

На правах рукописи

Давлианидзе Татьяна Алексеевна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДНЫХ
ПОПУЛЯЦИЙ КОМНАТНОЙ МУХИ *MUSCA DOMESTICA* К
ПРОИНСЕКТИЦИДАМ**

1.5.17. Паразитология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва - 2026

Работа выполнена в Федеральном бюджетном учреждении науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (ФБУН ФНЦГ имени Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора).

Научный руководитель:

доктор биологических наук

Еремина Ольга Юрьевна

Официальные оппоненты:

Тохов Юрий Мухамедович – доктор биологических наук, Федеральное казенное учреждение здравоохранения «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека», ведущий научный сотрудник лаборатории медицинской паразитологии;

Левченко Михаил Алексеевич – кандидат ветеринарных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией ветеринарных проблем в животноводстве.

Ведущая организация: Федеральное казенное учреждение здравоохранения «Иркутский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Защита состоится «17» июня 2026 г. в 11:00 ч. на заседании диссертационного совета 24.1.249.04, созданного на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской Академии Наук» (Москва, ЦФО)

Адрес: 117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, д. 28.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН и на сайте <http://viev.ru/>.

Автореферат разослан «__» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор биологических наук, профессор

Новик Тамара Самуиловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Комнатная муха, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) — является самым распространенным видом мух в мире. *M. domestica* является синантропным и эндофильным видом, т.е. живет в тесном контакте с человеком и способен завершить весь свой жизненный цикл в местах обитания человека и домашних животных (Khamesipour F., 2018). Комнатная муха повсеместно встречается в антропогенных биотопах: на фермах, бойнях, рынках, в больницах и на других объектах, связанных с деятельностью человека (Awache I., 2016). Высокая численность популяций *M. domestica* создает не только бытовые неудобства для людей и дискомфорт для животных, но и представляет серьезную эпидемиологическую угрозу. Мухи выступают в роли переносчиков широкого круга патогенов – от бактерий и вирусов до грибков и паразитов, включая опасные для жизни инфекции. Как отмечает Geden et al. мухи не могут жить без микробной среды, развитие личинок невозможно без бактериального сообщества (Geden C.J., 2021).

Механическая передача мухами различных патогенов через продукты питания человека вызывает озабоченность во всем мире. Многие исследования подтверждают жизнеспособность отдельных опасных бактерий через 8 дней после контакта с зараженной комнатной мухой (Fukuda A., 2017; Neupane S., 2019).

Популяции мух многочисленны на животноводческих объектах, а угроза здоровью людей и домашнего скота усиливается, когда плохие санитарные условия и отсутствие инсектицидных обработок навоза позволяют мухам иметь неограниченный доступ к источникам патогенов, таким как отходы и экскременты. Распространение между объектами и близлежащими жилыми и городскими помещениями способствует передаче бактерий людям и, следовательно, представляет риск для здоровья населения (Neupane S., 2022). Следует отметить, что развитие резистентности бактерий к большому числу антибиотиков, повышает значимость комнатной мухи как переносчика и делает ее важным звеном в переносе резистентных микроорганизмов, так как устойчивость к противомикробным препаратам признана одной из самых серьезных глобальных угроз для человечества (Onwugamba F.C., 2018).

Устойчивость популяций комнатной мухи к инсектицидам представляет собой ключевую проблему для специалистов многих медицинских учреждений, а также различных животноводческих и птицеводческих хозяйств по всему миру. На сегодняшний день в мире зарегистрировано более 463 случаев резистентности комнатных мух к 66 инсектицидам, относящимся ко всем используемым группам химических соединений (Arthropod Pesticide Resistance Database, <https://www.pesticideresistance.org/search.php>). Для того чтобы успешно бороться с комнатной мухой необходимо проводить мониторинг резистентности к инсектицидам и подбирать эффективные средства для уменьшения количества насекомых. Таким образом, борьба с комнатной мухой является актуальной проблемой для России.

Степень разработанности темы исследования. Данные о высокой численности и развитии устойчивых к инсектицидам популяций комнатной мухи *Musca domestica* в СССР, а затем и в России представлены в работах отечественных исследователей (С.А. Рославцева, 1976; Ю.Б. Полякова, 1995; В.В. Вавилова, 1999; С.А. Рославцева с соавт., 1998; С.А. Рославцева, 2006; М.А. Левченко с соавт., 2019; М.А. Левченко, 2020 и другие). Проблема резистентности комнатной мухи к инсектицидам является глобальной и изучается в других странах, о чем свидетельствуют работы зарубежных исследователей. Анализ работ зарубежных исследователей показывает, что *M. domestica* играет ключевую роль в эпидемиологии, выступая в качестве механического переносчика ряда вирусов, бактерий и прочих микроорганизмов, потенциально опасных для человека и животных (Bell et al., 2010; Khan et al., 2014; Gill et al., 2017; Park et al., 2019; Zhang et al., 2019; Gerry, 2020 и многие другие).

Цель исследования. Изучить чувствительность природных популяций комнатной мухи *Musca domestica* к проинсектицидам.

Задачи исследования:

1. Провести сравнительный анализ, применяемых инсектицидов в медицинской дезинсекции, сельском хозяйстве и ветеринарии для оценки современного состояния рынка инсектицидных средств.

2. Изучить особенности действия проинсектицидов при контактном, контактно-фумигационном, кишечном путях поступления в организм мух 4 природных популяций в сравнении с чувствительной культурой S-НИИД, исследовать реверсию чувствительности к инсектицидам у мух резистентных культур при длительном разведении в лаборатории без селекции инсектицидами.

3. Выявить механизмы детоксикации проинсектицидов из трех химических групп (оксадиазины, пирролы, неоникотиноиды) у комнатных мух 2 природных популяций в сравнении с чувствительной культурой S-НИИД, показать роль кутикулы в формировании резистентности к инсектицидам и поведенческую устойчивость к инсектицидным приманкам. Изучить влияние высокого уровня резистентности мух на их биологические параметры.

4. Провести сравнительное исследование имеющихся на рынке инсектицидных средств (приманки, концентраты), содержащих индоксакарб, и предложить схемы ротации с их использованием.

Научная новизна. Установлена чувствительность у комнатных мух из 4-х природных популяций к современным для России проинсектицидам хлорфенапиру и индоксакарбу и рассчитаны их диагностические концентрации для имаго *M. domestica*. Средства на их основе введены в предлагаемые нами схемы ротации. Впервые за последние 20 лет в Калужской и Московской областях России с помощью энтомо-токсикологического метода проведен мониторинг резистентности в выборках из популяций комнатных мух *M. domestica* к различным классам химических веществ. Подтверждено частичное восстановление исходной чувствительности у резистентных культур (на примере 52 поколений, выращенных в лаборатории без контакта с инсектицидами). Показано, что введение хлорфенапира в рецептуру средств в аэрозольной упаковке, повышает эффективность в отношении резистентных к пиретроидам комнатных мух. Определен и описан на данных популяциях комнатных мух вклад ферментных систем в процессы активации и детоксикации проинсектицидов и вклад АВС-транспортеров для их выведения из организма. На основе доступных источников проведен анализ и сравнение нескольких реестров инсектицидных средств, зарегистрированных в Российской Федерации, для прогнозирования дальнейшей ситуации на рынке инсектицидов и для выявления наиболее часто применяемых средств в сферах медицинской дезинсекции, ветеринарии и сельского хозяйства. Дана оценка биологического потенциала при развитии высокорезистентных к инсектицидам природных популяций комнатных мух при помощи расчета биологических параметров как фундаментального исследования для изучения механизма развития устойчивости и ее влияния на насекомых.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные данные подтверждают, что наличие резистентных популяций комнатной мухи представляет собой серьезную проблему для медицинской дезинсекции и ветеринарии в России. Показано, что включение в схемы ротации инсектицидных препаратов на основе пирролов и оксадиазинов способствуют повышению эффективности дезинсекционных мероприятий. Разработанные диагностические концентрации для ряда действующих веществ из различных химических групп могут быть применены для оценки доли резистентных особей в популяциях комнатной мухи к инсектицидам, наиболее часто используемым на объектах дезинсекции. С целью повышения результативности борьбы с комнатными мухами обоснована необходимость разработки индивидуальных (объект-ориентированных) схем ротации инсектицидов. Установлено, что инсектицидное средство в аэрозольной упаковке «Мультирезист Аэро» (Россия) на основе смеси пиретроида (бифентрин), неоникотиноида (ацетамиприд) и пиррола (хлорфенапир), инсектицидные приманки на основе индоксакарба и хлорфенапира, а также концентраты, содержащие индоксакарб, применяемые для обработки мест посадки имаго и мест вылода личинок, показали высокую результативность против чувствительной и

