

На правах рукописи

Кривонос Ксения Сергеевна

**МОНИТОРИНГ РЕЗИСТЕНТНОСТИ К ИНСЕКТИЦИДАМ В
ПОПУЛЯЦИЯХ ПОСТЕЛЬНЫХ КЛОПОВ
CIMEX LECTULARIUS В РОССИИ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕР
БОРЬБЫ С НИМИ**

Специальность:

1.5.17 – паразитология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва, 2021

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина» (ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина), Федеральном бюджетном учреждении науки «Научно-исследовательский институт дезинфектологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека (ФБУН НИИД Роспотребнадзора)

Научный руководитель: доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН **Василевич Федор Иванович**

Официальные оппоненты:

Закладной Геннадий Алексеевич – доктор биологических наук, профессор, ВНИИЗ филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, заведующий лабораторией защиты от вредителей и санитарной охраны зерна и зернопродуктов.

Тохов Юрий Мухамедович – доктор биологических наук, ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора, ведущий научный сотрудник лаборатории медицинской паразитологии

Ведущая организация: ФКУЗ Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора

Защита состоится 01 декабря 2021 г. в 11:00 на заседании Диссертационного совета Д 24.1.249.02, 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).

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

Автореферат разослан «__» _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат биологических
наук



Емельянова Надежда
Борисовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Из многочисленных представителей отряда полужесткокрылых Hemiptera (Heteroptera) синантропами и одновременно паразитами птиц являются представители семейства Cimicidae постельные клопы *Cimex lectularius*, 1758 – космополитический вид.

Проблема постельных клопов в настоящее время является глобальной как в медицинской дезинсекции, так и в ветеринарии. Увеличение численности постельных клопов – общемировая тенденция, и наша страна не стала исключением. Главной причиной всплеска численности этих насекомых стало формирование популяций постельных клопов, резистентных в первую очередь к пиретроидам, широко применяемым для борьбы с ними.

Постельные клопы являются механическими переносчиками возбудителей различных заболеваний человека (чума, сыпной и возвратный тиф, туляремия, коксиеллез – квинслендская лихорадка или лихорадка Ку). Проведенные исследования подтверждают, что постельные клопы являются потенциальными кандидатами в переносчики возбудителей опасных болезней человека (Н.И. Паниотова, 1984; В.В. Тарасов, 1996; Н.В. Шестопалов и др., 2012).

Ветеринарное значение постельных клопов заключается в снижении продуктивности птицы (падает живая масса, яйценоскость, портятся перо и пух), а также постельные клопы могут являться переносчиками возбудителей различных инфекционных и инвазионных болезней кур.

Для успешной борьбы с постельными клопами необходимо решить ряд задач по подбору эффективных соединений и разработке новых средств, с учетом возможного формирования резистентных к инсектицидам популяций постельных клопов.

Таким образом, в Российской Федерации борьба с постельными клопами приобретает все большую актуальность.

Степень разработанности темы исследования. Данные о возрастании численности и развитии устойчивых к инсектицидам популяций постельного клопа *C. lectularius* в СССР, а затем и в России представлены в работах отечественных исследователей (Н.С. Гарин, 1952; В.И. Вашков с соавт., 1963; Е.Н. Богданова с соавт., 2005; С.А. Рославцева, 2006 и др.). Проблема постельных клопов оказалась глобальной и других развитых странах, о чем свидетельствуют работы зарубежных исследователей (22-й доклад ВОЗ, 1978; С. Voase, 2001, 2008; О. Kilpinen, 2008; G. Mueller, 2008, 2011; M.F. Potter, 2014 и др.).

Цель исследования. Изучить резистентность к инсектицидам в популяциях клопов *C. lectularius* и подобрать эффективные средства для борьбы с ними.

Задачи исследования:

1. Изучить рынок современных инсектицидных средств борьбы с постельными клопами в России и дать оценку наиболее перспективным группам действующих веществ.
2. Установить диагностические концентрации различных инсектицидов для клопов лабораторной чувствительной расы.
3. Определить долю резистентных особей из нескольких географически разобщенных популяций России в экспериментах с применением диагностических концентраций.
4. Изучить кросс-резистентность к инсектицидам разных химических групп в популяциях постельных клопов России.
5. Разработать молекулярно-генетическую методику (ПЦР) выявления *kdr*-мутаций в популяциях постельных клопов и тестировать популяции *C. lectularius* на их наличие.
6. На основе изучения кросс- и мульти-резистентности в популяциях постельных клопов, собранных на территории Российской Федерации, изучить и предложить средства для преодоления резистентности.
7. Дать оценку возможности применения против мульти-резистентных к инсектицидам популяций постельных клопов инсектицидных средств с различными механизмами

действия на основе веществ растительного происхождения, неоникотиноидов и двуокиси кремния и предложить новые схемы ротации инсектицидов.

Научная новизна. Впервые в России с помощью энтомо-токсикологического метода проведен мониторинг резистентности в выборках из популяций постельных клопов *C. lectularius* к различным группам инсектицидов. Изучена реверсия чувствительности к пиретроиду циперметрину резистентных рас постельных клопов в течение 22 поколений, содержащихся в лаборатории без селекции инсектицидами.

Впервые в России предложен молекулярно-генетический метод выявления *kdr*-мутаций в гене *VSSC1* у клопов *C. lectularius*, отвечающего за резистентность к пиретроидам, с помощью которого изучена встречаемость точечных мутаций L925I и V419L в 9 выборках из популяций постельных клопов *C. lectularius*, собранных в разных городах РФ.

Впервые изучена чувствительность в трех выборках из популяций тропического постельного клопа *C. hemipterus* к наиболее широко применяемому пиретроиду циперметрину.

Впервые у постельных клопов *C. lectularius* из разных субъектов России установлена чувствительность к неоникотиноидам.

Впервые в России изучено инсектицидное действие диатомового порошка и смеси диатомового порошка с дигидрооксидом кремния (силикагелем) на постельных клопов чувствительной и резистентной рас, средства на их основе введены в предлагаемые нами схемы ротации.

Теоретическая и практическая значимость работы. На основании полученных результатов энтомо-токсикологического и молекулярно-генетического исследований подтверждено, что увеличение численности постельных клопов в нашей стране является огромной проблемой, вследствие формирования резистентности к различным классам инсектицидов, в частности к пиретроидам. Применение схем ротаций инсектицидов, с включением в них средств на основе неоникотиноидов и альтернативных инсектицидных средств на основе диоксида кремния, повышает эффективность дезинсекционных мероприятий.

Установленные диагностические концентрации для 16 инсектицидов из разных химических групп могут быть использованы для определения доли резистентных особей к наиболее часто применяемым на объектах дезинсекции инсектицидам в популяциях постельных клопов *C. lectularius*.

