +10,9, +8,4, +11,5 °С	
		НБС	Симф.	НБС	Симф.	НБС	Симф.	НБС	Симф.
Куколка – Имаго	G ₀	134	181	106	150	98	140	75	110
	σ	69	57	65	47	63	44	52	35
	V, %	51	31	61	31	64	31	69	32
	G ₁	132	240	120	215	116	207	104	183
	σ	55	58	51	50	50	48	45	40
	V, %	42	24	42	23	43	23	43	22
	G ₂	310	123	284	109	275	105	248	91
	σ	24	39	22	34	21	33	19	28
	V, %	8	32	8	31	8	31	8	30

Примечание

1 расчет накопления сумм эффективных температур воздуха (СЭТ) выше порога для развития одного поколения: * – согласно Нестеренкова, Пономарев, Карпун, 2017; ** – Щуров, Замотайлов, Щурова, 2020; *** Nacambo et al., 2014

2 G₀, G₁, G₂ – соответственно перезимовавшее, первое и второе поколение

3 G₀* – зимующее поколение

4 σ – стандартное отклонение

5 V, % – коэффициент вариации

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Математические модели для прогноза дат возобновления активности гусениц *Cydalima perspectalis* после зимней диапаузы для южных регионов России

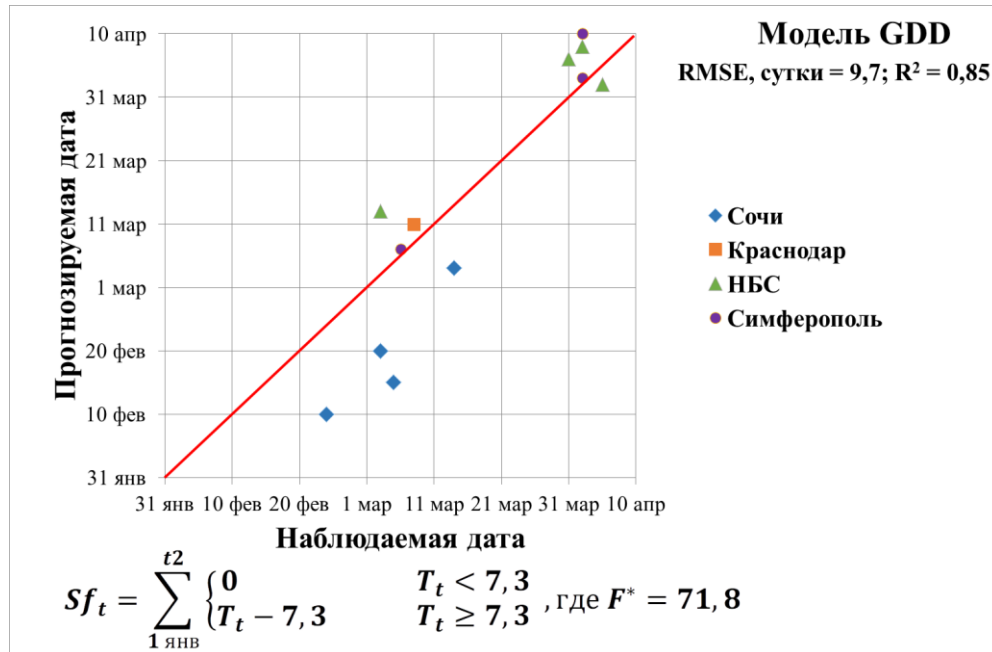


Рисунок В.1 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели GDD даты возобновления активности гусениц *Cydalima perspectalis* после перезимовки в южных регионах России

