

УДК 632.914.1

DOI 10.30679/2219-5335-2023-6-84-136-150

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ
ВОСТОЧНОЙ ПЛОДОЖОРКИ
(*GRAPHOLITA MOLESTA*)
С УЧЁТОМ ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ
МНОГОЛЕТНИХ
НАСАЖДЕНИЙ**

Потанин Дмитрий Валериевич¹

канд. с.-х. наук

доцент кафедры плодовоовощеводства
и виноградарства

e-mail: potanin.07@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3724-8758>

Иванова Маргарита Игоревна²

канд. с.-х. наук

начальник отдела организации
учета применения средств химизации
и разработки проектно-сметной
документации

e-mail: imi_2712@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3749-9525>

Иванченко Вячеслав Иосифович¹

д-р с.-х. наук

профессор кафедры плодовоовощеводства
и виноградарства

e-mail: magarach.iv@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8545-4233>

¹Институт

«Агротехнологическая академия»

Федеральное государственное

автономное образовательное

учреждение высшего образования

«Крымский федеральный университет

имени В.И. Вернадского»,

Симферополь, Крым, Россия

²Федеральное государственное бюджетное

учреждение «Центр агрохимической

службы «Крымский»

Симферополь, Крым, Россия

Современное сельское хозяйство

невозможно без применения средств

защиты растений от вредителей и болезней,

которые при свободном своём развитии

значительно снижают продуктивность

UDC 632.914.1

DOI 10.30679/2219-5335-2023-6-84-136-150

**FORECASTING THE DEVELOPMENT
OF THE ORIENTAL FRUIT MOTH
(*GRAPHOLITHA MOLESTA*)
TAKING INTO ACCOUNT WEATHER
FACTORS FOR THE DEVELOPMENT
OF A PLANT PROTECTION
SYSTEM FOR PERENNIAL
PLANTINGS**

Potanin Dmitry Valerievich¹

Cand. Agr. Sci.

Associate Professor of Fruit and Vegetable
Growing and Viticulture Department

e-mail: potanin.07@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3724-8758>

Ivanova Margarita Igorevna²

Cand. Agr. Sci.

Head of the Department
for the Organization of Accounting
for Use of Chemicals and Development
of Design and Estimate Documentation

e-mail: imi_2712@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3749-9525>

Ivanchenko Vyacheslav Iosifovich¹

Dr. Sci. Agr.

Professor of Fruit and Vegetable
Growing and Viticulture Department

e-mail: magarach.iv@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8545-4233>

¹Agrotechnological Academy

of the Federal State-Owned

Autonomous Educational

Establishment

of Higher Education

«V.I. Vernadsky Crimean

Federal University»,

Simferopol', Republic of Crimea, Russia

²Federal State Budgetary Institution

«Center of Agrochemical

Service «Krymsky»

Simferopol', Republic of Crimea, Russia

Modern agriculture is impossible

without the use of plant protection

products against pests and diseases,

which, with their free development,

significantly reduce the productivity

насаждений и товарность собранного урожая. Подобные исследования за рубежом, направлены на использование прогнозных математических моделей, которые взаимоувязывают значимые для вредителя факторы окружающей среды и его развитием. При этом всё чаще используется система интеллектуализации подобного прогноза с применением методов искусственного интеллекта, самостоятельно формирующего модели на основе постоянно накапливающихся информационных баз данных. Целью исследования являлась оценка эффективности автоматизированной программы прогноза развития восточной плодовой моли, разработанной на основе температурного фактора окружающей среды для последующего подбора оптимальной адаптивной системы защиты растений многолетних культур. Для сравнения полученных результатов автоматизированного расчёта развития восточной плодовой моли с объективными данными в полевых условиях, нами проводились наблюдения за календарными сроками лёта бабочек и преодолению экономического порога вредоносности (ЭПВ) на феромонные ловушки, размещенные в насаждениях персика, на которых не проводились химические обработки инсектицидами в период с 2019 по 2022 гг. В ходе проведения исследований была разработана полезная компьютерная программа определения календарных сроков развития восточной плодовой моли на основе данных температуры воздуха с применением гибких логических алгоритмов. Установлено, что вариабельность сроков индивидуального развития вредителя обеспечивает увеличение периодов фазы с каждой очередной генерации. Использование компьютерной программы позволит разрабатывать систему защиты деревьев от вредителя, а также осуществлять корректировку сроков мероприятий в зависимости от объективно изменяющихся показателей условий года.