Использование разработанного нами молекулярно-генетического метода ПЦР является перспективным для проведения мониторинга и выявления резистентности к пиретроидам у постельных клопов *C. lectularius*.

Эффективность дезинсекционных мероприятий, направленных на борьбу с постельными клопами, зависит от комплексного подхода. При этом важным является подбор индивидуальных схем ротаций инсектицидов для каждого объекта.

Установлено, что инсектицидное средство «Раптор аэрозоль от клопов» в аэрозольной упаковке на основе смеси имидаклоприда с тетраметрином, две препаративные формы инсектицидов на основе диатомового порошка (диоксида кремния) «Экокиллер» и смесь диатомового порошка с силикагелем (дигидрооксидом кремния) «Gektor» проявляют высокую эффективность против постельных клопов, как чувствительных, так и резистентных популяций. Эти средства включены в предложенные нами схемы ротации инсектицидов.

На основании результатов исследований зарегистрированы и разрешены к применению на территории Таможенного союза инсектицидные средства:

- «Раптор аэрозоль от клопов» (СГР RU.77.99.88.002.Е.010739.12.15);
- «Экокиллер» (СГР RU.77.99.88.002.Е.002737.06.16);
- «Gektor» (СГР RU.77.99.88.002.Е.004901.11.17).

На основании результатов собственных исследований и анализа литературных данных разработаны и утверждены:

- «Метод оценки эффективности средств на основе кристаллических порошков природного происхождения», утвержден на заседании Ученого Совета ФБУН НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора, 19 апреля 2018;

- стандартная операционная процедура СОП ИЛЦ-ЛР-ЛПДЗ-031 утверждена директором ФБУН НИИД Роспотребнадзора, 21 марта 2018 г;

- методические положения «Метод полимеразной цепной реакции для выявления резистентности к пиретроидам в популяциях постельных клопов *C. lectularius*», утверждены Секцией зоотехнии и ветеринарии отделения сельскохозяйственных наук РАН, 31 января 2019 г.

- методические указания «Определение уровня чувствительности членистоногих, имеющих медицинское значение, к инсектоакарицидам», утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ А.Ю. Поповой, 2019 г.

Результаты научных исследований по диссертационной работе используются в образовательных программах профессионального обучения («Организация работы дезинфектора в системе профилактических и противоэпидемических мероприятий в жилых и общественных зданиях на коммунальных и иных объектах») и профессиональной переподготовки («Организация работы врача-дезинфектолога в системе профилактических и противоэпидемических мероприятий в медицинских, образовательных, пищевых и других общественных объектах») в ФБУН НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора, а также в учебном процессе при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий на кафедре паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина.

Методология и методы исследования. Методологической основой исследований явились научные положения отечественных и зарубежных авторов, оказавших влияние на изучение проблемы резистентности членистоногих к инсектицидам различного химического строения.

При выполнении диссертационной работы использовались методы научного поиска, анализа, сравнения, обобщения и системности. В ходе исследований использованы методология и методы, согласно профилю специальности: метод сбора постельных клопов и культивирования их в лабораторных условиях, метод топикального нанесения инсектицидов на постельных клопов, метод определения показателя резистентности и диагностических концентраций инсектицидов, метод постановки полимеразной цепной реакции, метод определения инсектицидной эффективности изученных средств, метод статистической обработки данных.

Положения, выносимые на защиту.

1) На территории России увеличение численности постельных клопов связано с образованием популяций, мульти-резистентных к пиретроидам, фосфорорганическим соединениям (ФОС) и производным карбаминовой кислоты.

2) Экспериментально установленные диагностические концентрации инсектицидов из различных классов химических веществ позволяют быстро и качественно проводить мониторинг чувствительности к ним, а разработанный метод ПЦР - выявлять резистентность по *kdr*-мутациям.

3) Выявлена резистентность к циперметрину у российских популяций тропического постельного клопа *C. hemipterus*.

4) Инсектицидные средства на основе неоникотиноидов, диатомового порошка и его смеси с дигидрооксидом кремния (силикагеля) эффективны для борьбы с мульти-резистентными популяциями постельных клопов. Предложены новые схемы чередования инсектицидов с разным механизмом действия.

Степень достоверности и апробация результатов. Материалы диссертации доложены на Международной учебно-методической и научно-практической конференции, посвящённой 95-летию кафедры паразитологии и ВСЭ (Москва, ноябрь 2015), на II Евразийской научно-практической конференции по пест-менеджменту «Управление численностью проблемных биологических видов» (Москва, сентябрь 2016), на конференции молодых специалистов «Актуальные проблемы неспецифической профилактики инфекционных заболеваний» (г. Москва, июнь 2017 г.); на XI научно-практической конференции памяти профессора В.А. Ромашова (г. Воронеж, октябрь 2017 г.); на II Международном паразитологическом симпозиуме «Современные проблемы общей и частной паразитологии» (г. Санкт-Петербург, декабрь 2017 г.); на XII научно-практической конференции памяти профессора В.А. Ромашова (г. Воронеж, ноябрь 2018 г.); на Международной учебно-методической и научно-практической конференции, посвящённой 140-летию со дня рождения академика Скрябина К.И. (Москва, ноябрь 2018), на заседаниях кафедры паразитологии и ВСЭ ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, а также на Ученых советах ФБУН НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора.

Личный вклад автора состоит в систематизировании литературных данных по резистентности постельных клопов в мире, в сборе популяций из разных городов РФ, осуществлении культивирования этих популяций в инсектарии, постановке экспериментов по изучению резистентности к инсектицидам различных химических групп, обработке экспериментальных данных. Соискателем выполнены все исследования в лабораторных условиях, подготовлены публикации по результатам исследования.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 19 печатных работ, из них 7 в журналах рецензируемых ВАК, 1 методическое положение.

Автореферат, изложенный на 19 страницах, полностью соответствует основным положениям диссертационной работы.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 141 странице машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы (глава 1), описания материалов и методов исследования (глава 2), изложения результатов собственных экспериментов и их обсуждения (главы 3-6), выводов и приложения. Работа иллюстрирована 22 таблицами, 22 рисунками. Библиографический указатель включает 121 источник (41 отечественных и 80 иностранных авторов).

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Приведены краткие сведения о систематике, морфологии и биологии, о ветеринарном и эпидемиологическом значении постельных клопов *C. lectularius*. Представлены литературные данные о распространении резистентности к инсектицидам в популяциях этих насекомых в разных странах и методах борьбы с ними.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена в период с 2014 по 2019 гг. в лаборатории проблем дезинсекции и инсектарии ФБУН НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора, на кафедре паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА им. К.И. Скрябина, а также в ФГБНУ «Центр экспериментальной эмбриологии и репродуктивной биотехнологии». Проведено более 900 опытов на постельных клопах, в которых использовано более 10000 особей насекомых.