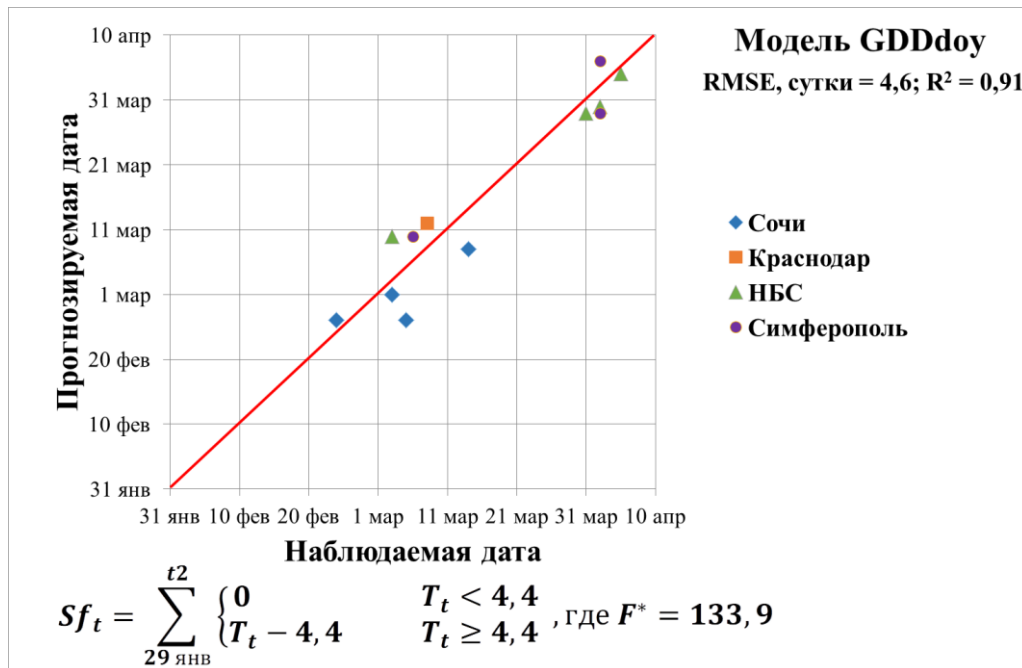


Рисунок В.2 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели GDDday даты возобновления активности гусениц *Cydalima perspectalis* после перезимовки в южных регионах России

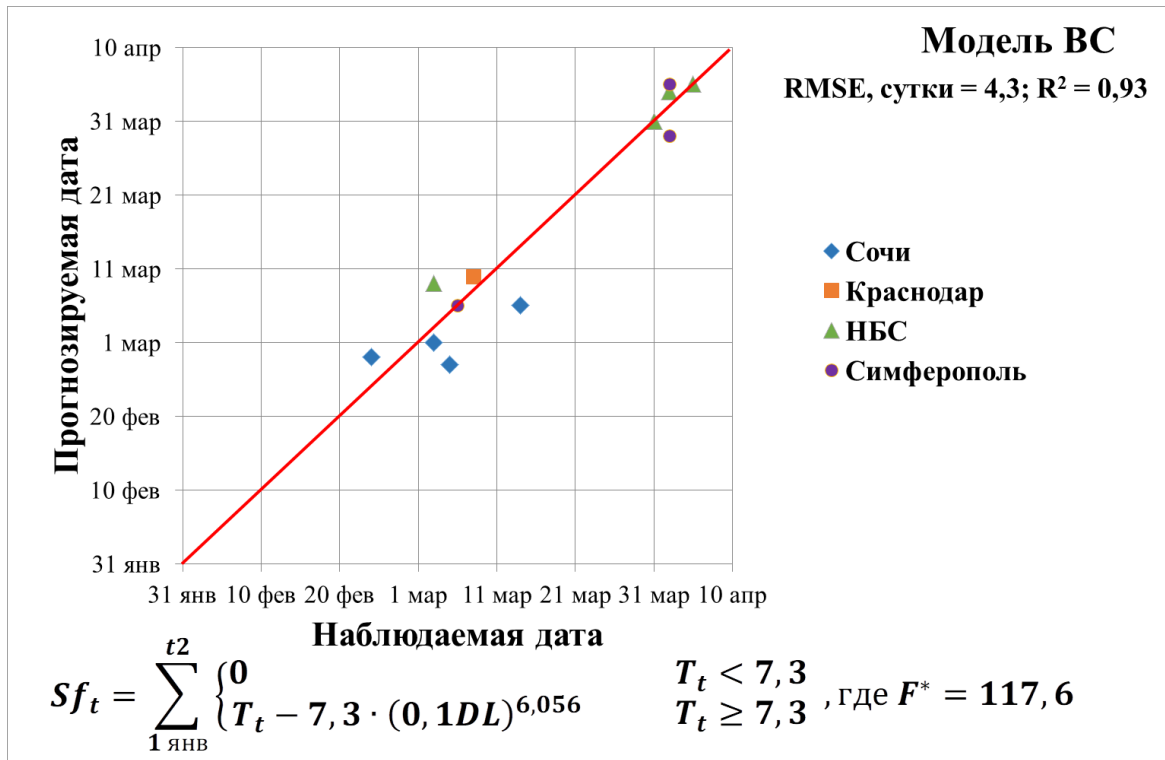


Рисунок В.3 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели ВС даты возобновления активности гусениц *Cydalima perspectalis* после перезимовки в южных регионах России