Ключевые слова: АДАПТИВНОЕ САДОВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ, ВОСТОЧНАЯ ПЛОДОЖОРКА, КЛИМАТ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОГНОЗ

of plantings and the marketability of the harvested crop. Research conducted in this direction abroad is aimed at using predictive mathematical models that link environmental factors that are significant for the pest and its development. At the same time, the system of intellectualization of such a forecast is increasingly being used with the use of artificial intelligence methods that independently form models based on constantly accumulating information databases. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of an automated program for forecasting the development of the oriental fruit moth, developed on the basis of the temperature factor of the environment for the subsequent selection of an optimal adaptive plant protection system for perennial crops. To compare the results of the automated calculation of the development of the eastern fruit moth with objective data in the field, we carried out observations of the calendar dates of the butterfly flights and overcoming the economic threshold of harmfulness (ETH) on pheromone traps placed in peach plantations, on which chemical treatments with insecticides were not carried out in the period from 2019 to 2022. In the course of the research, a useful computer program was developed to determine the calendar dates of the development of the oriental fruit moth based on air temperature data using flexible logical algorithms. It is established that the variability of the terms of individual development of the pest provides an increase in the phase periods with each successive generation. The use of a computer program will allow us to develop a system for protecting trees from pests, as well as to adjust the timing of measures depending on objectively changing indicators of the conditions of the year.

Key words: ADAPTIVE GARDENING, PLANT PROTECTION, ORIENTAL FRUIT MOTH, CLIMATE, AUTOMATED FORECAST

Введение. Современное сельское хозяйство невозможно без применения средств защиты растений от вредителей и болезней, которые при свободном своём развитии значительно снижают продуктивность насаждений и товарность собранного урожая [1, 2]. С организационной точки зрения, борьба с биотическими факторами связана с большими производственными затратами на приобретение средств защиты растений, расстановку механизмов и рабочей силы, а также точное выполнение всех работ в максимально сжатые сроки от момента преодоления вредителем или болезнью экономического порога вредоносности (ЭПВ) [3-5]. Если потребность в механизмах и рабочей силе не будет меняться в течение вегетации на отдельный цикл обработки, то средства защиты растений должны рассчитываться исходя из особенностей развития самого вредителя или болезни, что создаёт необходимость прогноза в количествах обработок, которые формируют ассортимент препаратов, их количество и, соответственно, хранение на складе предприятия для оперативного применения [6-8].

Современные подходы в разработке систем защиты растений предполагают несколько путей [9-11]. Интегрированная система, как наиболее прогрессивная, задействует весь комплекс мероприятий мониторинга развития вредоносного фактора и при его развитии применения обработок [12-14]. Однако такой подход совершенно не исключает необходимости накопления на складах самих препаративных форм пестицидов, которые должны использоваться в строгой последовательности и кратности, допускаемой регламентами на них. Идеальным при этом может считаться сопоставимость разработанной системы защиты растений с последующими данными мониторинга по сигнализации преодоления вредоносным фактором ЭПВ [15, 16].

Исследования, проводимые по этому вопросу за рубежом, направлены на использование прогнозных математических моделей, которые взаимосвязывают значимые для вредителя факторы окружающей среды и его раз-

вития [5, 15, 17]. При этом всё чаще используется система интеллектуализации подобного прогноза с применением методов искусственного интеллекта, самостоятельно формирующего модели на основе постоянно накапливающихся информационных баз данных [18-20].

Относительно простые модели развития болезней в зависимости от погодных факторов, сложившихся на территории, уже разработаны и широко внедряются в качестве настроек программного обеспечения к автоматическим метеостанциям, которые используются в сельскохозяйственных предприятиях [2, 4, 6]. Несколько меньше разработок в данном плане существует в сфере прогноза развития вредителей, либо они на сегодня не в полной мере способны давать объективную оценку ситуации. Так, большинство метеостанций могут иметь настройки прогноза развития гроздевой листовёртки, вишнёвой мухи, зерновых вредителей, тлей и клещей. Однако такой этот прогноз не позволяет проводить разработку системы защиты на перспективу и агроному приходится опираться на результаты многолетних фактических наблюдений и учёта потребности в обработках за предыдущие годы.

Создание подобного отечественного программного продукта, который позволил бы визуализировать для анализа развитие отдельного вредоносного биотического фактора, является особо актуальным в современной потребности разработки импортозамещённого ПО. При этом данное программное обеспечение должно не только показывать, как и с какого момента может развиваться тот или иной вредитель, но и предоставлять вспомогательную возможность подбора прогнозных сроков и количества обработок за сезон, обеспечивающих надёжную защиту растений и гарантирующих получение качественной товарной продукции [6, 7, 10].

Цель исследования: дать оценку эффективности автоматизированной программы прогноза развития восточной плодовой жорки, разработанной на ос-

нове температурного фактора окружающей среды для последующей разработки системы защиты растений многолетних культур.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являлось определение сроков развития восточной плодовой моли (*Grapholita molesta*) с применением разработанной автором компьютерной программы с учётом среднесуточной температуры воздуха, активирующей на её развитие. При разработке компьютерной программы учитывалось, что на основе полученных другими исследователями данных [21, 22], температура воздуха, стимулирующая развитие вредителя, составляет +15 °С. При достижении стабильной среднесуточной температуры воздуха до данного значения, период развития вредителя по стадиям составляет:

- продолжительность лёта имаго до начала откладки яиц: 3...5 суток;
- откладка яиц: 7...14 суток;
- отрождение гусениц и питание на субстрате: 8...12 суток;
- фаза куколки: 5...12 суток [7, 14, 23, 24].