устойчивых культур. Эти средства включены в предложенные нами ротационные схемы инсектицидов. Дезинсекционные мероприятия в отношении комнатных мух проводятся по СанПиН 3.3686-21 (2024). Мы считаем, что надо добавить обязательный лабораторный этап оценки резистентности насекомых. В случае выявления низкой эффективности применяемых инсектицидов необходимо переходить к альтернативным тактикам борьбы. На основании результатов исследований зарегистрированы и разрешены к применению на территории Таможенного союза инсектицидные средства: «Мультирезист Аэро» (СГР RU.77.99.88.002.Е.000781.03.22 от 10.03.2022); «Гель-приманка с защитой от тараканов - Адвион™ гель от тараканов (ADVION® СОСКРОАСН GEL)» (СГР RU.77.99.88.002.Е.001599.05.21 от 14.05.2021); «ДУЭТ-БИ, к.э.» (СГР RU.77.99.88.002.Е.000582.03.24 от 14.03.2024); «СОЛО, к.э.» (СГР RU.77.99.88.002.Е.000581.03.24 от 14.03.2024); «Полиокарб SC 10» (RU.77.99.32.002.Е.003661.12.23 от 14.12.2023). На основании результатов собственных исследований и анализа литературных данных разработаны Методические указания МУ 3.5.2.4105-24 «Определение уровня чувствительности к инсектоакарицидам членистоногих, имеющих медицинское значение» (утверждены 25.12.2024, введены в действие с 25.04.2025). Результаты научных исследований по диссертационной работе используются в образовательной программе для курса повышения квалификации «Дезинфектология», и подготовлена лекция «Синантропные мухи. Основные сведения о систематике, морфологии и биологии. Меры профилактики и борьбы. Резистентность к инсектицидам» в ФБУН ФНЦГ имени Ф.Ф. Эрисмана. Также материалы исследований используются в курсе лекций «Дезинфектология» по повышению квалификации в ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России. Теоретическая значимость состоит в том, что изучена жизнеспособность комнатных мух, а именно подсчитаны все репродуктивные параметры природных популяций в сравнении с чувствительной. Описаны изменения и различия в биологических характеристиках насекомых различных популяций, что дает полную картину влияния высокой устойчивости инсектицидов на физиологическое развитие комнатных мух. Низкая продуктивность резистентных особей показывает негативное влияние различных химических веществ на все стадии онтогенеза. Показана мозаичность резистентности, а именно влияние не только генетических и биохимических процессов, но и поведенческих на становление устойчивости к инсектицидам. Показано, что каждая популяция индивидуальна и любой процесс протекает в каждой популяции независимо и обособленно, что подтверждено путем изучения реверсии чувствительности при разведении в лабораторных условиях без пресса инсектицидов.

Методология и методы исследования. Методологической основой данного исследования служили научные положения отечественных и зарубежных авторов, которые оказали большое влияние на изучение проблемы резистентности комнатной мухи к инсектицидам из различных химических групп. В ходе выполнения диссертационной работы были применены как общенаучные методы (научный поиск, анализ, сравнение, обобщение, системный подход), так и специальные методики, соответствующие профилю специальности. Экспериментальная часть включала: метод отлова и сбора комнатных мух в природных станциях, метод разведения в инсектарии и введение в культуру, метод топикального нанесения действующих веществ, метод группового скармливания инсектицидных приманок, метод оценки эффективности средств в аэрозольной упаковке с пропеллентом против летающих насекомых. Для изучения механизмов действия применялся энтомо-токсикологический метод использованием синергистов. Резистентность оценивалась путем определения диагностических концентрация инсектицидов. Эффективность средств определяли при подсадке насекомых на обработанные поверхности, а также в опытах с концентрированными препаратами против личинок мух. Дополнительно проводился расчет биологических показателей мультирезистентных культур. Полученные данные обрабатывались статистическими методами.

Основные положения, выносимые на защиту.

1) Появление на территории России мультирезистентных популяций комнатной мухи связано с преобладанием на рынке действующих веществ из групп неоникотиноидов, фенилпиразолов, пиретроидов.

2) Выявлена резистентность к циперметрину, фипронилу, тиаметоксаму и клотианидину у российских популяций комнатной мухи *Musca domestica* L. Выявлена чувствительность к новым для России действующим веществам хлорфенапиру и индоксакарбу у популяций из Московской и Калужской областей, а также к хлорпирифосу.

3) Инсектицидные средства на основе хлорфенапира и индоксакарба эффективны против природных популяций комнатной мухи и рекомендованы к применению для борьбы с имаго и личинками.

4) Развитие высокой резистентности к инсектицидам влияет на биологические параметры комнатной мухи, что приводит к низкой жизнеспособности резистентных насекомых.

Степень достоверности и апробация результатов. Материалы диссертации доложены на V Международной конференции «Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных» (26–28 октября 2020 г., г. Томск, Россия), на I Национальном конгрессе с международным участием по экологии человека, гигиене и медицине окружающей среды «Сысинские чтения – 2020» (Москва, 19–20 ноября 2020 г.), на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 100-летию академика И.Н. Блохиной (26–27 апреля 2021 г., г. Нижний Новгород), на XV национальной научно-практической конференции памяти профессора В.А. Ромашова «Современные проблемы общей и прикладной паразитологии» (Воронеж, 25 ноября 2021 г.), на XII съезде Всероссийского научно-практического общества эпидемиологов, микробиологов и паразитологов (Москва 26–28 октября 2022 г.), на IV Международном паразитологическом симпозиуме (Санкт-Петербург, 7–9 декабря 2022 г.), на юбилейной конференции, посвящённой 90-летию Научно-исследовательского института дезинфектологии (Москва, 21–22 сентября 2023 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 3 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, а также 28 статей в других научных изданиях.

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном выполнении всех этапов работы, участии планирования исследования. Автором лично проведен систематический анализ литературных и электронных источников по проблеме резистентности комнатной мухи в мире и России. Диссертант осуществил сбор популяций насекомых в нескольких географических точках, ввел их в культуру и обеспечил поддержание лабораторных культур в инсектарии. Соискателем самостоятельно проведены эксперименты по изучению резистентности к инсектицидам различных химических групп, реверсии, механизмов резистентности и обработке экспериментальных данных. Личный вклад автора составляет 80 %. Подготовка публикаций по теме исследования осуществлена непосредственно соискателем.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 180 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, собственных исследований, включающих материалы и методы и результаты исследований, обсуждения результатов, заключения, практических предложений, перспективы дальнейшей разработки темы, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Работа проиллюстрирована 28 таблицами, 18 рисунками. Список литературы включает 246 источников (34 отечественных и 212 иностранных авторов). Приложения включают таблицу с характеристиками исследованных действующих веществ из разных химических классов, а также инструкции средств, в регистрации которых принималось участие.

Благодарности. Выражаю искреннюю благодарность и признательность за терпение, постоянную поддержку и помощь на всех этапах исследования своему научному руководителю д.б.н. О.Ю. Ереминой, а также профессору д.б.н. С.А. Рославцевой, к.б.н. В.В. Олифер, к.б.н. М.А. Алексееву за неоценимую помощь в работе, ценные советы и замечания.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Приведены краткие сведения о медицинском и ветеринарном значении комнатной мухи. Представлены литературные данные о резистентности к инсектицидам в популяциях насекомых в различных странах. Описаны основные проинсектициды и пути их активации. Изложены механизмы резистентности инсектицидов и их детоксикации. Охарактеризованы синергисты как инструмент исследования механизмов устойчивости насекомых. Приведены данные о биологических последствиях для организма насекомых при развитии высокой резистентности. Рассмотрены основные исследования по реверсии чувствительности насекомых.

2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материалы и методы

Исследования проведены в период с 2020 г. по 2024 г. Проведено более 1000 опытов на комнатной мухе, в которых было использовано более 100 тыс. особей мух из пяти культур, выращиваемых в инсектарии Института дезинфектологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора.

Объектом исследований являлись имаго природных популяций комнатной мухи *M. domestica*, сбор которых был осуществлен в разных точках Московской и Калужской областей. Все они были названы по местам их отлова и введены в культуру. Имаго комнатной мухи отлавливали в местах высокой концентрации насекомых, используя стандартный энтомологический сачок, в количестве не менее 1000 особей. Четыре выборки введены в культуру в инсектарии Института дезинфектологии. Для сравнения использовали лабораторную чувствительную к инсектицидам культуру комнатной мухи *M. domestica* S-НИИД, культивируемую в инсектарии Института дезинфектологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора.

В экспериментах применяли технические продукты инсектицидов из нескольких групп химических соединений: неоникотиноиды (тиаметоксам, клотианидин), оксадиазины (индоксакарб), пирролы (хлорфенапир), фенилпиразолы (фипронил), пиретроиды (циперметрин), фосфорорганические соединения (ФОС) (хлорпирифос). Также в экспериментах были использованы опытные образцы зарегистрированных инсектицидных средств (средства в аэрозольной упаковке, инсектицидные приманки, концентраты эмульсии). Для изучения механизмов детоксикации и активации проинсектицидов использовали ингибиторы монооксигеназ пиперонилбутоксид (ППБ), эстераз – S,S,S-трибутилтретиофосфат (ТБТФ), глутатион-S-трансфераз – диэтилмалеат (ДЭМ), и ABC-транспортёров – верапамил (ВЕР). При проведении исследовательских работ с насекомыми использовали утвержденные методы в соответствии с Руководством Р 4.2.3676-20 «Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности». Применялись методы отлова мух в природных станциях и метод их разведения в инсектарии и введения в культуру. Статистическую обработку данных по токсичности ДВ инсектицидов проводили с использованием пакета статистических программ «Статистика» для персонального компьютера. Расчет величин $СК_{50(95)}$ проведен методом пробит-анализа по Д.Дж. Финни (Finney, 1971).