В экспериментах использовали лабораторную чувствительную к инсектицидам культуру постельного клопа *Cimex lectularius* S-НИИД, культивируемую в инсектарии ФБУН НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора с 1970 г., и культуры, полученные от родительских особей из популяций, собранных с разных объектов в Москве, Астрахани, Смоленске, Воронеже, Иркутске, Архангельске, Гусь-Хрустальном и Балашове, а также популяции клопов

C. hemipterus, собранные в Москве, Санкт-Петербурге и Гусь-Хрустальном на различных объектах. Клопов культивировали в лабораторных условиях в течение 1-22 поколений без селекции инсектицидами.

Для проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР) использованы постельные клопы *C. lectularius* лабораторной чувствительной расы S-НИИД и популяции, собранные в Москве (М-1, F₂; М-2, F₁; М-3, F₁; М-4, F₁), Смоленске (СМ-1, F₂; СМ-2, F₂) и Астрахани (АСТ-1, F₁; АСТ-2, F₁).

В экспериментах применяли технические продукты и аналитические стандарты действующих веществ инсектицидов, а также опытные образцы инсектицидных средств на основе кристаллических порошков природного происхождения (диатомовый порошок, смесь диатомового порошка и силикагеля), образцы средства «Раптор аэрозоль от клопов» в аэрозольной упаковке на основе смеси неоникотиноида имидаклоприда и пиретроида d-тетраметрина, образцы средства на основе эфирных масел.

Для определения контактного действия инсектицидов использовали метод топикального нанесения ацетоновых растворов ДВ на брюшко имаго клопов. Определяли концентрации, вызывающие поражение 50% и 95% насекомых, соответствующих СК₅₀ и СК₉₅, %. Диагностическую концентрацию рассчитывали, как удвоенную концентрацию СК₉₅, % для чувствительной расы согласно МУ 3.5.2.2358-08 (2009); Руководство Р 4.2.2643-10 (2011).

Для оценки степени чувствительности популяций клопов, собранных на объектах, их топикально обрабатывали ацетоновым раствором выбранного инсектицида в диагностической концентрации. При наличии выживших особей, определяли их долю (МУ 3.5.2.2358-08, 2009).

Для характеристики эффективности средств определяли острое и период остаточного действия в соответствии с Руководством (Р 4.2.2643-10, 2011).

Для статистической обработки данных использовали пакет компьютерных программ «Статистика».

СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ КЛОПОВ К ИНСЕКТИЦИДАМ

3.1. Ассортимент действующих веществ и препаративных форм инсектицидов для борьбы с постельными клопами

Проанализирован рынок современных инсектоакарицидных средств для борьбы с постельными клопами в нашей стране. Как показал анализ, в ветеринарной практике в настоящее время ассортимент действующих веществ и ветеринарных препаратов, предназначенных для борьбы с арахноэнтомозами птиц согласно данным galen.vetrif.ru, невелик (12 наименований): это препараты на основе ФОС (диазинон), пиретроидов (циперметрин, альфациперметрин и дельтаметрин), авермектинов (ивермектин) и фенилпиразолов (фипронил).

В медицинской дезинсекции ассортимент средств более обширен. По данным Единого реестра свидетельств о государственной регистрации Евразийской экономической комиссии (portal.eaeunion.org) за период 2010 – 2018 гг., разрешено к применению 160 средств от нелетающих насекомых, из них 108 отечественных и 52 – зарубежных. За изученный период большая часть средств включает в себя инсектициды на основе пиретроидов и ФОС. Применение средств в аэрозольной упаковке (АУ) населением в быту, содержащих в основном пиретроиды, и концентратов, применяемых методом опрыскивания в медицинской дезинсекции, содержащих как пиретроиды, так и ФОС, привело к формированию резистентности к обоим классам инсектицидов.

3.2. Установление диагностических концентраций инсектицидов разных химических групп для имаго *C. lectularius*

Нами были определены и использованы в экспериментах диагностические концентрации для 16 инсектицидов различной химической структуры. Диагностические

концентрации, найденные с использованием чувствительной популяции S-НИИД, представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Чувствительность имаго постельных клопов лабораторной чувствительной расы S-НИИД к инсектицидам разных химических групп и диагностические концентрации (ДК)

Инсектицид	СК ₅₀ , %	СК ₉₅ , %	ДК, %
Фосфорорганические соединения			
Диазинон	0,00026 (0,000208-0,000325)	0,00450 (0,0036-0,0057)	0,090
Малатион	0,00037 (0,00029-0,00048)	0,0030 (0,0024-0,0038)	0,006
Хлорпирифос	0,00019 (0,00014-0,00025)	0,0067 (0,0051-0,0087)	0,013
Хлорофос	0,0090 (0,0071-0,0112)	0,0700 (0,056-0,0875)	0,14
Фентион	0,000007 (0,000005-0,000008)	0,00002 (0,000016-0,000025)	0,00004
Производные карбаминовой кислоты			
Пропоксур	0,058 (0,045-0,075)	0,120 (0,096-0,150)	0,240
Бендиокарб	0,016 (0,013-0,021)	0,116 (0,089-0,151)	0,232
Пиретроиды			
Тетраметрин	0,023 (0,017-0,029)	0,320 (0,250-0,409)	0,640
d-Тетраметрин	0,019 (0,014-0,025)	0,200 (0,154-0,260)	0,400
Бифентрин	0,0000032 (0,00000025-0,0000041)	0,000034 (0,000026-0,000043)	0,000068
Циперметрин	0,0000030 (0,0000024-0,0000038)	0,00004 (0,000030-0,000052)	0,000080
α-Циперметрин	0,00000025 (0,00000002-0,00000003)	0,0000006 (0,00000005-0,00000007)	0,0000012
Дельтаметрин	0,0000040 (0,000003-0,000005)	0,000040 (0,000003-0,000005)	0,000080
λ-Цигалотрин	0,0000072 (0,000006-0,000009)	0,000024 (0,000018-0,000031)	0,000048
Неоникотиноиды			
Имидаклоприд	0,000021 (0,000016-0,000026)	0,0006 (0,0004-0,0007)	0,0012
Ацетамиприд	0,00030 (0,00024-0,00037)	0,0024 (0,0019-0,0030)	0,0048
Тиаметоксам	0,00018 (0,00014-0,00023)	0,00056 (0,00043-0,00073)	0,0012
Клотианидин	0,000010 (0,000007-0,000013)	0,00054 (0,00041-0,00070)	0,0011

* в скобках для СК₅₀ и СК₉₅ приведены доверительные пределы при уровне вероятности 95%.