По прохождении цикла развития генерации цикл повторяется, что учитывается алгоритмом программы.

При этом, компьютерная программа учитывает, что при временном снижении температуры ниже +15 °С, развитие вредителя затормаживается, что приводит к увеличению отдельной фазы его развития.

В качестве компьютерного расчёта прогноза фаз развития насекомых, использовалась среднесуточная температура воздуха с отсекающим уровнем +15 °С в разрезе ранее созданной авторами климатической базы данных за период с 2005 по 2022 гг. [25]. Также для сравнительного анализа с объективными условиями года, применялся прогнозный расчёт, базирующийся на погодных условиях каждого отдельного года в период с 2019 по 2022 гг. Для расчёта климатических и погодных данных использованы материалы из открытых источников (сайт http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=33946&lang=ru), полученных по ближайшей к месту исследования официальной метеостанции

– «Метеостанция Симферополь / им. И. К. Айвазовского (аэропорт), Россия», (WMO_ID=33946).

Для сравнения полученных результатов автоматизированного расчёта развития восточной плодовой плодовой с объективными данными в полевых условиях, нами проводились наблюдения за календарными сроками лёта бабочек и преодолением экономического порога вредоносности (ЭПВ) на феромонных ловушках, размещенных в насаждениях персика 2004 года посадки, расположенном на базе Института «Агротехнологическая академия» (с. Аграрное, Симферопольского района), на котором, в силу выхода насаждений из эксплуатационного периода, они не подвергались химическим обработкам инсектицидами. Наблюдения за лётом бабочек проводились в период с 2019 по 2022 гг.

Обсуждение результатов. Восточная плодовая, несмотря на то, что является карантинным вредителем, достаточно широко распространена в южных регионах России и наносит существенный вред плодовым насаждениям. В частности, являясь полифагом, она приводит к повреждению молодого однолетнего прироста и плодов персика, сливы, алычи, айвы, и в меньшей степени яблони, груши и других плодовых культур. Цикл развития вредителя по завершению генерации, при благоприятных температурных условиях, может начать очередную, новую генерацию. Это создаёт объективные затруднения в борьбе с ней, поскольку необходимо осуществлять постоянный мониторинг и проводить защитные мероприятия не только в период роста и развития урожая плодовых культур. Также необходимо сдерживать развитие плодовой и за пределами формирования плодов, поскольку повреждения молодого прироста её личинками стимулируют развитие боковых почек на побегах. Это негативно сказывается на дифференциации цветковых почек повреждённых деревьев, и, как следствие, снижает урожай в следующем году.

Разработанный нами алгоритм компьютерного расчёта фаз развития восточной плодовой гусеницы учитывает накопленный опыт по изучению сроков их прохождения с учётом среднесуточной температуры воздуха и проводит расчёт периодов каждой генерации. Так, при продолжительности лёта имаго до начала откладки яиц 3...5 суток, откладка яиц уже проходит в течении 7...14 суток, отрождение гусениц и их питание – 8...12 суток, а фаза куколки – 5...12 суток. Каждая фаза в новом поколении начинает своё развитие с учётом периода завершения окукливания предыдущего. Сама вариабельность сроков индивидуального развития вредителя обеспечивает увеличение периодов фазы каждой очередной генерации (табл.). На примере компьютерного прогноза климатических сроков развития восточной плодовой гусеницы в условиях Симферопольского района, за счёт размаха варьирования, отмечается устойчивое увеличение периода каждой последующей фазы вплоть до перехода среднесуточной температуры воздуха через +15 °С, который по средним многолетним данным наступает 15 октября.

Увеличение периодов развития очередных стадий этого вредителя в зависимости от предыдущей генерации связан с накоплением вариабельности, учитываемом и описанном другими исследователями, что изначально включено в математическую модель прогноза развития вредителя. Если принимать во внимание, что вредоносной стадией вредителя является отрождение и питание гусениц, то непрерывное повреждение молодых побегов и плодов начинается с третьей генерации (с 8 июля) и перекрывается последующими (четвёртой и неполной пятой) вплоть до перехода через активные для плодовой гусеницы температуры (15 октября) (рис.).

Для проверки жизнеспособности и репрезентативности разработанной программы, в период с 2019 по 2022 гг. на базе учебно-опытного сада персика 2004 года посадки, который выведен из эксплуатации и на котором не проводятся химические обработки инсектицидами, были проведены наблюдения за

развитием восточной плодовой мушки методом отлова самцов феромонными ловушками и фиксацией изменения численности бабочек с шагом наблюдения в 1...3 суток. При этом, в 2019 году первые отловленные бабочки отмечались в период с 4 мая, в 2020 г. – 6 мая, 2021 – 13 мая, и в 2022 г – 26 апреля.