2.2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.2.1. Сравнительный анализ применяемых инсектицидов в сельском хозяйстве, ветеринарии и медицинской дезинсекции

Проведен подробный анализ ассортимента ДВ и их препаративных форм в реестрах инсектицидов, зарегистрированных в медицинской дезинсекции, ветеринарии и сельском хозяйстве Российской Федерации (Роспотребнадзор, Россельхознадзор и Минсельхоз соответственно). Установлено, что лидирующее положение во всех сферах применения занимают пиретроиды, и доля средств на их основе составляет от 27,8% до 58,7%. Сделано предположение о влиянии химических обработок в сельском хозяйстве, ветеринарии и медицинской дезинсекции на уровни устойчивости комнатной мухи к инсектицидам.

При анализе зарегистрированных средств реестра Роспотребнадзора были выявлены наиболее широко представленные химические группы: пиретроиды (58,7%), ФОС (16,2%) и неоникотиноиды (10,9%). В ветеринарии наиболее часто используются пиретроиды (27,8%), фенилпиразолы (23,0%), авермектины (19,4%), в сельском хозяйстве – пиретроиды (29,2%), неоникотиноиды (27,4%), ФОС (22,9%). Современные группы ДВ наиболее широко представлены в сельском хозяйстве: карбоксамиды (0,3%), спиносины (0,3%), пиразолы (0,3%), антраниламидамы (1,7%), диамидамы (0,7%) и тетрановые кислоты (1,4%).

2.2.2. Характеристика уровней резистентности культур комнатной мухи при контактном нанесении инсектицидов

2.2.2.1. Относительное изменение инсектицидности при топикальном нанесении проинсектицидов

Выявлено замедленное действие проинсектицидов на имаго комнатной мухи четырех культур. Показано, что гибель при отравлении проявляется через несколько суток после обработки. Для сравнения был проведен опыт с циперметрином, который не является проинсектицидом и у которого не наблюдали изменения токсичности в течение 72 ч. Отношение показателя СК₅₀ при учете через 24 ч к таковому при учете через 72 ч в опытах с тиаметоксамом составило 1,0–3,3, с индоксакарбом – 2,9–5,5, с хлорфенапиром – 1,2–6,0 и с фипронилом – 1,2–6,1.

2.2.2.2. Чувствительность комнатной мухи к инсектицидам при топикальном нанесении

Методом топикального нанесения инсектицидов установлена высокая резистентность всех природных культур к циперметрину, а также у двух культур к фипронилу. Опыты с неоникотиноидами показали высокий и экстремально высокий уровень резистентности у всех природных культур (ПР 95-333×). Экспериментально установлено, что все природные популяции были более чувствительны к хлорфенапиру и индоксакарбу, чем лабораторная культура S-НИИД (таблица 1).

Таблица 1 – Резистентность комнатной мухи к проинсектицидам

Культура	СК ₅₀ , %	СК ₉₅ , %	$\chi^2(df)$	ПР по СК ₅₀
Хлорпирифос				
S-НИИД	0,015 (0,010–0,023)	0,040 (0,027–0,060)	5,1 (5)	-
КСК-1	0,055 (0,040–0,075)	0,100 (0,073–0,137)	4,8 (5)	3,7*
КСК-2	0,010 (0,008–0,013)	0,550 (0,440–0,688)	5,5 (5)	0,7
Красногорск	0,021 (0,016–0,028)	0,100 (0,076–0,131)	4,3 (5)	1,4
Калуга	0,009 (0,006–0,013)	0,600 (0,400–0,900)	7,1 (5)	0,6
Фипронил				
S-НИИД	0,00012 (0,00008–0,00018)	0,0076 (0,0052–0,0114)	6,8 (5)	-
КСК-1	0,0006 (0,0004–0,0009)	0,009 (0,006–0,014)	7,5 (5)	5,0*
КСК-2	0,0010 (0,0008–0,0012)	0,026 (0,021–0,033)	4,6 (5)	8,3*
Красногорск	0,0090 (0,0064–0,0126)	0,100 (0,071–0,140)	12,6 (7)	75*
Калуга	0,0055 (0,0042–0,0069)	0,066 (0,050–0,086)	5,6 (5)	46*
Тиаметоксам				
S-НИИД	0,0030 (0,0022–0,0041)	0,021 (0,015–0,029)	2,8 (5)	-
КСК-1	>1,0	>1,0	27,8 (6)	>333*
КСК-2	0,60 (0,43–0,81)	>1,0	13,1 (6)	200*
Красногорск	1,0 (0,62–1,61)	>1,0	12,4 (6)	333*
Калуга	0,30 (0,19–0,47)	1,0 (0,77–1,30)	1,1 (6)	100*

Продолжение табл. 1

Клотианидин				
S-НИИД	0,004 (0,003–0,005)	0,023 (0,018–0,030)	2,5 (6)	-
КСК-1	>1,0	>1,0	23,9 (6)	>250*
КСК-2	0,38 (0,29–0,72)	>1,0	4,1 (6)	95*
Красногорск	1,0 (0,77–1,31)	>1,0	9,4 (6)	263*
Калуга	0,42 (0,32–0,54)	>1,0	4,1 (6)	105*
Индоксакарб				
S-НИИД	0,0041 (0,0036–0,0047)	0,014 (0,012–0,016)	7,8 (4)	–
КСК-1	0,0018 (0,0013–0,0025)	0,026 (0,019–0,036)	1,7 (5)	0,44*
КСК-2	0,0015 (0,0012–0,0019)	0,140 (0,112–0,175)	7,4 (5)	0,37*
Красногорск	0,0060 (0,0040–0,0090)	0,067 (0,045–0,092)	8,0 (4)	1,46
Калуга	0,0010 (0,0007–0,0015)	0,022 (0,016–0,031)	3,9 (5)	0,24*
Хлорфенапир				
S-НИИД	0,0040 (0,0035–0,0046)	0,020 (0,014–0,023)	35,1 (6)	–
КСК-1	0,0030 (0,0022–0,0045)	0,026 (0,017–0,039)	33,9 (5)	0,75
КСК-2	0,0050 (0,0038–0,0065)	0,012 (0,009–0,016)	7,6 (4)	1,25
Красногорск	0,0010 (0,0008–0,0013)	0,015 (0,012–0,019)	1,98 (5)	0,25*
Калуга	0,0013 (0,0009–0,0018)	0,027 (0,019–0,038)	10,5 (5)	0,33*
Циперметрин				
S-НИИД	0,00020 (0,00015–0,00026)	0,0012 (0,0009–0,0016)	2,7 (5)	-
КСК-1	0,015 (0,011–0,020)	0,10 (0,08–0,13)	3,1 (5)	75*
КСК-2	0,120 (0,092–0,156)	>1,0	3,6 (5)	600*
Красногорск	0,100 (0,071–0,140)	>1,0	2,8 (5)	500*
Калуга	0,180 (0,138–0,248)	>1,0	3,9 (5)	900*

Примечание: * - различия статистически достоверны при $P \leq 0,05$ между культурой S-НИИД и резистентными культурами

2.2.3. Контактно-фумигационное действие средств в аэрозольной упаковке и обратимость нокдауна у мультирезистентных культур комнатной мухи

Исследования контактно-фумигационного действия инсектицидных средств в аэрозольной упаковке, в состав которых входили смеси нескольких пиретроидов, показали неполное поражение подопытных насекомых резистентных культур и высокую обратимость нокдаун-эффекта (рис.1). При практически одинаковом времени наступления состояния паралича у 1% насекомых (KT_1) у чувствительной культуры S-НИИД и резистентных культур ($KT_1=0,4-0,6$ мин), KT_{50} различались более значительно – 1,5 мин для S-НИИД и 7,5–12,0 мин для резистентных культур. Показатели KT_{99} различались еще более значимо – 5 мин для S-НИИД и 240 мин для КСК-1, этот показатель не был достигнут для остальных исследованных культур, что свидетельствует о разнородности культур по признаку чувствительности к пиретроидам. Обратимость паралича при действии средств, содержащих только пиретроиды, составила 0% для S-НИИД, и 60–100% для всех остальных исследованных культур. Введение в рецептуру фипронила привело к снижению обратимости паралича для резистентных культур до 35–40%. Введение хлорфенапира (0,5%) в рецептуру средства привело к значительному повышению его эффективности за счет отсутствия обратимости паралича у всех изученных культур. На представленных рисунках изображена обратимость паралича при использовании аэрозоля с фипронилом (рисунок 1А), пиретроидами (рисунок 1Б) и хлорфенапиром (рисунок 1В).