3.3. Определение доли резистентных особей постельных клопов *C. lectularius* в выборках из популяций, собранных с объектов, к инсектицидам разных химических групп

С помощью полученных нами диагностических концентраций определена доля резистентных особей постельных клопов в выборках из географически разобщенных популяций, собранных из разных городов нашей страны: Москвы (табл. 2), Астрахани и Смоленска (табл. 3).

Таблица 2 - Доля устойчивых к инсектицидам особей (%) в г. Москва

Инсектициды	Название популяции, поколение		
	М-1 F ₁₋₂	М-3 F ₁₋₂	М-5 F ₁₋₂
Пиретроиды			
Циперметрин	100	90,0±4,2	100
α-Циперметрин	100	90,0±2,2	100
Дельтаметрин	90,7±3,3	97,7±2,1	100
Эсфенвалерат	100	100	100
λ-Цигалотрин	80,7±1,7	100	70,0±2,4
Цифлутрин	100	85,0±4,1	40,0±6,2
Фосфорорганические соединения			
Малатион	100	100	100
Фентион	100	100	95,0±2,4
Хлорпирифос	92,0±4,2	34,3±3,3	20,0±4,8
Хлорофос	50,0±4,1	100	-
Производные карбаминовой кислоты			
Бендиокарб	69,3±3,3	80,0±4,1	-
Пропоксур	100	100	100
Неоникотиноиды			
Тиаметоксам	0	20,0±4,1	60,0±4,7
Имидаклоприд	0	0	10,0±8,2
Ацетамиприд	0	0	0
Клотианидин	0	0	0

Экспериментально установлено, что в выборках из этих популяций доля особей, устойчивых к лямбда-цигалотрину и цифлутрину, составляла 70-100% и 40-100%, соответственно. Кроме того, изученные популяции были высоко резистентными к фосфорорганическим инсектицидам (малатион, фентион): доля устойчивых особей достигала 90-100%. Исключение составили хлорпирифос и хлорофос, доля устойчивых особей к которым

колебалась от 20% до 92% и от 20% до 100%, соответственно, в связи с менее частым применением этих инсектицидов. Высокая доля устойчивых особей (70-100%) выявлена также к карбаматам: бендиокарбу и пропоксуру.

Таблица 3 - Доля устойчивых к инсектицидам особей (%) в г. Астрахани и в г. Смоленске

Инсектициды	г. Астрахань		г. Смоленск	
	АСТ-1 F ₁₋₂	АСТ-2 F ₁₋₂	СМ-1 F ₁₋₂	СМ-2 F ₁₋₂
Пиретроиды				
Циперметрин	90,0±4,8	0	60,0±5,3	65,0±4,1
α-Циперметрин	100	59,4±3,3	-	5,0±4,1
Дельтаметрин	74,7±4,1	80,0±4,8	57,0±3,3	73,0±2,0
Эсфенвалерат	100	20,0±2,3	-	-
λ-Цигалотрин	-	-	90,0±2,4	95,0±4,1
Фосфорорганические инсектициды				
Малатион	60,0±2,3	0	-	-
Фентион	0	0	-	-
Хлорпирифос	0	0	-	-
Хлорофос	-	-	0	0
Неоникотиноиды				
Тиаметоксам	20,0±4,8	0	-	-
Имидаклоприд	-	-	0	28,0±4,3
Ацетамиприд	-	-	-	5,0±4,1
Клотианидин	-	-	-	0

Популяции с двух объектов г. Астрахани различались по уровню резистентности: популяция АСТ-1 была резистентной к малатиону, циперметрину, эсфенвалерату, дельтаметрину, но чувствительной к фентиону, хлорпирифосу, альфациперметрину и тиаметоксаму; популяция АСТ-2 была чувствительной к малатиону, фентиону, хлорпирифосу, циперметрину, эсфенвалерату и тиаметоксаму, но устойчивой к дельтаметрину и альфациперметрину. Различия объясняются интенсивностью проведения обработок на этих объектах и частотой применения этих ДВ.

Смоленские популяции оказались высоко резистентными к пиретроидам, в частности к дельтаметрину, циперметрину и лямбда-цигалотрину, доля резистентных особей составила 50-95%.

Популяции из Москвы, Астрахани и Смоленска, устойчивые к пиретроидам, ФОС и карбаматам, в целом были чувствительными к неоникотиноидам (имидаклоприд, тиаметоксам, ацетамиприд и клотианидин).

Нами проведено исследование реверсии чувствительности у этих популяций клопов путем сравнения данных, полученных нами на поколении F₁₋₂ с таковыми, полученными на

последующих поколениях (табл. 4). Так как в нашей стране с 2010 по 2019 гг. давно и широко применяются инсектициды на основе циперметрина (по данным portal.eaeunion.org, зарегистрировано более 50 средств), то для проведения мониторинга резистентности к классу пиретроидов, экспресс-методом, рекомендованным ВОЗ, была применена ДК циперметрина, равная 0,00008%.

Таблица 4 - Реверсия чувствительности к циперметрину в популяциях постельных клопов, собранных в Москве (М), Астрахани (АСТ) и Смоленске (СМ) при разведении в инсектарии в отсутствие инсектицидного пресса

Популяция	Поколение	Доля резистентных особей, %	Поколение	Доля резистентных особей, %
М-1	F ₁	100	F ₂₂	3,4±4,7
М-3	F ₂	90,0±7,3	F ₁₉	55,0±4,1
М-5	F ₁	100	F ₁₇	85,0±6,2
АСТ-1	F ₂	90,0±4,8	F ₂₁	0
СМ-1	F ₁	60,0±5,3	F ₂₀	50,0±8,2
СМ-2	F ₂	65,0±4,1	F ₇	63,0±5,2
			F ₂₀	57,3±7,1

У популяции М-1 в течение 22 поколений наступило полное восстановление чувствительности к циперметрину при разведении в инсектарии НИИД в отсутствие пресса инсектицидов. У клопов в популяции АСТ-1 доля устойчивых особей снизилась с 90% до 0% в течение 19 поколений. Незначительное повышение чувствительности наблюдали у популяции М-5, за 5 лет резистентность снизилась незначительно – от ДК циперметрина выжили не 100%, а 85% особей. В популяции М-3 при разведении в инсектарии у последующих 17 поколений доля устойчивых особей снизилась с 90% до 55%. У двух популяций постельных клопов из Смоленска не наблюдали увеличения чувствительности: доля резистентных особей в течение разведения 18-19 поколений оставалась на уровне 60%. Не выявлено достоверных статистических различий чувствительности клопов в течение 5 лет разведения в инсектарии без пресса инсектицидов.