Прогноз развития восточной плодовой мушки
в условиях Симферопольского района с учётом температуры воздуха.
Результаты компьютерного расчёта, сформированные программой
на основе климатической базы данных за период 2005-2022 гг.
по метеостанции Аэропорт Симферополь (WMO_ID=33946)

Фаза развития вредителя	Дата начала стадии	Продолжительность, дней	Дата завершения стадии
I ген. Лёт бабочки	6 мая	5	11 мая
I ген. Откладка яиц	14 мая	14	28 мая
I ген. Отрождение гусениц	18 мая	18	5 июня
I ген. Окукливание	27 мая	20	16 июня
II ген. Лёт бабочки	2 июня	18	20 июня
II ген. Откладка яиц	7 июня	17	24 июня
II ген. Отрождение гусениц	11 июня	20	1 июля
II ген. Окукливание	20 июня	22	12 июля
III ген. Лёт бабочки	27 июня	22	19 июля
III ген. Откладка яиц	3 июля	29	1 августа
III ген. Отрождение гусениц	8 июля	30	7 августа
III ген. Окукливание	18 июля	30	17 августа
IV ген. Лёт бабочки	25 июля	28	22 августа
IV ген. Откладка яиц	1 августа	34	4 сентября
IV ген. Отрождение гусениц	5 августа	37	11 сентября
IV ген. Окукливание	13 августа	39	21 сентября
V ген. Лёт бабочки	20 августа	37	26 сентября
V ген. Откладка яиц	28 августа	44	11 октября
V ген. Отрождение гусениц	2 сентября	43	15 октября
V ген. Окукливание	11 сентября	34	15 октября

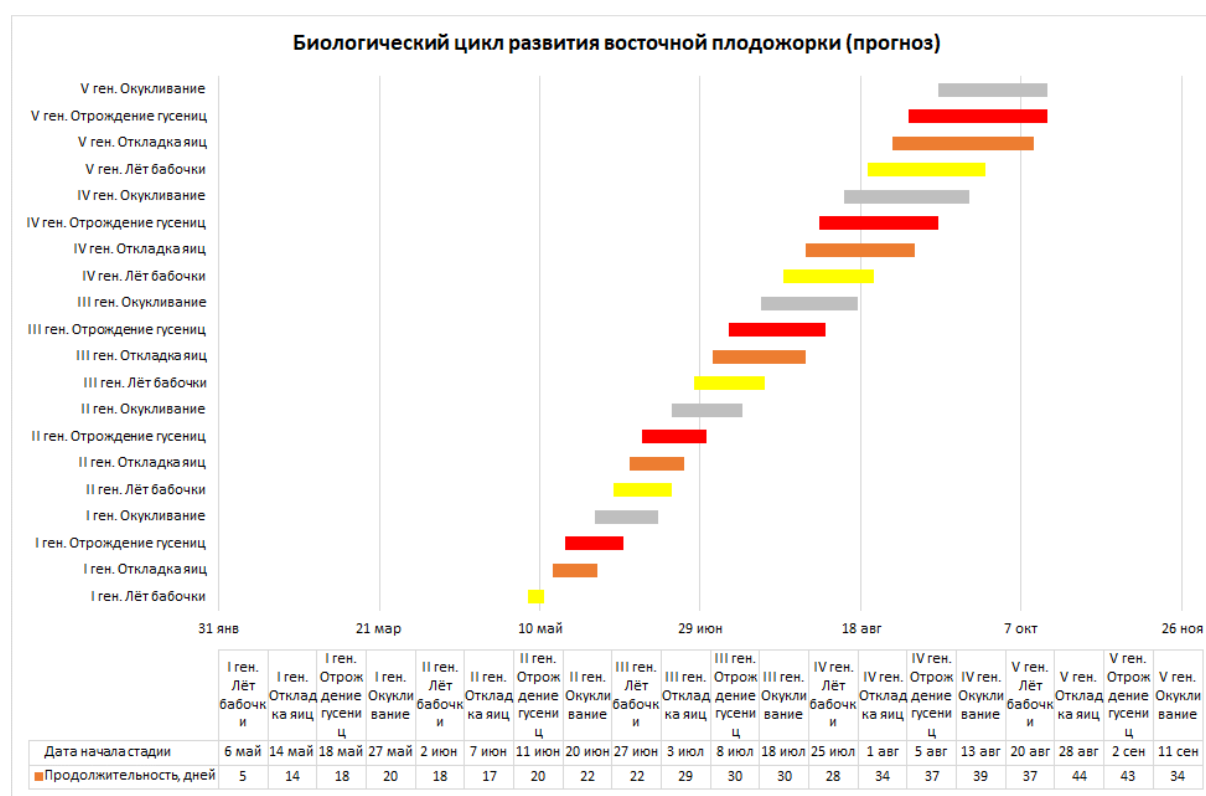


Рис. Результаты расчёта компьютерной программы стадий развития восточной плодовой по метеостанции Аэропорт Симферополь (WMO_ID=33946) на основе климатической базы данных за период 2005-2022 гг.