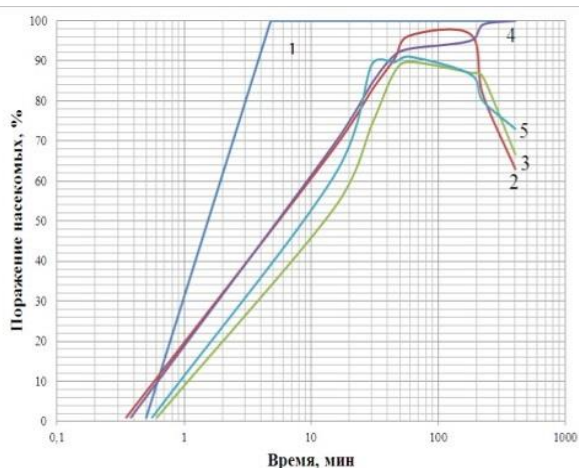


Рисунок 1А (пиретроиды+фипронил)

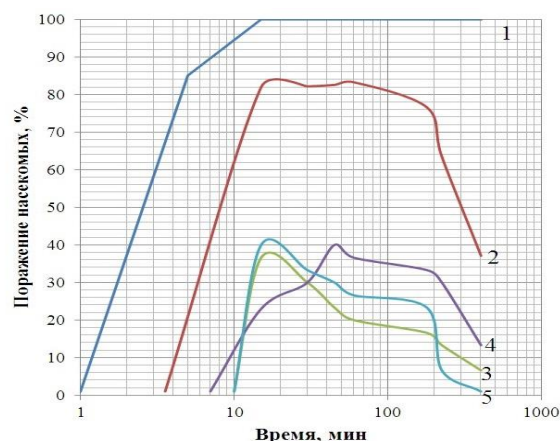


Рисунок 1Б (пиретроиды)

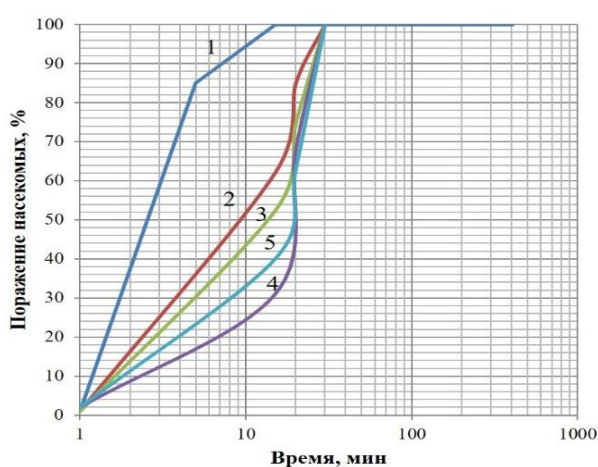


Рисунок 1В (пиретроиды+хлорфенапир)

Условные обозначения:

S-НИИД	1	—
Калуга	2	—
Красногорск	3	—
КСК-1	4	—
КСК-1	5	—

Рисунок 1. Поражение насекомых (%) резистентных и чувствительной культур при контактно-фумигационном действии нескольких средств в аэрозольной упаковке.

2.2.4. Характеристика уровней резистентности культур комнатной мухи при кишечном действии проинсектицидов

2.2.4.1. Токсичность индоксакарба и хлорфенапира для чувствительной культуры S-НИИД

Для чувствительной культуры комнатной мухи S-НИИД отравленные приманки на основе хлорфенапира оказались высокоэффективными. Зафиксирована медленная динамика отравления насекомых. Учет через 4 ч показал, что отравление насекомых было заметно только при концентрациях 3% ДВ (смертность составила 94% особей), однако при учете через 24 ч концентрация, обеспечивающая гибель 95% насекомых, составила 0,003%. Опыты с приманкой на основе индоксакарба показали, что концентрация 0,6% ДВ является наиболее эффективной в отношении лабораторной культуры S-НИИД. Гибель мух была зафиксирована уже через 48 ч. Разведение приманки глицерином до концентрации 0,1% показало снижение ее поедаемости и замедление гибели мух, однако 98% мух погибли при учете через 48 ч.

2.2.4.2. Резистентность *M. domestica* при кишечном пути поступления в организм комнатной мухи

При исследовании кишечного действия проинсектицидов самыми токсичными соединениями для имаго комнатных мух оказались индоксакарб и хлорфенапир. К этим ДВ были чувствительны все культуры насекомых. ПР составили от 0,22× до 0,54× для индоксакарба и от 1,8× до 2,8× для хлорфенапира. Для поражения 95% насекомых потребовалась концентрация индоксакарба 0,011–0,060 мкг ДВ/мг сахара и хлорфенапира

0,035–0,120 мкг ДВ/мг сахара (таблица 2). Действие неоникотиноидов при поедании отравленных приманок практически идентично для всех устойчивых культур. Во всех испытаниях значения превышают 3 мкг ДВ/мг сахара для достижения смертности 50% мух и 4 мкг ДВ/мг сахара для достижения смертности 95% мух. ПР составляют 79–97× для клотианидина и 80–104× для тиаметоксама, что говорит о высокой резистентности мух к неоникотиноидам.

К фипронилю показана мозаичность резистентности у комнатной мухи: две популяции (КСК-1 и КСК-2) были толерантными (6,3–7,7×) и две (Красногорск и Калуга) – высокорезистентными (23,3–76,7×).

Таблица 2 - Инсектицидность сахарных приманок для комнатной мухи при трехсуточном питании (учет через 72 ч)

Культура	Показатель инсектицидности, мкг ДВ/мг сахара		X ² (df)	ПР по СК ₅₀
	СК ₅₀	СК ₉₅		
Индоксакарб				
S-НИИД	0,0050 (0,0038–0,0065)	0,0120 (0,0100–0,0140)	5,5 (6)	-
КСК-1	0,0013 (0,0010–0,0017)	0,0230 (0,0180–0,0280)	2,8 (6)	0,26*
КСК-2	0,0011 (0,0008–0,0015)	0,0110 (0,0080–0,0150)	4,5 (6)	0,22*
Красногорск	0,0027 (0,0021–0,0035)	0,0110 (0,0080–0,1430)	3,4 (6)	0,54*
Калуга	0,0014 (0,0011–0,0018)	0,0600 (0,0460–0,0780)	5,6 (6)	0,28*
Хлорфенапир				
S-НИИД	0,0060 (0,0040–0,0090)	0,0260 (0,0170–0,0390)	4,6 (6)	-
КСК-1	0,0140 (0,0100–0,0200)	0,0420 (0,0300–0,0590)	5,8 (6)	2,3*
КСК-2	0,0110 (0,0090–0,0130)	0,0350 (0,0300–0,0410)	4,9 (6)	1,8
Красногорск	0,0120 (0,0090–0,0160)	0,0700 (0,0530–0,0930)	5,1 (6)	2,0*
Калуга	0,0170 (0,0130–0,0220)	0,1200 (0,0920–0,1560)	1,6 (6)	2,8*
Фипронил				
S-НИИД	0,0003 (0,00023–0,00039)	0,0015 (0,0011–0,0020)	3,5 (5)	-
КСК-1	0,0023 (0,0017–0,0031)	0,0500 (0,0370–0,0680)	3,3 (5)	7,7*
КСК-2	0,0019 (0,0013–0,0028)	0,0470 (0,0320–0,0690)	2,5 (5)	6,3*
Красногорск	0,0230 (0,0177–0,0299)	0,2810 (0,2150–0,3650)	8,9 (5)	76,7*
Калуга	0,0070 (0,0053–0,0092)	0,0350 (0,0270–0,0460)	6,6 (5)	23,3*
Тиаметоксам				
S-НИИД	0,0410 (0,0330–0,0510)	0,3800 (0,3000–0,4800)	13,4 (5)	-
КСК-1	4,1000 (3,1400–5,3300)	5,8000 (4,4600–7,5400)	17,8 (5)	100*
КСК-2	3,9000 (3,1500–4,8400)	4,6000 (3,9500–5,1000)	15,9 (5)	95,1*
Красногорск	4,3000 (3,3400–5,5500)	5,6000 (4,3100–7,2900)	18,1 (5)	104,8*
Калуга	3,3000 (2,5300–4,2900)	4,9000 (3,7600–6,3700)	12,6 (5)	80,4*
Клотианидин				
S-НИИД	0,0490 (0,0270–0,0670)	0,5400 (0,4100–0,6600)	18,1 (5)	-
КСК-1	4,5000 (3,6700–5,0100)	6,1000 (4,6900–7,1800)	16,9 (5)	91,8*
КСК-2	4,4000 (3,6900–5,0800)	5,2000 (4,0000–6,2000)	20,1 (5)	89,7*
Красногорск	4,8000 (3,8700–6,0100)	5,9000 (4,5300–7,6900)	14,7 (5)	97,9*
Калуга	3,9000 (2,9800–4,5600)	5,2000 (4,2000–6,8000)	12,8 (5)	79,5*

Примечание: * - различия статистически достоверны при $P \leq 0,05$ между культурой S-НИИД и резистентными культурами

2.2.5. Расчет диагностических концентраций инсектицидов

Нами были рассчитаны диагностические концентрации хлорфенапира и индоксакарба для имаго комнатной мухи чувствительной культуры S-НИИД при контактном и кишечном действии на организм (таблица 3).

Таблица 3 – Диагностические концентрации инсектицидов

Контактное действие			
ДВ	СК ₅₀ , %	СК ₉₅ , %	ДК, %
Хлорфенапир	0,0040 (0,0031-0,0062)	0,0200 (0,0153-0,0260)	0,0400
Индоксакарб	0,0041 (0,0028-0,0049)	0,0140 (0,0106-0,0184)	0,0280
Кишечное действие			
ДВ	СК ₅₀ , мг ДВ/г сахара	СК ₉₅ , мг ДВ/г сахара	ДК, мг ДВ/г сахара
Хлорфенапир	0,0060 (0,0044-0,0081)	0,0260 (0,0198-0,0340)	0,0520
Индоксакарб	0,0050 (0,0037-0,0067)	0,0120 (0,0089-0,0160)	0,0240

2.2.6. Изучение механизмов резистентности к инсектицидам культур комнатной мухи

При изучении влияния ингибиторов ферментных систем на эффективность проинсектицида индоксакарба для комнатной мухи культуры S-НИИД показано, что ингибитор монооксигеназ (МО) ППБ достоверно тормозил процесс активации молекулы инсектицида (таблица 4). Значимое влияние ингибиторов эстераз ТБТФ и ингибитора GST ДЭМ на процессы детоксикации не установлено.