В 2016-2019 гг. в ходе проведения сбора культур из популяций постельных клопов в разных городах РФ, определялась доля устойчивых особей к циперметрину. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5 - Доля устойчивых особей постельных клопов *C. lectularius* к циперметрину в популяциях, собранных в 2016-2019 гг. (F₁)

Место сбора	Население города, млн. чел.	Популяция	Доля устойчивых особей, %
г. Москва, медицинская организация	12,5	М-7	100
г. Воронеж, частный дом	1,0	В-1	100
г. Воронеж, квартира		В-2	46,7±8,5
г. Иркутск, квартира	0,60	И-1	90,0±4,1
г. Архангельск, квартира	0,35	А-1	43,4±4,7

г. Балашов, санаторий	0,08	Б-1	95,0±4,1
-----------------------	------	-----	----------

Доля резистентных особей в этих экспериментах составила 43-100%, и она не зависела от численности населения города, это показывает, что на территории одного города могут встречаться как чувствительные, так и резистентные популяции. Так, в двух собранных в г. Воронеже образцов популяций клопов *C. lectularius* чувствительность к циперметрину была разной – от 46% до 100%. У этих популяций было проведено исследование реверсии чувствительности путем сравнения данных, полученных нами на поколении F₁₋₂ с таковыми, полученными на последующих поколениях (табл. 5).

3.4. Определение доли резистентных особей постельных клопов *Cimex hemipterus* в выборках из популяций, собранных с объектов, к циперметрину

В ходе проведения сбора насекомых нами проводилось определение видовой принадлежности, в ходе которого был обнаружен тропический постельный клоп *Cimex hemipterus*, который не свойственен нашей климатической зоне. Этот вид был обнаружен в трех местах сбора в Москве, одном в Санкт-Петербурге и одном в г. Гусь-Хрустальный. На выборках из этих популяций определена доля резистентных к циперметрину особей, составившая от 13 до 55%. Появление клопов этого вида в нашей стране может быть связано с миграцией людей из стран Дальнего (Китай, Вьетнам) и Ближнего Зарубежья (Узбекистан, Таджикистан, Кыргызстан). В общем числе иностранцев, въехавших в Россию в 2017 г., граждане Китая составляли 30% (34,4 тыс. чел.), а Вьетнама – 11% (19,3 тыс. чел.) (Е.М. Щербакова, 2017). Основная масса трудовых мигрантов из стран СНГ прибыла из Узбекистана (23,2%) и Таджикистана (18,5%) (по данным www.rod-pravo.org). Более 50% мигрантов оседает в Москве и Московской области, а также в Санкт-Петербурге (Н.В. Мкртчян, 2018). В Москве популяции клопов *C. hemipterus* М-10 и М-12 собраны нами в квартирах, где проживали граждане Узбекистана и Таджикистана, соответственно. В Санкт-Петербурге наличие этого вида клопов можно объяснить как завозом с товарами из тропических стран, так и миграцией населения внутри стран СНГ.

3.5. Разработка молекулярно-генетического метода (ПЦР) установления наличия *kdr*-мутаций в популяциях *C. lectularius* и выявление их в популяциях постельных клопов, собранных с объектов

После анализа данных мировой литературы проведены исследования по изучению механизмов резистентности и, в частности, *kdr*-мутаций гена *VSSC1* белков натриевого канала в мембранах нервных клеток *C. lectularius* с целью выявления мутаций L925I и V419L в российских популяциях постельного клопа.

Для амплификации фрагментов гена *VSSC1*, содержащих мутацию L925I, нами были сконструированы праймеры с использованием программы GeneRunner. Для выявления мутации L925I были использованы праймеры – прямой 5'tgccatgaagttagatgcaatg 3' и обратный 5'tctccacacaggaccctaaac 3', размер ампликона 403 п.н., а для мутации V419I – прямой 5'tcctccgggtctggacaatgtaaa 3' и обратный 5'cttctcttcagcagcttcttc 3', размер ампликона 305 п.н. Условия проведения ПЦР амплификации для мутации представлены в табл. 6.

Таблица 6 - Условия ПЦР амплификации для мутации L925I и V419I

Этап	Количество циклов	Температура инкубации, С°		Время, мин/с
		V419I	L925I	

I	1	94	94	05:00
II	40	94	94	00:20
		64	60	00:20
		72	72	00:30
III	1	72	72	05:00

Нами был амплифицирован и секвенирован полиморфный участок гена α -субъединицы *VSSC1* у исследованных популяций *C. lectularius*, кодирующий аминокислотные варианты в позиции 925 и 419. Результаты секвенирования показали, что у семи образцов в позиции 925 α -субъединицы *VSSC1* находится остаток лейцина, а у двух – остаток изолейцина, что свидетельствует о наличии мутации. В позиции 419 не выявлено замен аминокислот (табл. 7).

Таблица 7 - Результаты секвенирования популяций клопов из разных городов России

Место сбора	Выборка	Позиция 925	Позиция 419
Москва	М-1	L	V
	М-2	L	V
	М-3	L	V
	М-4	L	V
Смоленск	СМ-1	I	V
	СМ-2	I	V
Астрахань	АСТ-1	L	V
	АСТ-2	L	V
Чувствительная раса	S-НИИД	L	V

Примечание * L – лейцин, I – изолейцин, V – валин.

Данные о наличии мутации *kdr* типа у смоленских популяций клопов коррелируют с полученными нами энтомо-токсикологическим методом данными об отсутствии реверсии в течение 18-19 поколений, приведенными в табл. 4.

Зарубежные исследователи из США и Австралии выявили, что большинство устойчивых к дельтаметрину популяций клопов (64%) содержали сразу две мутации - V419L и L925I (F.Zhu et al., 2010). В изученных нами популяциях этот факт не выявлен.

ГЛАВА 4 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСЕКТИЦИДНЫХ СРЕДСТВ ИЗ РАЗНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ГРУПП ПРОТИВ РЕЗИСТЕНТНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ПОСТЕЛЬНЫХ КЛОПОВ

Известно, что основным принципом борьбы с резистентными к инсектицидам популяциями членистоногих является ротации средств, имеющих альтернативные механизмы действия. В связи с этим, нами изучена эффективность средств на основе веществ природного происхождения, а именно диатомового порошка, силикагеля и их смеси в соотношении 1:1 (табл. 8).