Сопоставляя данные среднесуточной температуры воздуха с фактическим лётом бабочек восточной плодовой, было установлено, что не всегда лёт совпадает с установленными программой датами в отдельные годы. Это связано, в первую очередь с тем, что не только сами температуры воздуха выше $+15^{\circ}\text{C}$ оказывают непосредственное влияние на вылет бабочек, а их устойчивое проявление в течение не менее 3-х суток подряд. Однако в публикациях авторов, по которым проведён поиск параметров развития вредителя, такой фактор не был указан. С учётом того, что погодные условия конкретного года имеют изменчивость с точки зрения стабильного нарастания температур воздуха в начале вегетации, такое отклонение может быть в виде накопления сумм температур выше $+15^{\circ}\text{C}$, а в дальнейшем может отмечаться снижение среднесуточной температуры воздуха ниже активиру-

ющих развитие плодовой плодовой. Однако, в целом, начало лёта восточной плодовой колеблется относительно суммы температур выше $+15^{\circ}\text{C}$ в пределах $80...95^{\circ}\text{C}$ и полностью соответствует установленной программой датой климатически расчётного начала лёта бабочек первой генерации.

Кроме этого установлено, что существует три основных волны лёта бабочек, календарные сроки которых в разные годы колеблются и приближаются к датам, отмеченным на диаграмме: первый, как указано выше, начинается приблизительно 6 мая, второй – в пределах $1...4$ июня, третий – $25...29$ июня и в дальнейшем фиксация лёта бабочек прекращается исключительно в силу погодных условий, неблагоприятных для активности насекомых (ураганный ветер или осенний переход средней температуры воздуха ниже $+15^{\circ}\text{C}$). В целом, это соответствует прогнозным параметрам, рассчитанным компьютерной программой и позволяет ориентироваться на неё в качестве элемента сигнализации развития вредителя, а также выбора оптимальных сроков борьбы с ним в насаждениях.

В большинстве случаев разрабатываемые системы защиты плодовых культур от плодовой предпологают применение защитных мероприятий в период массового лёта, который определяется по результатам мониторинга феромонных ловушек и первой сигнализации преодоления Экономического порога вредоносности (ЭПВ). Однако с увеличением числа поколения сам активный лёт увеличивает свой период, что может в итоге значительно снижать эффективность защитных мероприятий вследствие ограниченного периода защитного действия инсектицидов.

На основе анализа приведённой таблицы 1 и рисунка 1 можно предположить, что, учитывая не только сроки начала лёта бабочек можно проводить обработки насаждений, но также и в другие стадии развития вредителя, применяя соответствующие эффективные инсектициды с различным периодом их защитного действия. Так, если в первую генерацию и в начале лёта плодовой до третьей генерации будет достаточно применения кон-

тактных препаратов кишечного действия, то в дальнейшие стадии необходимо применять уже только системные препараты с пролонгированным действием, учитывая особенности наложения стадий развития вредителя.

При этом, начиная с третьей генерации, следует учитывать возможность применения препаратов с большим уклоном на овицидное действие, а также возможность их передвижения внутри растения и способность уничтожать вредителя уже питающегося внутри молодых побегов и плодов.

К примеру, в «Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации» за 2023 г., в качестве препаратов по борьбе с восточной плодовой жоркой на персике разрешено использовать всего четыре препарата: Проклэйм Фит, ВДГ фирмы «Сингента», как химический препарат овицидного контактно-кишечного и трансламинарного действия с предельным количеством использования не более 3-х раз за сезон и периодом защитного действия 14 суток; вирусный препарат Карповирусин, СК фирмы «АРИСТА ЛАЙФСАЙЕНС»; бактериальный препарат Лепидоцид, П (ООО ПО «Сиббиофарм»); а также Шин-Етсу МД ВП ТТ «Шин-Етсу Кемикал» как метод дезориентации самцов. При разработке системы защиты растений, с учётом полученных программой данных, более приемлемым является использование химически синтезированного препарата «Проклэйм Фит, ВДГ» в периоды наибольшего совмещения стадий развития вредителя. То есть, первая обработка препаратом может проводиться в период начала лёта второй генерации плодовой жорки. В этот период, основываясь на представленном в таблице 1 прогнозе развития вредителя, обработка 2 июля с учётом защитного действия в 14 суток окажет отсекающее влияние на завершающий период отрождения гусениц первой генерации, окукливание гусениц, лёта бабочек второй генерации, и начальный период отрождения гусениц второй генерации. Далее, до уборки плодов, с учётом срока ожидания препарата (не менее 30 суток до начала сбора урожая), а также сразу после завершения уборочной кампании. Вероятно, оптимальным сроком при этом будет календарный срок массового лёта бабочек третьей генерации, что позволит продолжить уничтожать