У насекомых культур Калуга и Красногорск ингибирование МО также привело к снижению эффективности индоксакарба, однако для первой культуры различия оказались недостоверными, тогда как для второй — достоверными. Выявлено значимое подавление детоксикации индоксакарба при помощи ингибитора GST у культуры Калуга, в то время как у культуры Красногорск этот показатель не имел статистически значимых отличий. Ингибитор эстераз ТБТФ приводил к повышению эффективности индоксакарба только у культуры Калуга.

Таблица 4 – Влияние предобработки синергистами на инсектицидность действующих веществ

Культура	Ферментная система (ингибитор), КСД			
	Монооксигеназы (ППБ)	Эстеразы (ТБТФ)	GST (ДЭМ)	ABC-транспортеры (ВЕР)
Индоксакарб				
S-НИИД	0,54*	1,17	1,17	2,73*
Калуга	0,80	0,80	1,60*	0,62*
Красногорск	0,83*	1,05	1,18	1,25
Хлорфенапир				
S-НИИД	3,07*	2,35*	1,82*	2,35*
Калуга	1,83*	1,96*	1,00	1,22
Красногорск	1,07	1,28*	0,71	1,00
Тиаметоксам				
S-НИИД	2,00*	1,88*	3,00*	3,75*
Калуга	1,25	1,00	1,00	1,79*
Красногорск	1,14	1,23	1,00	2,29*

Примечание: *отличия достоверны при $P \leq 0,05$ между насекомыми, обработанными последовательно синергистами и инсектицидами и только инсектицидами.

Статистически достоверное повышение активности хлорфенапира установлено под действием ингибиторов ППБ, ТБТФ и ДЭМ для культуры S-НИИД, ППБ и ТБТФ для культуры Калуга и только ТБТФ для культуры Красногорск.

Изучение механизма резистентности комнатных мух к тиаметоксаму показало, что ингибиторы ферментных систем оказывали статистически значимое влияние только на чувствительную культуру S-НИИД (КСД 1,88–3,0). Увеличение инсектицидности тиаметоксама под влиянием синергистов для насекомых культур Красногорск и Калуга не установлено. Возможно, этот факт связан с сохраняющейся высокой резистентностью комнатных мух к тиаметоксаму ПР = 100× и 53× соответственно.

Ингибитор АВС-транспортёров верапамил значимо повышал токсичность индоксакарба только для чувствительной культуры S-НИИД, в то время как для культуры Калуга применение его приводило к статистически значимому снижению эффективности, а для культуры Калуга — к незначительному повышению. Аналогичные данные получены при изучении механизма действия хлорфенапира. КСД значимо был больше только у культуры S-НИИД, тогда как у культур Калуга и Красногорск отличия оказались недостоверными. У высокорезистентных к тиаметоксаму мух выявлен значительный эффект верапамила, который повышал инсектицидность в 1,79–2,29 раз.

2.2.7. Относительное изменение инсектицидности при контактном и кишечном действии на организм комнатной мухи

При сравнении двух способов проникновения инсектицидов в организм надо отметить, что кишечный способ наиболее эффективен. Поскольку показатели резистентности при контактном действии выше, чем при кишечном, это показывает влияние толщины или изменение состава кутикулы. При кишечном способе поступления улучшается проникновение инсектицида в организм насекомого.

Чувствительность резистентных мух к индоксакарбу и хлорфенапиру была аналогична таковой культуры S-НИИД и выявлены наименьшие различия при поступлении через кишечник и через покровы. Показана потенциальная роль кутикулы в резистентности к неоникотиноидам – различия в показателях резистентности по коэффициенту (К контакт./кишечн.) составили 1,4–3,8 раза для тиаметоксама и 1,4–4,4 раза для клотианидина. К контакт./кишечн., характеризующий проникновение фипронила через кутикулу, составил 1,5–3,1 раза – несколько меньше, чем у неоникотиноидов (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнение показателей резистентности при контактном и кишечном путях поступления в организм и сравнение контактного и кишечного действия

Культура	Поедание отравленных приманок в течение 24 ч и учет через 72 ч СК ₅₀ , мкг ДВ/мг сахара, учет через ... ч		ПР через 72 ч		К конт акт./ кише чное
	24	72	Кише чное	Конта ктное *	
Индоксакарб					
S-НИИД	0,5000 (0,3850–0,6500)	0,0170 (0,0130–0,0220)	-	-	-
Красногорск	0,5400 (0,4150–0,7020)	0,0240 (0,0180–0,0310)	1,4	1,46	1,04
Калуга	>0,5	0,0180 (0,0140–0,0230)	1,0	0,24	0,24
Хлорфенапир					
S-НИИД	0,0600 (0,0460–0,0780)	0,0140 (0,0110–0,0180)	-	-	-
Красногорск	>0,0500	0,0180 (0,0140–0,0240)	1,3	0,25	0,19
Калуга	0,0500 (0,0380–0,0660)	0,0180 (0,0140–0,0240)	1,3	0,33	0,25
Фипронил					
S-НИИД	0,0040 (0,0031–0,0052)	0,0010 (0,0008–0,0013)	-	-	-
КСК-1	0,0090 (0,0069–0,0117)*	0,0034 (0,0026–0,0044)*	3,4	5,0	1,5

Продолжение табл. 5

КСК-2	0,0065 (0,0050–0,0085)	0,0030 (0,0023–0,0039)*	3,0	8,3	2,8
Красногорск	0,0500 (0,0385–0,0650)*	0,0350 (0,0269–0,0455)*	35	75	2,1
Калуга	0,0500 (0,0355–0,0705)*	0,0150 (0,0115–0,0195)*	15	46	3,1
Тиаметоксам					
S-НИИД	0,0780 (0,0600–0,1010)	0,0620 (0,0480–0,0810)	-	-	-
КСК-1	>5,0*	5,5000 (4,2000–7,2000)*	88	>333	3,8

Продолжение табл. 5

КСК-2	>5,0*	5,3000 (4,1000–6,9000)*	85	200	2,4
Красногорск	>5,0*	5,4000 (4,5000–6,5000)*	87	333	3,8
Калуга	>5,0*	4,4000 (3,4000–5,7000)*	71	100	1,4
Клотианидин					
S-НИИД	0,1000 (0,0770–0,1300)	0,0700 (0,0540–0,0910)	-	-	-
КСК-1	>5,0*	5,5000 (4,2000–7,2000)*	79	>250	3,2
КСК-2	>5,0*	4,9000 (3,8000–6,4000)*	70	95	1,4
Красногорск	>5,0*	4,2000 (3,2000–5,5000)*	60	263	4,4
Калуга	5,0 (3,8000–6,5000)*	2,5000 (1,9000–3,3000)*	36	105	2,9

Примечание: * отличия статистически достоверны при $P \leq 0,05$ между культурой S-НИИД и резистентными культурами

2.2.8. Выявление аверсии у мультирезистентных культур комнатной мухи

Нами показана поведенческая резистентность изучаемых культур комнатной мухи к приманкам на основе неоникотиноидов имидаклоприда и тиаметоксама и карбамата метомила. При выборе альтернативного корма или приманки на основе тиаметоксама токсическое действие на лабораторную культуру S-НИИД выражалось в замедлении показателей ЛТ₉₅ (в 2 раза), а для резистентных насекомых в 8 раз. При питании приманкой на основе метомила в присутствии альтернативного корма, мухи устойчивых культур выжили и через двое суток смертность составила для культуры Калуга 1,3%, для культуры Красногорск — 18,1% (таблица 6).