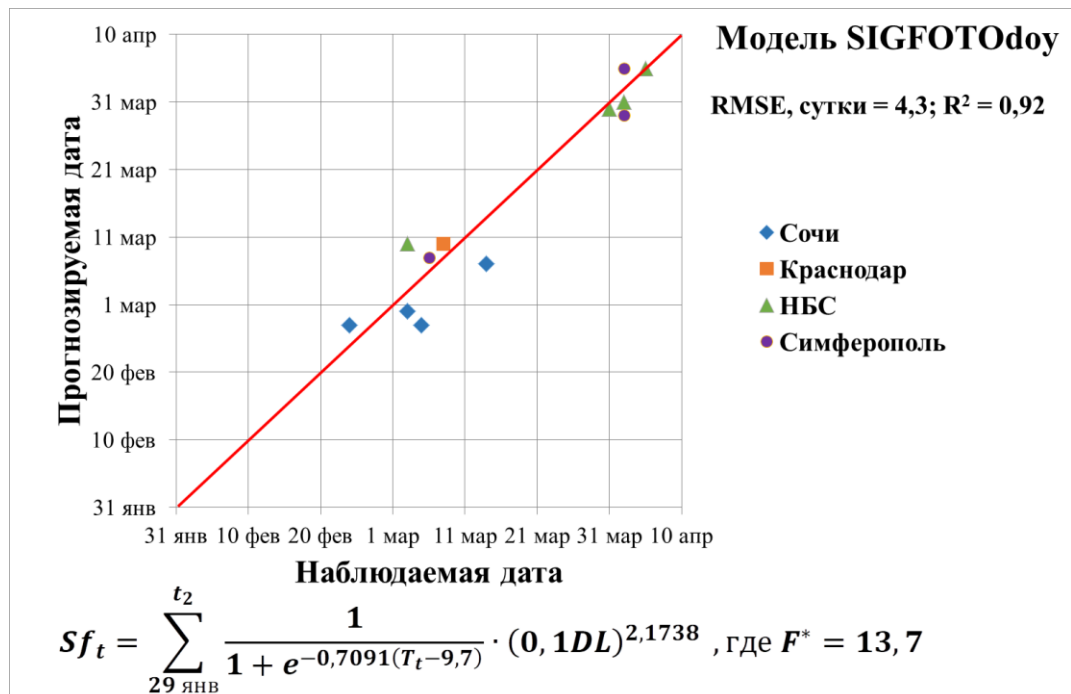


Рисунок В.4 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели SIGFOTOday даты возобновления активности гусениц *Cydalima perspectalis* после перезимовки в южных регионах России