Таблица 8 - Действие образцов диатомового порошка, силикагеля и смеси диатомового порошка с силикагелем в соотношении 1:1 на постельных клопов в дозе 20 г/м²

Образцы	Поражение насекомых (%) через час	Гибель насекомых (%) через час

	0,5	1	24	48
Чувствительная раса S-НИИД				
Диатомовый порошок	0	0	90,0±3,11	100
Силикагель	0	0	100	100
Смесь диатомового порошка и силикагеля в соотношении 1:1	0	0	100	100
Мультирезистентная популяция М-3				
Диатомовый порошок	0	0	90,0±2,35	100
Силикагель	0	0	100	100
Смесь диатомового порошка и силикагеля в соотношении 1:1	0	0	100	100
Контроль S-НИИД	0	0	0	0
Контроль М-3	0	0	0	0

Как видно из табл. 8, в первые часы после обработки гибель насекомых не наблюдали, инсектицидное действие наступило через 24 ч. Образец смеси диатомового порошка и силикагеля обладает большей активностью, чем образец, имеющий в своем составе только диатомовый порошок. Результаты токсикологического исследования показали, что образцы по параметрам острой токсичности относятся к 4 классу малоопасных средств и не обладают раздражающим и сенсибилизирующим действием.

Результаты, полученные в ходе экспериментов, указывают на эффективность этих средств в отношении постельных клопов как чувствительных, так и резистентных к инсектицидам. Нами рекомендовано использование этих препаратов в качестве альтернативных средств для борьбы с постельными клопами, в том числе и резистентными к традиционным инсектицидам, и включение их в схемы ротаций инсектицидов для преодоления резистентности сформировавшейся к пиретроидам, ФОС и карбаматам или предотвращения ее формирования.

Нами проведена оценка инсектицидной активности в отношении имаго постельных клопов чувствительной расы S-НИИД и резистентной популяции М-3 средства в беспропеллентной упаковке «Bed bug killer», имеющего в своем составе растительные масла и экстракты. При обработке имаго постельных клопов как чувствительной расы, так и мультирезистентной популяции, средство «Bed bug killer» было неэффективно, поскольку гибель насекомых не превышала 10-15 %, и не обладало остаточным действием как для чувствительных, так и для резистентных клопов. В связи с этим средство не рекомендовано для регистрации и применения.

ГЛАВА 5 РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ИНСЕКТИЦИДНОГО СРЕДСТВА В АЭРОЗОЛЬНОЙ УПАКОВКЕ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПОСТЕЛЬНЫМИ КЛОПАМИ

В результате проведения мониторинга чувствительности популяций постельных клопов к современным группам инсектицидов на территории России установлено, что популяции повсеместно резистентны к пиретроидам, фосфорорганическим инсектицидам и производным карбаминовой кислоты. Однако все тестированные популяции оказались чувствительными к неоникотиноидам, в частности имидаклоприду и ацетамиприду. Исходя из этого, эти два инсектицида рассматривались в качестве потенциальных действующих веществ для разработки средств с целью борьбы с резистентными популяциями постельных клопов. Как известно, неоникотиноиды не обладают нокдаун-эффектом, поэтому в рецептуру введен пиретроид (d-тетраметрин), обладающий таким действием. Помимо этого, в рецептуру был также введен синергист пиперонилбутоксид (ППБ), который способен подавлять монооксигеназы,

детоксицирующие пиретроиды, и таким образом усиливать инсектицидное действие и пролонгировать его.

В рецептуру средства были введены в качестве действующих веществ имидаклоприд 0,05%, d-тетраметрин – 0,2%, а также синергист ППБ– 0,5% и отдушка. Образцы трех рецептур средства, изготовленные на ОАО «Новомосковск-Аэрозоль», отличались примененными спиртами (этиловый или изопропиловый) и содержанием углеводородного пропеллента (от 30% до 35%).

В программу исследований входило оценить острое и остаточное действие всех трех образцов средства в отношении: постельных клопов чувствительной расы S-НИИД и мультирезистентной расы М-3 на разных типах поверхностей (табл. 9).

В ходе опытов установлено высокое острое действие трех испытанных рецептур при опрыскивании скоплений насекомых, вызывая сразу после обработки, через 1 час и через 24 часа 100%-е поражение как чувствительных, так и резистентных особей. Это поражение было необратимым, и все клопы как чувствительные, так и резистентные при учете через 24 часа оказались мертвыми. При подсадке чувствительных и резистентных клопов на невпитывающую поверхность (стекло) не выявлено различий в инсектицидности (гибель составила 100% во всех вариантах опыта).

Таблица 9 - Остаточное инсектицидное действие на клопов трех образцов средства на основе смеси имидаклоприда и d-тетраметрина на чувствительных и резистентных постельных клопов при норме расхода 20 г/м² на разных типах поверхностей

Тип поверхности	Раса, популяция	Подсадка насекомых через ... суток					
		15 мин		1		7	
		Поражение и гибель насекомых (%) через ... ч					
		24 ч	48 ч	24 ч	48 ч	24 ч	48 ч
ОБРАЗЕЦ №1							
Стекло	S-НИИД	100	100	100	100	100	100
	М-3	100	100	100	100	100	100
Фанера	S-НИИД	100	100	100	100	100	100
	М-3	100	100	48,4±6,2	48,4±6,2	20,0±4,1	20,0±4,1
ОБРАЗЕЦ №2							
Стекло	S-НИИД	100	100	100	100	100	100
	М-3	100	100	100	100	100	100
Фанера	S-НИИД	100	100	100	100	10,0±8,1	10,0±8,1
	М-3	74,0±4,3	74,0±4,3	20,0±4,1	20,0±4,1	0	0
ОБРАЗЕЦ №3							
Стекло	S-НИИД	100	100	100	100	100	100
	М-3	100	100	100	100	100	100
Фанера	S-НИИД	100	100	81,7±6,2	90,0±4,7	57,7±2,1	70,0±8,2
	М-3	70,0±4,1	78,0±5,8	40,7±3,3	40,7±3,3	20,6±3,3	20,6±3,3
Контроль	S-НИИД	0	0	0	0	0	0
	М-3	0	0	0	0	0	0

При подсадке чувствительных и резистентных клопов на невпитывающую поверхность (стекло), обработанное тремя образцами, сразу после обработки и через 1 и 7 суток после обработки установлена 100% гибель насекомых.

При подсадке на впитывающую поверхность (фанера) сразу после обработки клопы расы S-НИИД погибли полностью во всех вариантах, а гибель резистентных клопов составляла от 60 до 80%; при подсадке через 1 сутки на 80-100% и 20-50%, соответственно. При подсадке через 7 суток образец № 2 не обладал активностью как для чувствительных, так и для

резистентных клопов; образцы №1 и 3 вызывали гибель 60-100% чувствительных клопов и 20% - резистентных.