Таблица 6 – Скорость отмирания комнатных мух исследуемых культур при поедании отравленных приманок

Культура	Показатели инсектицидности, ч		ПР по ЛТ ₅₀	ПР по ЛТ ₉₅	Отношение ЛТ ₉₅ с АК к ЛТ ₉₅ без АК
	ЛТ ₅₀	ЛТ ₉₅			
Метомил 10,0 мкг ДВ/мг приманки					
S-НИИД	1,60±0,48	2,60±0,62	–	–	–
Красногорск	4,60±1,61	30,00±7,23	2,90±0,64*	11,50±3,41*	–
Калуга	10,00±2,42	33,0±8,10	6,30±1,45*	12,70±3,86*	–
Метомил 10,0 мкг ДВ/мг приманки + АК					
S-НИИД	1,30±0,39	4,00±1,00	–	–	1,50±0,45
Красногорск	нд*	нд*	–	–	нд
Калуга	нд*	нд*	–	–	нд
Тиаметоксам 100,0 мкг ДВ/мг приманки					
S-НИИД	0,50±0,15	0,80±0,18	–	–	–
Красногорск	3,50±1,05	6,00±1,79	7,00±2,10*	7,50±2,25*	–
Калуга	2,00±0,61	9,00±2,79	4,00±1,00*	11,30±3,27*	–
Тиаметоксам 100,0 мкг ДВ/мг приманки + АК					
S-НИИД	0,40±0,88	1,60±0,38	–	–	2,00±0,68

Продолжение табл. 6					
Красногорск	3,30±0,66	>48,0	8,30±2,41*	>30,0*	>8,0
Калуга	3,20±0,64	>48,0	8,00±1,97*	>30,0*	>5,3
Имидаклоприд 100,0 мкг ДВ/мг приманки					
S-НИИД	1,20±0,36	6,00±1,80	–	–	–
Красногорск	5,00±1,60	45,00±10,63	4,20±1,26*	7,50±2,25*	–
Калуга	3,10±0,93	48,00±11,60	2,60±0,80*	8,00±1,89*	–
Имидаклоприд 100,0 мкг ДВ/мг приманки + АК					
S-НИИД	1,10±0,33	4,50±1,35	–	–	0,80±0,24
Красногорск	3,50±1,01	48,00±14,80	3,20±0,96*	10,7±3,2*	1,10±0,33
Калуга	3,30±0,95	>48,0	3,00±0,93*	>10,7*	>1,0

Примечание: АК – альтернативный корм; нд – показатель не достигнут; * отличия статистически достоверны при $P \leq 0,05$ между культурой S-НИИД и резистентными культурами

2.2.9. Реверсия чувствительности к проинсектицидам резистентных культур комнатной мухи при длительном разведении в лаборатории

За двухлетний период разведения в лабораторных условиях устойчивость к циперметрину снизилась у культуры Калуга в 3 раза (с $900\times$ до $300\times$), у культуры Красногорск в 8,3 раза (с $500\times$ до $60\times$), но осталась сверхвысокой. К ФОС исследуемые нами культуры комнатной мухи проявляли чувствительность, и она практически не изменилась в течение всего срока наблюдения. Реверсия чувствительности к тиаметоксаму и клотианидину полностью отсутствовала у культуры Калуга, а у культуры Красногорск — проявилась 6-кратным снижением показателей: с $333\times$ до $53\times$ для тиаметоксама (в 6,3 раза) и с $263\times$ до $45\times$ (в 5,8 раза) для клотианидина. За 52 поколения разведения без пресса инсектицидов уровень резистентности культуры Калуга к фипронилю снизился в 6 раз (с $46\times$ до $7.5\times$), а культуры Красногорск – в 5,3 раза (с $75\times$ до $14\times$). Отмечено, что чувствительность мух к индоксикарбу и хлорфенапиру спустя 2 года разведения снизилась и приблизилась по показателям к культуре S-НИИД.

2.2.10. Жизнеспособность резистентных культур комнатной мухи в сравнении с чувствительной культурой и их биологические параметры

Данные, полученные нами при изучении биологических параметров особей из резистентных культур комнатной мухи, показали низкий биотический потенциал у устойчивых особей. Культуры, имеющие высокую устойчивость к пиретроидам, неоникотиноидам и фипронилю демонстрировали низкую плодовитость, сниженное количество яиц, отложенных самками, низкую жизнеспособность личинок и куколок и низкий биотический потенциал. Мультирезистентные культуры охарактеризованы нами как низкопродуктивные насекомые по сравнению с чувствительной культурой S-НИИД (таблица 7).

Таблица 7 – Сравнение биологических показателей устойчивых к инсектицидам и чувствительной культур комнатной мухи

Культура	Продолжительность стадии (суток)		Суммарное время развития (личинка+куколка) (суток)	Продолжительность поколения (суток)	Биотический потенциал
	личинки	куколки			
S-НИИД	7,1 ± 0,5	4,0 ± 1,2	11,1 ± 0,9	23,5 ± 0,5	1,00
КСК-1	10,5 ± 0,6*	6,5 ± 0,9*	17,2 ± 0,6*	35,8 ± 1,5*	0,31
КСК-2	10,1 ± 0,3*	7,4 ± 0,6*	17,5 ± 0,3*	38,4 ± 0,9*	0,32
Красногорск	8,9 ± 1,0*	4,8 ± 1,0	13,7 ± 1,5*	26,0 ± 0,7*	0,79
Калуга	9,7 ± 1,0*	6,9 ± 0,7*	16,6 ± 0,4*	31,5 ± 0,1*	0,52

Примечание: * отличия статистически достоверны при $P \leq 0,05$ между культурой S-НИИД и резистентными культурами

2.2.11. Изучение эффективности промышленных средств для обработки мест посадки и мест выплода мух

Выявлено снижение эффективности приманок для двух культур комнатной мухи: в 1,4 раза к приманке на основе 0,05% фипронила, в 11,5–12,7 раз – на основе 1% метомила, в 7,5–11,3 раз – на основе 10% тиаметоксама и в 7,5–8,0 раз – на основе 10% имидаклоприда (таблица 8). Резистентные культуры комнатной мухи проявляли высокую чувствительность к приманкам на основе 0,6% индоксакарба. Смесевая приманка «Аттрактив-бэйт» с добавлением к индоксакарбу фипронила в соотношении 10:1 также оказалась для насекомых высокотоксичной.

Таблица 8 – Скорость отмирания при поедании отравленных приманок комнатной мухи резистентных культур в сравнении с чувствительной культурой S-НИИД

Инсектицид, % ДВ	Культура	Показатель инсектицидности, ч		ПР по ЛТ ₉₅
		ЛТ ₅₀	ЛТ ₉₅	
«Тараканофф Контрудар-гель от тараканов и муравьев», фипронил, 0,05%	S-НИИД	11,0±3,3	35,0±10,5	–
	Красногорск	31,0±9,3	48,0±14,4	1,4
	Калуга	30,0±9,0	> 48	> 1,4
«Великий воин - приманка от мух», метомил, 1%	S-НИИД	1,6±0,4	2,6±0,7	–
	Красногорск	4,6±1,3	30,0±8,2*	11,5
	Калуга	10,0±3,0	33,0±9,9*	12,7
«АГИТА 10% в.г.», тиаметоксам, 10%	S-НИИД	0,5±0,3	0,8±0,5	–
	Красногорск	3,5±1,8	6,0±2,8*	7,5
	Калуга	2,0±1,0	9,0±4,2*	11,3
««КВИК БАЙТ ВГ 10», имидаклоприд, 10%	S-НИИД	1,2±0,6	6,0±2,3	–
	Красногорск	5,0±2,7	45±23,2*	7,5
	Калуга	3,1±1,6	48±19,8*	8,0
«Арбалет Окси», индоксакарб, 0,6%	S-НИИД	5,0±2,1	25,5±13,5	–
	Красногорск	7,0±3,8	30,0±7,9	1,2
	Калуга	8,0±4,2	32,0±8,1	1,3
«Аттрактив-бэйт», индоксакарб 0,5% + фипронил 0,05%	S-НИИД	14,0±7,4	22,0±8,6	–
	КСК-1	15,0±5,3	>48*	>2,2
	КСК-2	33,0±17,2	45±16,6*	2,1
	Красногорск	19,0±7,6	48±19,1*	2,2
	Калуга	16,0±6,5	50±20,7*	2,3

Примечание: * отличия статистически достоверны при $P \leq 0,05$ между культурой S-НИИД и резистентными культурами

Нами проведены сравнительные испытания инсектицидного действия нескольких составов концентрированных средств, в которые входит индоксакарб (табл. 9). Все изученные рецептуры высокоэффективны – гибель мух культуры S-НИИД при свободном контакте и учете через 48 ч составляет 75–96%. Введение в состав 10% сахарного сиропа увеличивает инсектицидность отложений инсектицида и повышает эффективность до 91–100%.

Мухи культуры Красногорск также были чувствительны к отложениям инсектицидов в концентрациях 0,075–0,1%. В смесевых средствах добавление 10% сахарного сиропа повысило эффективность до 100%, а в средстве на основе одного индоксакарба повысило эффективность с 51% до 67%. (таблица 9).

Ларвицидная активность всех изученных средств составила 100%. Погибли личинки как чувствительной культуры S-НИИД, так и резистентной культуры Красногорск. Выплода имаго в течение 21 суток не наблюдали ни в одном варианте экспериментов. В контрольном варианте

S-НИИД выплод имаго составил от 86% до 95%, в контрольном варианте Красногорск – 80–89% (таблица 10).