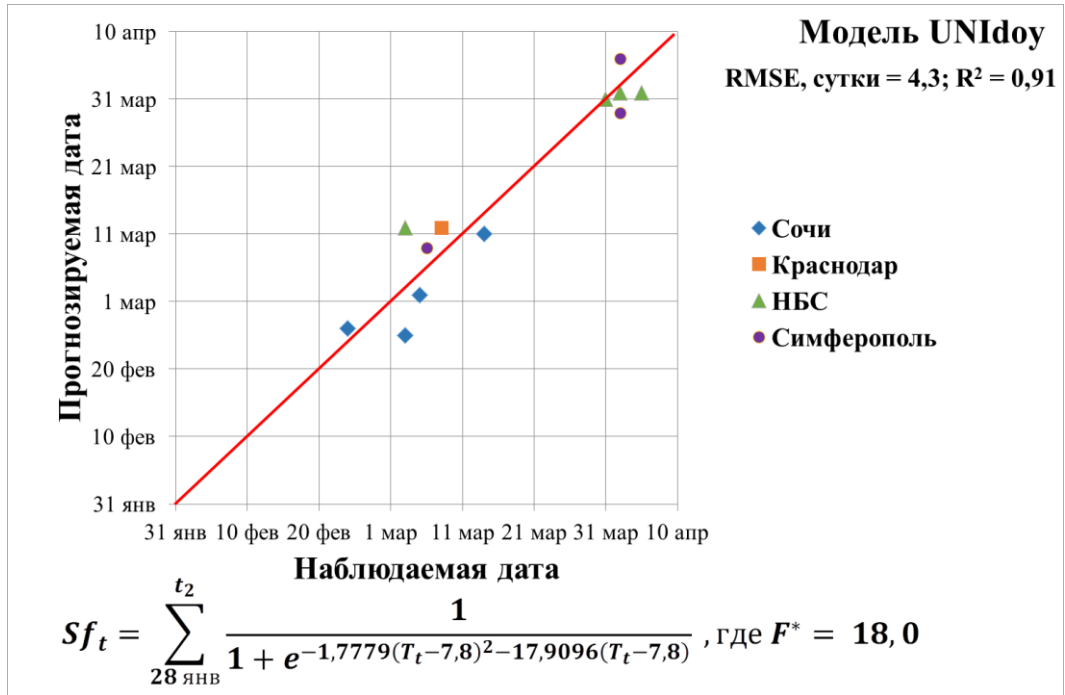


Рисунок В.5 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели UNIdoy даты возобновления активности гусениц *Cydalima perspectalis* после перезимовки в южных регионах России

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Математические модели для прогноза дат начала лёта имаго перезимовавшего поколения *Cydalima perspectalis* для южных регионов России

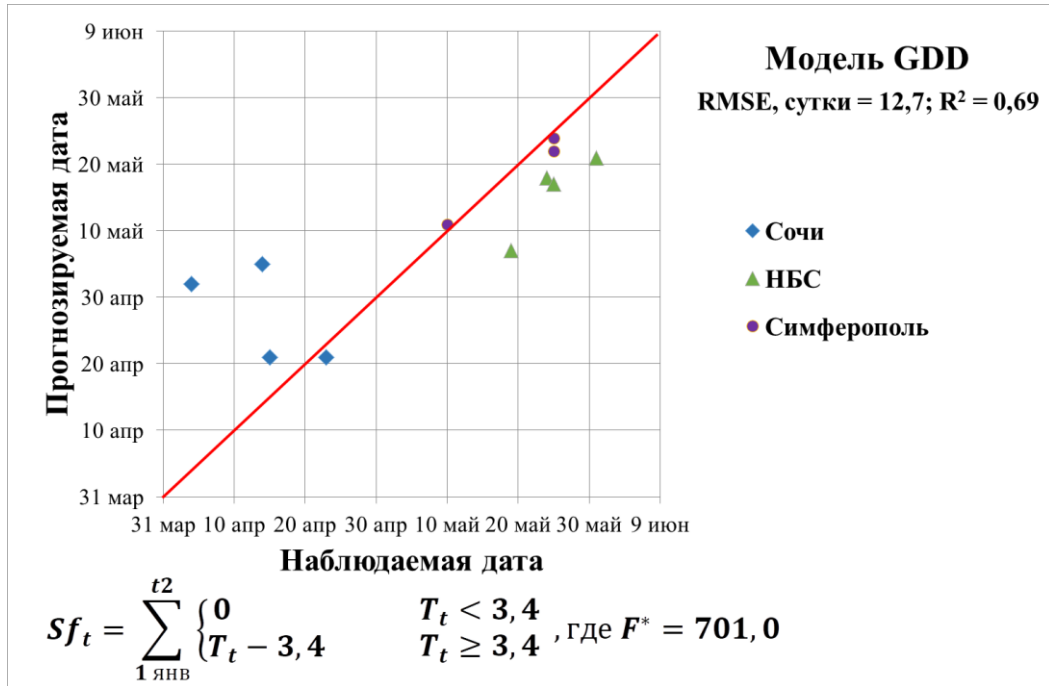


Рисунок Г.1 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели GDD даты начала лёта имаго перезимовавшего поколения *Cydalima perspectalis* в южных регионах России