По результатам проведенных исследований нами к производству был рекомендован образец №3 с наименьшим количеством пропеллента, что дает возможность осаждения на обработанную поверхность большего количества ДВ за счет более крупных капель. Имидаклоприд, как и все неоникотиноиды, практически не обладает остаточным действием, что нами и было подтверждено в исследованиях по разработке средства. Средство будет действовать при непосредственном опрыскивании скоплений насекомых. Исходя из полученных данных, для увеличения остаточного действия необходимо проводить обработку помещений каждые 3-5 дней, в особенности места скопления клопов.

ГЛАВА 6 КОМПЛЕКСНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПОСТЕЛЬНЫМИ КЛОПАМИ

Для борьбы с постельными клопами как в медицинской дезинсекции, так и в птицеводстве, целесообразно применять комплексный подход и профилактические (ветеринарно-санитарные и санитарно-гигиенические) меры, используя при этом схемы ротации применяемых инсектицидов для предотвращения возможного развития резистентности или ее преодоления.

В медицинской дезинсекции для борьбы с постельными клопами нами предложены следующие схемы ротации инсектицидов:

- альтернативные традиционным инсектицидам средства на основе диатомового порошка и силикагеля;
- препараты на основе неоникотиноидов;
- препараты на основе фосфорорганических инсектицидов;
- препараты на основе пиретроидов;
- препараты на основе производных карбаминовой кислоты.

Ниже представлена предложенная нами схема чередования инсектоакарицидов в птицеводческих хозяйствах:

- препараты на основе фосфорорганических инсектицидов;
- препараты на основе пиретроидов;
- препараты на основе авермектинов;
- повторная обработка препаратами на основе фосфорорганических инсектицидов.

Внедрение новых препаратов на основе ДВ различных групп повысит качество и эффективность дезинсекционных обработок.

Следует отметить, что схемы ротации необходимо подбирать индивидуально для каждого объекта, в зависимости от инсектицидов, использованных ранее на объекте и уровня чувствительности постельных клопов к инсектицидам.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение численности постельных клопов в жилом фонде, медицинских организациях, гостиничных комплексах и промышленном птицеводстве является глобальной проблемой, что связано с формированием популяций этих насекомых, резистентных к инсектицидам, увеличением числа мигрантов и активизацией туризма, использованием вещей «секонд-хенд» и потеплением климата.

2. Ретроспективный анализ ассортимента действующих веществ и препаративных форм за 2010-2018 гг. показал, что в России большая часть средств представлена инсектицидами на основе цианосодержащих пиретроидов и ФОС, что является вероятной причиной образования мульти-резистентных популяций постельных клопов.

3. Экспериментально рассчитаны диагностические концентрации для 16 соединений из разных классов химических веществ, с помощью которых определена доля

резистентных особей в популяциях постельного клопа *C. lectularius* из географически разобщенных точек страны к пиретроидам, ФОС, карбаматам, неоникотиноидам.

4. Разработанный нами молекулярно-генетический метод (ПЦР) позволил выявить *kdr*-мутацию *L925I* в гене *VSSC1* белка натриевого канала в мульти-резистентных популяциях клопов *C. lectularius* из Смоленска.

5. Установлена резистентность к пиретроидам (циперметрину) у тропического постельного клопа *C. hemipterus*.

6. Изученная нами реверсия чувствительности к циперметрину показала закрепленность признака резистентности в изученных популяциях. Реверсия чувствительности может наступать через 3-5 лет при отсутствии инсектицидного пресса.

7. Доказана высокая эффективность средств на основе неорганических веществ – диоксида кремния (диатомовый порошок) и дигидрооксида кремния (силикагеля), а также средства в аэрозольной упаковке, содержащего имидаклоприд, для борьбы с мульти-резистентными популяциями постельных клопов.

8. Средство «Bed bug killer» на основе растительных масел и экстрактов оказалось малоэффективным в борьбе с постельными клопами и не обладало остаточным действием.

9. Подобраны оптимальные схемы чередования инсектицидов на объектах медицинской дезинсекции для борьбы с постельными клопами, включающие в себя как альтернативные средства («Экокиллер», «Gektor») на основе минеральных веществ, так и средства на основе неоникотиноидов, что позволяет эффективно бороться с мульти-резистентными популяциями постельных клопов.

Практические рекомендации

1. Для практического применения в борьбе с чувствительными и мультирезистентными постельными клопами в медицинской дезинсекции рекомендованы и зарегистрированы:

инсектицидное средство «Раптор аэрозоль от клопов» (СГР RU.77.99.88.002.Е.010739.12.15) на основе неоникотиноида имидаклоприда в смеси с тетраметрином;

инсектицидное средство «Экокиллер» на основе диоксида кремния (СГР RU.77.99.88.002.Е.002737.06.16);

инсектицидное средство «Gektor» на основе смеси диоксида кремния с дигидрооксидом кремния (СГР RU.77.99.88.002.Е.004901.11.17), для которых разработаны и утверждены инструкция по применению и этикетки (тарная и бытовая)

2. Предложены схемы ротаций с использованием указанных выше инсектицидов с разным механизмом действия для контроля численности мультирезистентных популяций постельных клопов.

3. Средства на основе диоксида кремния (диатомового порошка) и его смеси с дигидрооксидом кремния (силикагелем), могут быть перспективными препаратами для проведения обработок птицеводческих помещений и клеточного оборудования в присутствии птицы против постельных клопов и других эктопаразитов.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. **Кривонос К.С.** Резистентность к инсектицидам в популяциях постельных клопов из разных стран в период 2001-2014 гг. / Рославцева С.А., Алексеев М.А., Кривонос К.С. // Пест-менеджмент (РЭТ-инфо). – 2014. – № 4(92). – С. 27-34.

2. **Кривонос К.С.** Информационное письмо «Резистентность популяций постельных клопов к инсектицидам и меры её преодоления» / Шестопалов Н.В., Алексеев М.А., Рославцева

С.А., Ерёмкина О.Ю., Кривонос К.С., Бойко Л.С., Царенко В.А., Осипова Н.З. // Дез. дело. – 2015. – Т. 91, № 1. – С. 37-39.

3. **Кривонос К.С.** Вновь о резистентности к инсектицидам российских популяций постельных клопов / Рославцева С.А., Алексеев М.А., Кривонос К.С. // Материалы VII Ежегодного Всерос. Конгресса по инфекц. болезням с международным участием (Москва, 30 марта – 1 апреля 2015 г.) // Инфекц. болезни. – 2015. – Т. 13, прилож. № 1. – С. 291.

4. **Кривонос К.С.** Вновь к вопросу о клопах / Рославцева С.А., Кривонос К.С., Алексеев М.А. // Дез. дело. – 2015. – Т. 93, № 3. – С. 31-40.