Таблица 9 – Эффективность инсектицидных средств, содержащих индоксакарб при свободном контакте мух с обработанной поверхностью

Название, состав (ДВ)	Концентрация по сумме ДВ, %	Поверхность	Гибель, %, при учете через 48 ч	
			S-НИИД	Красногорск
«Полиокарб SC 10» индоксакарб 5% имidakлоприд 5%	0,10	стекло	95,9 ± 2,0	90,9 ± 1,0*
		фанера	89,3 ± 2,9	75,3 ± 2,9*
	0,10 + 10% сироп	стекло	100	100
		фанера	100	100
«ДУЭТ-БИ к.э.», бифентрин 5% индоксакарб 10%	0,075	стекло	89,6 ± 4,1	95,6 ± 3,1
		фанера	75,0 ± 6,8	78,0 ± 6,5
	0,075 + 10% сироп	стекло	100	100
		фанера	100	100
«Соло к.э.» индоксакарб 10%	0,1	стекло	75,0 ± 4,1	73,0 ± 4,2
		фанера	50,0 ± 4,9	51,0 ± 4,9
	0,1 + 10% сироп	стекло	91,2 ± 2,8	90,2 ± 2,7
		фанера	68,1 ± 4,3	67,1 ± 4,3

Примечание: * отличия статистически достоверны при $P \leq 0,05$ между культурой S-НИИД и резистентными культурами

Таблица 10 - Ларвицидная активность образцов инсектицидных средств по отношению к личинкам комнатной мухи *M. domestica* (III возраст) $P=0,05$ $S_x = \pm 5\%$

Название	Состав (ДВ)	Концентрация, %, по сумме ДВ	Гибель личинок, %, при учете через 7 суток	Выплод имаго, %
			S-НИИД/ Красногорск	S-НИИД/ Красногорск
«Полиокарб SC 10»	индоксакарб 5% имidakлоприд 5%	0,100	100/100	0/0
«ДУЭТ-БИ, к.э.»	бифентрин 5% индоксакарб 10%	0,075	100/100	0/0
«Соло, к.э.»	индоксакарб 10%	0,100	100/100	0/0
Контроль	–	–	5–14/6–11	86–95/80–89

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приведены обсуждение результатов собственных исследований и опубликованных данных отечественной и иностранной литературы по резистентности популяций комнатной мухи, о механизмах ее формирования, а также анализ влияния высокой устойчивости к инсектицидам на развитие насекомых и адаптации к условиям окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ретроспективный анализ ассортимента препаративных форм и ДВ инсектицидов, зарегистрированных в медицинской дезинсекции, ветеринарии и растениеводстве в период 2011–2024 гг. показал превалирование пиретроидов (27,8–58,7 % от общего количества) и неоникотиноидов (4,4–27,4 % от общего количества) в трех сферах их применения, а также необходимость внедрения ДВ из других химических групп.

Оценка резистентности выборок из популяций комнатной мухи *M. domestica* проведена в условиях разного способа воздействия инсектицидов (контактный, контактно-фумигационный

и кишечный). Изучены особенности действия проинсектицидов у 4 природных популяций в сравнении с чувствительной культурой S-НИИД. Зарегистрирована высокая резистентность к пиретроидам (ПР 75-900), неоникотиноидам (ПР 95-333) и фенилпиразолам (ПР 5-75), причем уровни устойчивости вырйировали в зависимости от популяции *M. domestica*. Вместе с тем, отмечена высокая чувствительность к оксадиазину индоксакарбу (ПР 0,24-1,46) и пирролу хлорфенапиру (0,25-1,25). Реверсия чувствительности к инсектицидам у *M. domestica* двух резистентных культур при длительном разведении в лаборатории проходит медленно. В ходе длительного лабораторного культивирования (52 поколения) наблюдалось постепенное изменение устойчивости. Чувствительность к циперметрину возрасла (снижение устойчивости в 3,0–8,3 раза), а к фипронилю в 5,3–6,1 раза. При этом уровень резистентности к тиаметоксаму и клотианидину осталась неизменным, а для культуры Красногорск также отмечено падение резистентности в 5,8 раза. Чувствительность к хлорпирифосу существенно не изменилась (снизилась на 0,1-0,2 у всех культур), к хлорфенапиру и индоксакарбу снизилась, возможно, за счет снижения активности монооксигеназ, индуцирующих активацию проинсектицида.

Исследование механизмов детоксикации проинсектицидов из трех химических групп (оксадиазины, пирролы, неоникотиноиды) у *M. domestica* двух природных популяций и чувствительной культуры S-НИИД показало разную степень вовлеченности детоксицирующих ферментов – микросомальных оксигеназ, эстераз, глутатион-S-трансфераз, а также ABC-транспортёров в формирование резистентности к инсектицидам. Показана роль кутикулы в устойчивости к инсектицидам. Выявлена роль кутикулярного барьера в формировании резистентности к инсектицидам. Установлены различия в показателях устойчивости при кишечном и контактном поступлении в организм, что указывает на неодинаковую проницаемость покровов у разных культур. Показана поведенческая резистентность изучаемых культур комнатной мухи к приманкам на основе неоникотиноидов имидаклоприда и тиаметоксама и карбамата метомила. При питании приманкой на основе метомила выживаемость резистентных культур при наличии альтернативного корма достигала 98 %.

Показана сниженная продуктивность мультирезистентных культур *M. domestica*. Снижена плодовитость (количество яйцепродукции и жизнеспособность яиц). Увеличена продолжительность развития генерации. Биотический потенциал снижен в различной степени – в 1,5–3,0 раза по сравнению с культурой S-НИИД. Такие издержки необходимы организму для выработки защиты от многих неблагоприятных воздействий, в частности, от обработок инсектицидами.

Введение хлорфенапира в рецептуру средства в аэрозольной упаковке привело к повышению эффективности в отношении мультирезистентных культур комнатной мухи и необратимости паралича. Введение в рецептуры приманок индоксакарба и хлорфенапира значительно увеличивает их токсичность для резистентных культур комнатной мухи. Показана высокая эффективность концентрированных инсектицидных средств на основе индоксакарба и его смесей с бифентрином или имидаклопридом для борьбы с комнатной мухой в местах посадки имаго и местах выплода личинок.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Разработка схем ротации инсектицидов и практические рекомендации

Для преодоления устойчивости к инсектицидам, а также для минимизации риска ее появления необходимо не только использовать инсектицидные средства на основе ДВ из разных химических групп, но и применять их одновременно для нескольких возрастных групп насекомого, поскольку взрослые особи составляют лишь малую часть в популяции, а большая часть состоит из личинок разных возрастов. Соблюдение ротации инсектицидов играет важную роль в тактике борьбы с мухами. Наши исследования позволили предложить меры по борьбе с резистентными популяциями комнатной мухи. Рекомендовано использовать хлорфенапир в составе рецептур средств в аэрозольных упаковках для повышения эффективности в отношении мультирезистентных культур комнатной мухи

Высокая эффективность концентрированных инсектицидных средств на основе индоксакарба и его смесей с бифентрином или имидаклопридом позволяют рекомендовать это ДВ для борьбы с комнатной мухой в местах посадки имаго и местах выплода личинок. Разработаны и предложены схемы ротации инсектицидов для преодоления резистентности.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В дальнейшей работе планируется провести отлов природных популяций комнатных мух в других регионах Российской Федерации, ввести новые культуры в лабораторию ФБУН ФНЦГ имени Ф.Ф. Эрисмана. Будут проведены исследования резистентности насекомых как к традиционным инсектицидам, имеющимся на рынке, так и к новым действующим веществам, не использующихся против этих насекомых. Также планируется изучение механизмов резистентности как с помощью ингибиторов ферментных систем, так и генетическим методом путем выявления генетических мутаций в генах, кодирующих ферменты.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. Давлианидзе Т.А. Проинсектициды / Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю. // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. – 2021. – №1. – С.54-63.
2. Давлианидзе Т.А. Реверсия чувствительности к инсектицидам у мультирезистентных культур *Musca domestica* при длительном разведении в лабораторных условиях / Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю., Олифер В.В. // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. – 2024. – № 2. – С. 8–14.
3. Давлианидзе Т.А. Эволюция резистентности членистоногих и изменение ассортимента инсектицидов / Ерёмина О.Ю., Давлианидзе Т.А. // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. – 2024. – № 2. – С. 45–51.

Статьи в других научных изданиях:

1. Давлианидзе Т.А. Хлорфенапир и индоксакарб – новые инсектициды в борьбе с мухами / Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю. // Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных: Сборник статей V Международной конференции (26–28 октября 2020 г., г. Томск, Россия). – Томск: Издательство Томского государственного университета. – 2020. – С. 266–269.
2. Давлианидзе Т.А. Оценка эффективности проинсектицидов в борьбе с комнатными мухами / Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю. // Сборник тезисов [Материалы] I Национального конгресса с международным участием по экологии человека, гигиене и медицине окружающей среды «Сысинские чтения – 2020» (Москва, 19–20 ноября 2020 г.) / под ред. Ю.А. Рахманина. – М.: ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 2020. – С. 101–105.
3. Давлианидзе Т.А. Новый инсектицид в сфере медицинской дезинсекции – индоксакарб (оксадиазины) / Ерёмина О.Ю., Давлианидзе Т.А. // Дезинфекционное дело. – 2020. – № 4 [114]. – С. 51–59.
4. Давлианидзе Т.А. Инсектицидные приманки для борьбы с синантропными мухами / Олифер В.В., Ерёмина О.Ю., Давлианидзе Т.А. // Дезинфекционное дело. – 2020. – № 3 [113]. – С. 42–48.
5. Давлианидзе Т.А. Чувствительность комнатных мух к различным группам инсектицидов // Эпидемиологический надзор за актуальными инфекциями: новые угрозы и вызовы: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 100-летию академика И.Н. Блохиной (26–27 апреля 2021 г., г. Нижний Новгород) / под ред. Н.Н. Зайцевой. – Н. Новгород: Медиаль, 2021. – С. 105–108.
6. Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю. Санитарно-эпидемиологическое значение и резистентность к инсектицидам комнатных мух *Musca domestica* (аналитический обзор литературы 2000–2021 гг.) // Вестник защиты растений. – 2021. – Т. 104. – № 2. – С. 72–86.