отрождающиеся гусеницы второй генерации, а также предотвратит откладку яиц и отрождение гусениц третьей генерации. При этом в начале вегетационного периода более приемлемым является применение вирусных и бактериальных препаратов, поскольку они оказывают наибольшее влияние на бабочек и отродившихся личинок плодовой плодожорки, а их гибель, согласно спецификации препаратов, наступает на 4-е сутки после обработки, можно проводить опрыскивания Карповирусин-ом СК и Лепидоцидом П, чередуя их между собой, для предотвращения появления устойчивых форм вредителя к этим биологическим препаратам. Также, поскольку синтетический препарат «Проклэйм Фит, ВДГ» имеет больший срок ожидания, чем его защитное действие, по завершении его можно также использовать один из биологических препаратов для уничтожения вредителя. Данная система защиты растений является прогнозным результатом анализа данных и не применялась в производственных условиях.

Разработанная программа на основе гибких логических алгоритмов может применяться как при создании новых систем защиты насаждений, так и ситуативно, осуществляя температурный мониторинг в течение вегетационного периода. Это позволит в случае необходимости быстро реагировать на изменения или проводить корректировки количества обработок, а также обеспечит эффективную борьбу с восточной плодовой плодожоркой на основе объективных температурных данных территории сада.

Выводы. Разработана полезная компьютерная программа определения календарных сроков развития восточной плодовой плодожорки на основе данных температуры воздуха с применением гибких логических алгоритмов.

Установлено, что вариабельность сроков индивидуального развития вредителя обеспечивает увеличение периодов фазы с каждой очередной генерацией.

Использование компьютерной программы позволит разработать систему защиты деревьев от вредителя, а также осуществить корректировку

сроков мероприятий в зависимости от объективно изменяющихся показателей условий года.

Литература

1. Kamusiime E., Nantongo J., Wacal C. Insect pests in apple (*Malus domestica* Borkh) gardens: Review // GSC Advanced Research and Reviews. 2023. Vol. 15. P. 030-053. DOI: 10.30574/gscarr.2023.15.1.0109.
2. Dynamical analysis, optimum control and pattern formation in the biological pest (EFSB) control model / P. Gulati, et al. // Chaos, Solitons & Fractals. 2021. Vol. 147. 110920. DOI: 10.1016/j.chaos.2021.110920.
3. Sarker S., Woo Y., Lim U.T. Developmental stages of peach, plum, and apple fruit influence development and fecundity of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. 2105. DOI: 10.1038/s41598-021-81651-4.
4. Zhai Z., Martínez J., Beltran V., Lucas Martínez N. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 170. 105256. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105256.
5. Al Basir F., Chowdhury J., Torres D.F.M. Dynamics of a Double-Impulsive Control Model of Integrated Pest Management Using Perturbation Methods and Floquet Theory // Axioms. 2023. Vol. 12(4). 391. DOI: 10.3390/axioms12040391.
6. Implementation, customization and functional evaluation of a location aware decision support system for precise management of Lepidoptera in Greek peach orchards of Pella, Greece / P. Damos, et al. // Acta Horticulturae. 2022. Vol. 1352. P. 509-516. DOI: 10.17660/ActaHortic.2022.1352.69.
7. Degree-day risk thresholds for predicting the occurrence of *Anarsia lineatella*, *Grapholita molesta* and *Adoxophyes orana* in northern Greece peach orchards / P. Damos, et al. // Plant Protection Science. 2022. Vol. 58(3). P. 234-244. DOI: 10.17221/137/2021-PPS.
8. Kumari V., Chauhan S., Dhar J. Controlling Pest by Integrated Pest Management: A Dynamical Approach // International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences. 2020. Vol. 5. P. 769-786. DOI: 10.33889/IJMEMS.2020.5.4.061.
9. The future of crop protection in Europe. Appendix 1 – Overview of current and emerging crop protection practices / Wenneker M., et al. European Parliamentary Research Service, 2021. 104 p. DOI: 10.2861/044114.
10. Raju S.V.S., Sharma K.R. Recent Trends in Insect Pest Management. Vol. 4. New Delhi: AkiNik Publications, 2020. 180 p. DOI: 10.22271/ed.book.978.
11. Rather B.A., Mir M.M., Iqbal U., Mir S.A. Integrated Pest Management of Stone Fruits. In: Mir M.M., Iqbal U., Mir S.A. (eds) Production Technology of Stone Fruits. Singapore: Springer, 2021. P. 397-422. DOI: 10.1007/978-981-15-8920-1_15.
12. Pest Management Challenges and Control Practices in Codling Moth: A Review / M. Kadoić Balaško, et al. // Insects. 2020. Vol. 11. 38. DOI: 10.3390/insects11010038.
13. Bouri M., Arslan K., Sahin F. Climate-Smart Pest Management in Sustainable Agriculture: Promises and Challenges // Sustainability. 2023. Vol. 15. 4592. DOI: 10.3390/su15054592.
14. Effects of operational sex ratio, mating age, and male mating history on mating and reproductive behavior in *Grapholita molesta* / W. Kong, et al. // Bulletin of Entomological Research. 2021. Vol. 111. P. 1-12. DOI: 10.1017/S0007485321000390.
15. Developing a digital twin of apple production and supply chain ecosystems / A.J. Mawson, et al. // Acta Horticulturae. 2023. Vol. 1360. P. 129-136. DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1360.17.
16. Automatic Pest Monitoring Systems in Apple Production under Changing Climatic Conditions / D. Čirjak, et al. // Horticulturae. 2022. Vol. 8. 520. DOI: 10.3390/horticulturae8060520.