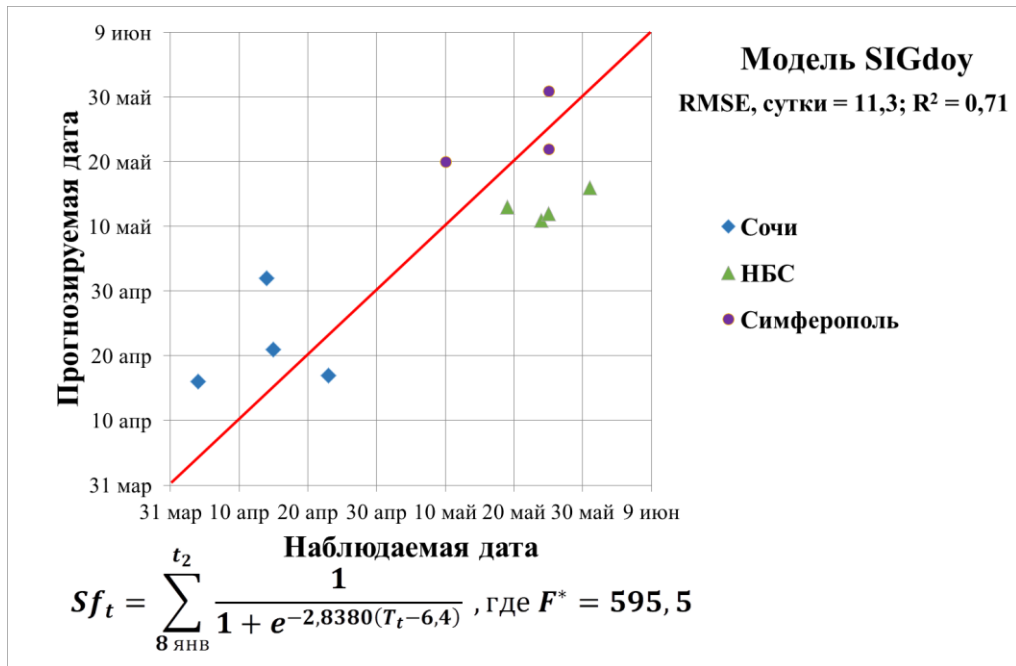


Рисунок Г.2 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели SIGdoy даты начала лёта имаго перезимовавшего поколения *Cydalima perspectalis* в южных регионах России

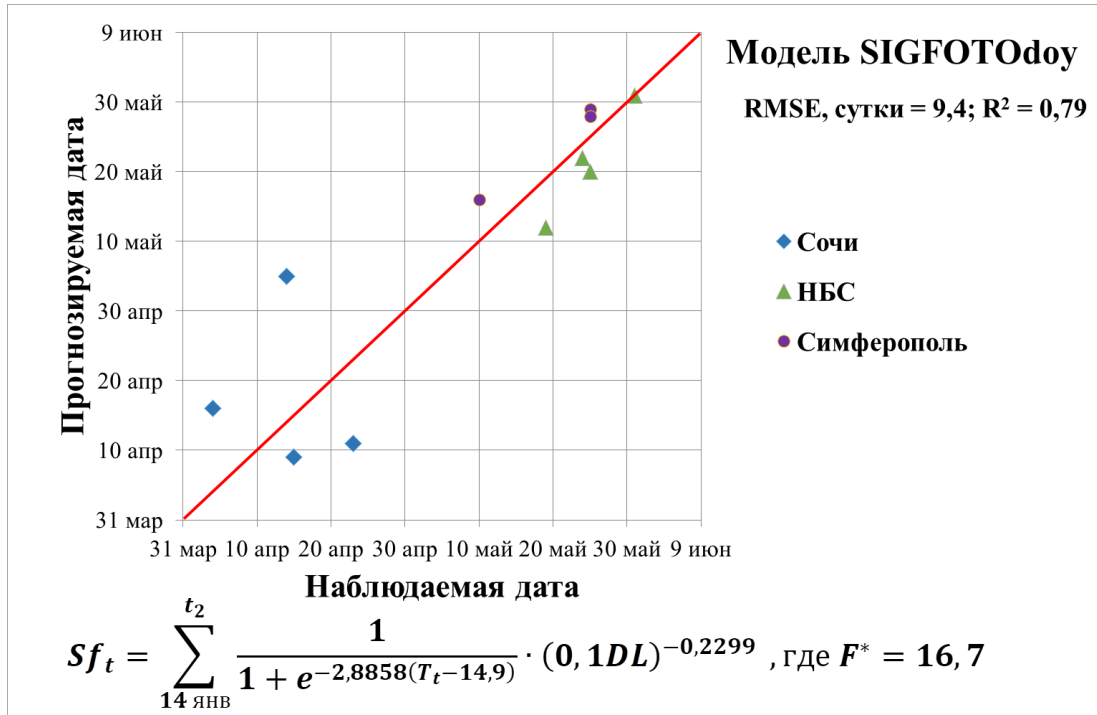


Рисунок Г.3 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели SIGFOTOday даты начала лёта имаго перезимовавшего поколения *Cydalima perspectalis* в южных регионах России

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Математические модели для прогноза дат появления первого летнего поколения гусениц *Cydalima perspectalis* для южных регионов России