7. Давлианидзе Т.А. Перспективы применения новых действующих веществ для борьбы с комнатными мухами / Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю., Олифер В.В. // Дезинфекционное дело. – 2021. – № 1 [115]. – С. 25–32.
8. Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю. Новые инсектициды для борьбы с комнатной мухой // Инфекционные болезни в современном мире: эволюция, текущие и будущие угрозы: Материалы XIII Ежегодного Всероссийского Конгресса по инфекционным болезням имени академика В.И. Покровского (Москва, 24–26 мая 2021 г.). – М.: Медицинское маркетинговое агентство, 2021. – С. 55.
9. Давлианидзе Т.А. Сравнительное контактное действие инсектицидов на имаго комнатной мухи (*Musca domestica* L.) // Современные проблемы общей и прикладной паразитологии: Сборник научных статей по материалам XV национальной научно-практической конференции памяти профессора В.А. Ромашова (Воронеж, 25 ноября 2021 г.). – Воронеж: Издательство Воронежского государственного аграрного университета имени Императора Петра I. – 2021. – С. 97–104.
10. Давлианидзе Т.А. Обратимость нокдаун-эффекта при применении аэрозолей против резистентных к пиретроидам комнатных мух // Дезинфекционное дело. – 2021. – № 2 [116]. – С. 30–36.
11. Давлианидзе Т.А. Методы мониторинга и учёта численности комнатных мух (*Musca domestica* L.) // Итоги и перспективы развития энтомологии в Восточной Европе: Сборник статей IV Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти Александра Михайловича Терёшкина (1953–2020), 1–3 декабря 2021 г., Минск / отв. ред.: Прищепчик О.В., Маковецкая Е.В. – Минск: Издатель А.Н. Вараксин. – 2021. – С. 100–105.
12. Давлианидзе Т.А. Резистентность к инсектицидам комнатной мухи *Musca domestica* в центре Европейской части России / Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю., Олифер В.В. // Вестник защиты растений. – 2022. – Т. 105. – № 3. – С. 114–121.
13. Давлианидзе Т.А. Исследование резистентности комнатных мух к инсектицидам/ Ерёмина О.Ю., Олифер В.В., Давлианидзе Т.А. // Актуальные вопросы инфекционной патологии Юга России: Материалы XV научно-практической конференции (Краснодар, 19–20 мая 2022 г.) [Электронный документ на CD-ROM]. – Краснодар: Новация, 2022. – С. 74–76.
14. Давлианидзе Т.А. Исследование реверсии чувствительности комнатных мух к инсектицидам при длительном разведении в лаборатории / Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю., Олифер В.В. // Современные проблемы общей и частной паразитологии: Материалы IV Международного паразитологического симпозиума (Санкт-Петербург, 7–9 декабря 2022 г.). – СПб.: Изд-во СПбГУВМ. – 2022. – С. 58–61.
15. Давлианидзе Т.А. Чувствительность мультирезистентных рас комнатной мухи и рыжего таракана к флураланеру и фипронилу / Ерёмина О.Ю., Олифер В.В., Давлианидзе Т.А. // Дезинфекционное дело. – 2022. – № 4 [122]. – С. 10–21.
16. Давлианидзе Т.А. Резистентность комнатных мух к инсектицидам на современном этапе/ Ерёмина О.Ю., Давлианидзе Т.А., Олифер В.В. // Материалы XII Съезда Всероссийского научно-практического общества эпидемиологов, микробиологов и паразитологов (26–28 октября 2022 г., Москва) / под ред. А.Ю. Поповой, В.Г. Акимкина. – М.: ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора. – 2022. – С. 290–291.
17. Давлианидзе Т.А. Перспективы применения приманок на основе современных действующих веществ для борьбы с комнатными мухами / Ерёмина О.Ю., Олифер В.В., Давлианидзе Т.А. // Дезинфекционное дело. – 2022. – № 1 [119]. – С. 33–37.
18. Давлианидзе Т.А. Резистентность к инсектицидам комнатной мухи *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) / Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю., Олифер В.В. // Тезисы докладов XVI съезда Русского энтомологического общества (Москва, 22–26 августа 2022 г.). – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2022. – С. 96.
19. Давлианидзе Т.А. Резистентность комнатной мухи к инсектицидам / Ерёмина О.Ю., Давлианидзе Т.А., Олифер В.В. // Скрыбинские чтения: Материалы международной научно-практической конференции, проводимой согласно плану научных мероприятий в рамках

- десятилетия науки и технологий и посвящённой празднованию 300-летия Российской академии наук (Москва, 7–8 июня 2023 г.): Сборник научных трудов. – М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина. – 2023. – С. 87–90.
20. Давлианидзе Т.А. Механизмы резистентности насекомых / Олифер В.В., Ерёмина О.Ю., Давлианидзе Т.А. // Скрябинские чтения: Материалы международной научно-практической конференции, проводимой согласно плану научных мероприятий в рамках десятилетия науки и технологий и посвящённой празднованию 300-летия Российской академии наук (Москва, 7–8 июня 2023 г.): Сборник научных трудов. – М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина. – 2023. – С. 126–129.
 21. Давлианидзе Т.А. Изучение контактного и кишечного действия инсектицидов на мультирезистентных комнатных мух/ Ерёмина О.Ю., Олифер В.В., Давлианидзе Т.А. // Public health forum: Человек. Здоровье. Окружающая среда: Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции с международным участием (Минск, 14 июня 2023 г.). – Минск: БелМАПО, 2023. – С. 184–189. – URL: <https://belmapo.by/assets/templates/files/oziz/hihiena/Сборник%20%20Public%20Health%2014.06.2023.pdf>.
 22. Давлианидзе Т.А. Современные данные о резистентности комнатных мух / Ерёмина О.Ю., Олифер В.В., Давлианидзе Т.А. // Материалы юбилейной конференции, посвящённой 90-летию Научно-исследовательского института дезинфектологии [Москва, 21–22 сентября 2023 г.] / под ред. С.В. Кузьмина, Ю.В. Деминой. – М.: ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана», 2023. – С. 38–39.
 23. Давлианидзе Т. А. Кишечное действие современных инсектицидов на мультирезистентные культуры комнатной мухи *Musca domestica* / Давлианидзе Т.А., Ерёмина О.Ю., Олифер В.В. // Вестник защиты растений. – 2023. – Т. 106, № 3. – С. 156-164.
 24. Давлианидзе Т.А. Изменение жизнеспособности комнатных мух при высокой резистентности к инсектицидам // Гигиенические, эпидемиологические и экологические аспекты профилактики заболеваемости: Сборник научных статей по итогам IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, проведённой в рамках мероприятий, приуроченных к 20-летию медико-профилактического факультета ВГМУ им. Н.Н. Бурденко «Год медико-профилактического образования, науки и санитарного просвещения», Воронеж, 21 марта 2024 г. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2024. – С. 144–147.
 25. Давлианидзе Т.А. Проблема борьбы с комнатными мухами на объектах ветеринарно-санитарного надзора // Материалы международной научно-практической конференции «Скрябинские чтения», приуроченной к 75-летию известного учёного-паразитолога, академика РАН Ф.И. Василевича ([Москва], 1–2 октября 2024 г.). – М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина, 2024. – С. 79–83.
 26. Давлианидзе Т.А. Чувствительность природных популяций комнатных мух к инсектицидам // Тезисы докладов научно-практической конференции «Перспективы дезинфектологии. Актуальные вопросы обработок в современном пищевом производстве» ([Москва,] 19–20 ноября 2024 г.) [Приложение к журналу «Дезинфекционное дело»] / под общ. ред. Ю.В. Деминой. – М.: Институт дезинфектологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; НП «Национальная организация дезинфекционистов», 2024. – С. 48–50.
 27. Давлианидзе, Т. А. Поведенческая резистентность комнатных мух *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) (обзор литературы) / Т. А. Давлианидзе, О. Ю. Ерёмина // Пест-Менеджмент. – 2025. – № 1(133). – С. 6-12.
 28. Давлианидзе, Т. А. Изменение биологических параметров комнатной мухи (*Musca domestica* L.) при высокой резистентности к инсектицидам / Т. А. Давлианидзе, О. Ю. Ерёмина // Пест-Менеджмент. – 2025. – № 2(134). – С. 8-14.

Другая печатная продукция:

1. Практическое руководство по борьбе с синантропными членистоногими с учётом проблемы резистентности к инсектоакарицидам / Разработчики: Рославцева С.А., Ерёмкина О.Ю., Лопатина Ю.В., Олифер В.В., Алексеев М.А., Геворкян И.С., Фролова А.И., Кривонос К.С., Давлианидзе Т.А., Богданова Е.Н., Ушакова Е.В., Ахметшина М.Б., Германт О.М.; под общ. ред. М.Ю. Соловьёва. – М.: Институт дезинфектологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 2022. – 48 с.

2. Методические указания «Определение уровня чувствительности к инсектоакарицидам членистоногих, имеющих медицинское значение» (МУ 3.5.2.4105-24) / Разработчики Демина Ю.В., Кривонос К.С., Еремина О.Ю., Олифер В.В., Лопатина Ю.В., Алексеев М.А., Давлианидзе Т.А. Утв. Рук. Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ А.Ю. Поповой 25 декабря 2024 г. Дата введения 2025-04-25.