17. Ramsden M., O Driscoll A. Advances in decision support systems (DSSs) for integrated pest management in horticultural crops. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2022. DOI: 10.19103/AS.2021.0095.07.
18. Amat C., Bosch D., Avilla J., Escudero-Colomar L.A. Different Population Phenologies of *Grapholita molesta* (Busck) in Two Hosts and Two Nearby Regions in the NE of Spain // Insects. 2021. Vol. 12. 612. DOI: 10.3390/insects12070612.
19. Differences in the link between female moth oviposition and larval fitness in *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) over seasonal variation of host fruit species / Y. Wang, et al. // International Journal of Pest Management. 2023. 1-11. DOI: 10.1080/09670874.2023.2167133.
20. Şahin A.K., Ozpinar A. Adult Population Development of *Grapholita molesta* (Busck 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) on Different Fruit Species and Locations // COMU Journal of Agriculture Faculty. 2021. Vol. 9(2). 433. DOI: 10.33202/comuagri.1012512.
21. Гашимов З.И., Астарханов И.П., Омариёва Л.В. К вопросу о степени изученности биоэкологических особенностей восточной плодовой моли и мер борьбы с ней в условиях Дагестана // Известия Дагестанского ГАУ. 2021. № 4(12). С. 7-10. EDN: ZVGJFI.
22. Стрюкова Н.М., Стрюков А.А. Чужеродные насекомые – фитофаги сельскохозяйственных, декоративных и лесных насаждений Крыма // Фитосанитария. Карантин растений. 2022. № 4(12). С. 16-32. EDN: RXXCEL.
23. Шадур Н.И. Биологизация системы защиты персика от восточной плодовой моли // Виноградарство и виноделие. 2022. Т. 51. С. 79-81. EDN: OTANLM.
24. Джунусов К.К. Мониторинг Восточной плодовой моли и меры по снижению её вредоносности в условиях Чуйской долины // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2021. № 1(55). С. 6-12. EDN: THFDOU.
25. Потанин Д.В., Иванова М.И., Даниленко В.Я. Агроклиматический атлас Республики Крым. Пригодность территории для выращивания плодовых, ягодных культур и винограда. Симферополь, ПОЛИПРИНТ: 2023. 306 с.

References

1. Kamusiime E., Nantongo J., Wacal C. Insect pests in apple (*Malus domestica* Borkh) gardens: Review // GSC Advanced Research and Reviews. 2023. Vol. 15. P. 030-053. DOI: 10.30574/gscarr.2023.15.1.0109.
2. Dynamical analysis, optimum control and pattern formation in the biological pest (EFSB) control model / P. Gulati, et al. // Chaos, Solitons & Fractals. 2021. Vol. 147. 110920. DOI: 10.1016/j.chaos.2021.110920.
3. Sarker S., Woo Y., Lim U.T. Developmental stages of peach, plum, and apple fruit influence development and fecundity of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. 2105. DOI: 10.1038/s41598-021-81651-4.
4. Zhai Z., Martínez J., Beltran V., Lucas Martínez N. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 170. 105256. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105256.
5. Al Basir F., Chowdhury J., Torres D.F.M. Dynamics of a Double-Impulsive Control Model of Integrated Pest Management Using Perturbation Methods and Floquet Theory // Axioms. 2023. Vol. 12(4). 391. DOI: 10.3390/axioms12040391.
6. Implementation, customization and functional evaluation of a location aware decision support system for precise management of Lepidoptera in Greek peach orchards of Pella, Greece / P. Damos, et al. // Acta Horticulturae. 2022. Vol. 1352. P. 509-516. DOI: 10.17660/Acta-Hortic.2022.1352.69.
7. Degree-day risk thresholds for predicting the occurrence of *Anarsia lineatella*, *Grapholita molesta* and *Adoxophyes orana* in northern Greece peach orchards / P. Damos, et al. // Plant Protection Science. 2022. Vol. 58(3). P. 234-244. DOI: 10.17221/137/2021-PPS.
8. Kumari V., Chauhan S., Dhar J. Controlling Pest by Integrated Pest Management: A Dynamical Approach // International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences. 2020. Vol. 5. P. 769-786. DOI: 10.33889/IJMEMS.2020.5.4.061.