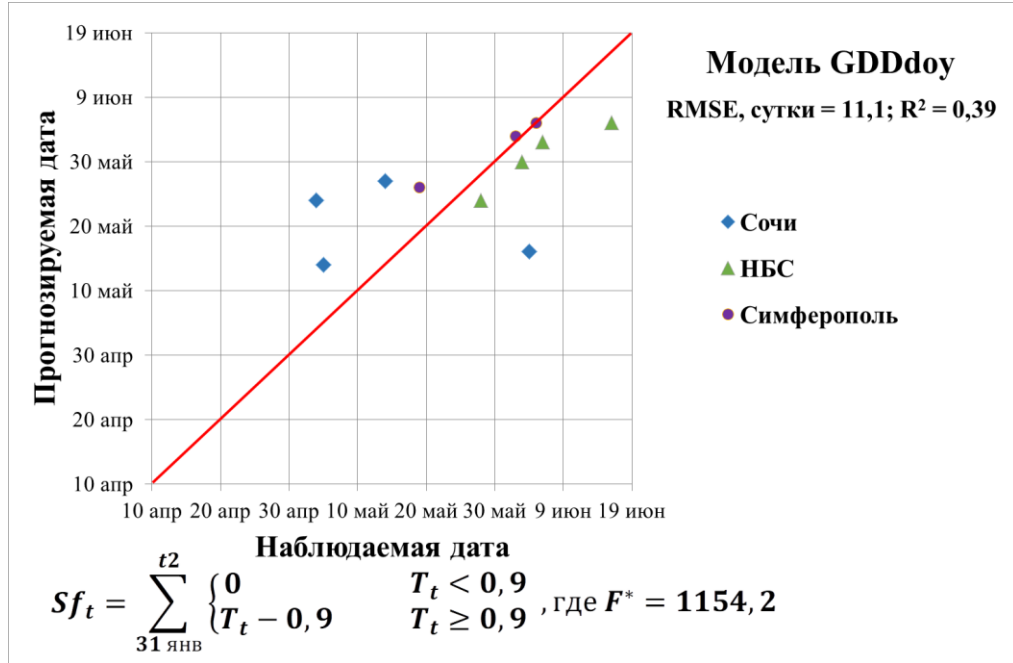


Рисунок Д.1 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели GDDdoy даты начала появления первого летнего поколения гусениц *Cydalima perspectalis* в южных регионах России

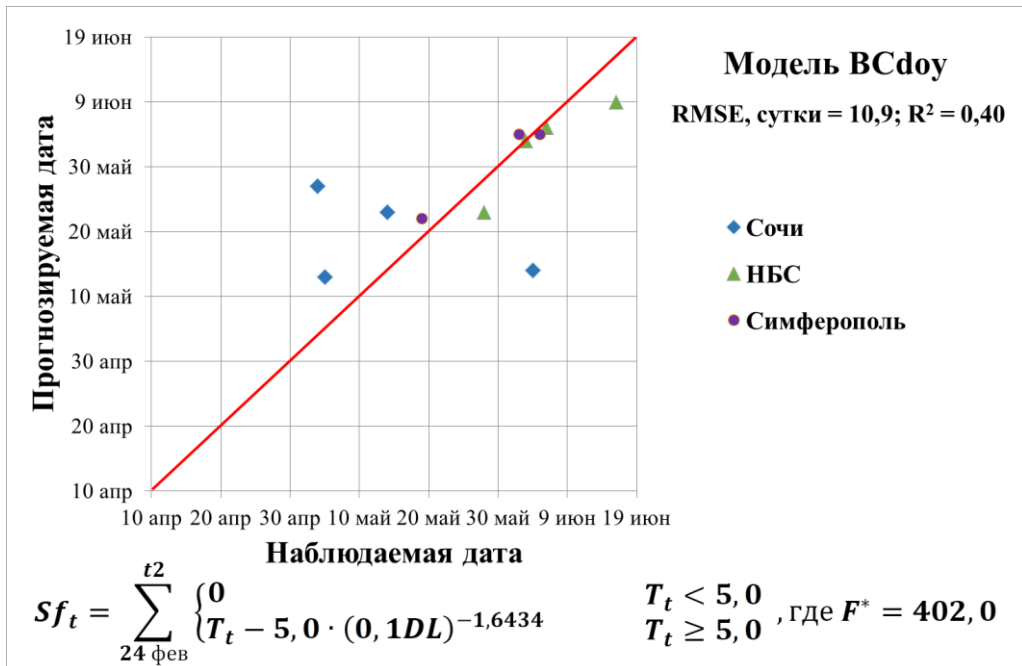


Рисунок Д.2 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели VCdoy даты начала появления первого летнего поколения гусениц *Cydalima perspectalis* в южных регионах России