9. The future of crop protection in Europe. Appendix 1 – Overview of current and emerging crop protection practices / Wenneker M., et al. European Parliamentary Research Service, 2021. 104 p. DOI: 10.2861/044114.
10. Raju S.V.S., Sharma K.R. Recent Trends in Insect Pest Management. Vol. 4. New Delhi: AkiNik Publications, 2020. 180 p. DOI: 10.22271/ed.book.978.
11. Rather B.A., Mir M.M., Iqbal U., Mir S.A. Integrated Pest Management of Stone Fruits. In: Mir M.M., Iqbal U., Mir S.A. (eds) Production Technology of Stone Fruits. Singapore: Springer, 2021. P. 397-422. DOI: 10.1007/978-981-15-8920-1_15.
12. Pest Management Challenges and Control Practices in Codling Moth: A Review / M. Kadoić Balaško, et al. // Insects. 2020. Vol. 11. 38. DOI: 10.3390/insects11010038.
13. Bouri M., Arslan K., Sahin F. Climate-Smart Pest Management in Sustainable Agriculture: Promises and Challenges // Sustainability. 2023. Vol. 15. 4592. DOI: 10.3390/su15054592.
14. Effects of operational sex ratio, mating age, and male mating history on mating and reproductive behavior in *Grapholita molesta* / W. Kong, et al. // Bulletin of Entomological Research. 2021. Vol. 111. P. 1-12. DOI: 10.1017/S0007485321000390.
15. Developing a digital twin of apple production and supply chain ecosystems / A.J. Mawson, et al. // Acta Horticulturae. 2023. Vol. 1360. P. 129-136. DOI: 10.17660/Acta-Hortic.2023.1360.17.
16. Automatic Pest Monitoring Systems in Apple Production under Changing Climatic Conditions / D. Čirjak, et al. // Horticulturae. 2022. Vol. 8. 520. DOI: 10.3390/horticulturae8060520.
17. Ramsden M., O Driscoll A. Advances in decision support systems (DSSs) for integrated pest management in horticultural crops. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2022. DOI: 10.19103/AS.2021.0095.07.
18. Amat C., Bosch D., Avilla J., Escudero-Colomar L.A. Different Population Phenologies of *Grapholita molesta* (Busck) in Two Hosts and Two Nearby Regions in the NE of Spain // Insects. 2021. Vol. 12. 612. DOI: 10.3390/insects12070612.
19. Differences in the link between female moth oviposition and larval fitness in *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) over seasonal variation of host fruit species / Y. Wang, et al. // International Journal of Pest Management. 2023. 1-11. DOI: 10.1080/09670874.2023.2167133.
20. Şahin A.K., Ozpınar A. Adult Population Development of *Grapholita molesta* (Busck 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) on Different Fruit Species and Locations // COMU Journal of Agriculture Faculty. 2021. Vol. 9(2). 433. DOI: 10.33202/comuagri.1012512.
21. Gashimov Z.I., Astarkhanov I.R., Omarieva L.V. To the question of the degree of study of the bioecological features of the oriental fruit moth and measures of its control in the conditions of Dagestan // Daghestan GAU Proceedings. 2021. № 4(12). P. 7-10. EDN: ZVGJFI. (in Russian)
22. Stryukova N.M., Stryukov A.A. Alien insects – phytophages of agricultural, ornamental and forest plantations of the Crimea // Plant health and quarantine. 2022. № 4(12). P. 16-32. EDN: RXXCEL. (in Russian)
23. Shadura N.I. Biologization of peach protection system against oriental fruit moth // Viticulture and winemaking. 2022. Vol. 51. P. 79-81. EDN: OTANLM. (in Russian)
24. Dzhususov K.K., Tayirova G.A. Eastern fruit grower monitoring. (*Grapholitha molesta* Busck.) and measures to reduce its harmful effects in the conditions of the Chui Valley // Bulletin of the Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Scriabin. 2021. № 1(55). P. 6-12. EDN: THFDOU. (in Russian)
25. Potanin D.V., Ivanova M.I., Danilenko V.Ya. Agro-climatic atlas of the Republic of Crimea. The suitability of the territory for growing fruit, berry crops and grapes. Simferopol, POLYPRINT: 2023. 306 p. (in Russian)