5. **Кривонос К.С.** Подтверждение резистентности постельных клопов к пиретроидам молекулярно-генетическим методом / Кривонос К.С., Василевич Ф.И., Рославцева С.А., Алексеев М.А. // Материалы VIII Ежегодного Всерос. Конгресса по инфекц. болезням с международным участием (Москва, 28-30 марта 2016 г.) // Инфекц. болезни. – 2016. – Т. 14, прилож. № 1. – С. 150.

6. **Кривонос К.С.** Современное состояние чувствительности к инсектицидам постельных клопов (Hemiptera, Cimicidae) в мире / Алексеев М.А., Рославцева С.А., Кривонос К.С. // Дез. дело. – 2018. – № 3[105]. – С. 48-60 (на русском языке), 60-71(на английском языке).

7. **Кривонос К.С.** Мониторинг резистентности к инсектицидам популяций постельных клопов России / Кривонос К.С. // Дез. дело. – 2019. – № 2. – С. 48-61.

Статьи в других научных изданиях:

1. **Кривонос К.С.** Мультирезистентные к инсектицидам популяции постельных клопов (Heteroptera, Cimicidae) в России / Рославцева С.А., Алексеев М.А., Кривонос К.С. // Современные проблемы зоологии и паразитологии: Материалы VII Международной науч. конф. «Чтения памяти проф. И.И. Барабаш-Никифорова» (г. Воронеж, 10 апреля 2015 г.) / под ред. С.П. Гапонова. – Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2015. – С. 219-223.

2. **Кривонос К.С.** Инсектицидные средства для борьбы с постельными клопами на основе смесей растительных масел / Кривонос К.С., Василевич Ф.И. // Сб. науч. трудов международной уч.-методич. и науч.-практич. конф., посвящ. 95-летию каф. паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы (11-13 ноября 2015 г., г. Москва). – М.: ЗооВетКнига, 2015. – С. 101-104.

3. **Кривонос К.С.** Роль покровов насекомых в механизме резистентности к инсектицидам / Рославцева С.А., Алексеев М.А., Кривонос К.С. // Современные проблемы зоологии и паразитологии: Материалы VIII Международной науч. конф. «Чтения памяти проф. И.И. Барабаш-Никифорова» (г. Воронеж, 10 марта 2016 г.) / под ред. С.П. Гапонова. – Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2016. – С. 158-165.

4. Кривонос К.С. Подтверждение резистентности постельных клопов *Cimexlectularius* к пиретроидам в России молекулярно-генетическим методом / Кривонос К.С. // Управление численностью проблемных биологических видов: Материалы II Евразийской науч.-практич. конф. по пест-менеджменту (Россия, Москва, 5-7 сентября 2016 г.). – М.: НЧНОУ «Институт пест-менеджмента», 2016. – С. 64 (на русском языке), 205-206 (на английском языке).

5. **Кривонос К.С.** Резистентность к инсектицидам популяций *Cimexlectularius* из разных стран в период 2001-2015 гг. / Рославцева С.А., Алексеев М.А., Кривонос К.С. // Современные вопросы дезинфектологии. Медицинская дезинсекция: объекты, средства, резистентность членистоногих к инсектоакарицидам / под общ. ред. Н.В. Шестопалова и С.А. Рославцевой. - М.: ФБУН «НИИ дезинфектологии» Роспотребнадзора, 2017. - С. 114-134.

6. **Кривонос К.С.** Синантропные клопы (Heteroptera, Triatomidae, Cimicidae) - биология, численность, эпидемиологическое значение / Рославцева С.А., Кривонос К.С., Алексеев М.А. // Современные вопросы дезинфектологии. Медицинская дезинсекция: объекты, средства,

резистентность членистоногих к инсектоакарицидам / под общ. ред. Н.В. Шестопалова и С.А. Рославцевой. - М.: ФБУН «НИИ дезинфектологии» Роспотребнадзора, 2017. - С. 173-187.

7. **Кривонос К.С.** Постельные клопы (Hemiptera: Cimicidae) на птицефабриках и меры борьбы с ними / Кривонос К.С. // Современные проблемы общей и прикладной паразитологии: Материалы XI науч.-практич. конф. памяти профессора В.А. Ромашова, 26 октября 2017 г., Воронеж. – Воронеж: Научная книга, 2017. – С. 163-167.

8. **Кривонос К.С.** Альтернативные традиционным инсектицидным средствам вещества для борьбы с постельными клопами *Cimex lectularius* / Кривонос К.С. // Современные проблемы общей и частной паразитологии: Материалы II международного паразитологического симпозиума, 6-8 декабря 2017 г., Санкт-Петербург. – СПб.: изд-во ВО СПбГАВМ, 2017. – С. 143-147.

9. **Кривонос К.С.** Тропический постельный клоп *Cimex hemipterus* (F.) и его обнаружение в некоторых городах России / Рославцева С.А., Кривонос К.С., Алексеев М.А. // Инфекционные болезни в современном мире: эволюция, текущие и будущие угрозы: Материалы X Ежегодного Всерос. Конгресса по инфекц. болезням с международным участием (Москва, 26-28 февраля 2018 г.) [Электронный ресурс на CD]. – С. 185-186.

10. **Krivos K.S.** Tropical bed bug, *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae), the new species introduced into territory of the Russian Federation / Alekseev M.A., Roslavtseva S.A., Krivos K.S. // 14th International Congress on Parasitology (ICOPA 2018), 19-24 August 2018, EXCO, Daegu, Korea: [Programme & Abstract Book] [Electronic resource]. – P2-017. – Mode of access: <https://guidebook.com/guide/135457/poi/10544307/?pcat=741071>.

11. **Кривонос К.С.** Борьба с постельными клопами с помощью альтернативных традиционным инсектицидам средств / Кривонос К.С., Василевич Ф.И. // Современные проблемы общей и прикладной паразитологии: Материалы XII науч.-практич. конф. памяти профессора В.А. Ромашова, 1-2 ноября 2018 г.– Воронеж: Научная книга, 2018. – С. 116-120.

12. **Кривонос К.С., Рославцева С.А.** Обнаружение тропического постельного клопа *Cimex hemipterus* (F.) в России / Кривонос К.С., Рославцева С.А. // Сб. науч. трудов Международной уч.-методич. и науч.-практич. конф., посвящ. 140-летию со дня рождения акад. К.И. Скрябина (Москва, 15-16 ноября 2018 г.). М.: ФГБОУ МГАВМиБ- МВА имени К.И. Скрябина. - С. 163-165.

Методические рекомендации, утвержденные РАН и Главным управлением ветеринарии:

1. Метод полимеразной цепной реакции для выявления резистентности к пиретроидам в популяциях постельных клопов *C. lectularius*: методические положения (утверждены 31 января 2019 г.) / К.С. Кривонос, Ф.И. Василевич. – М., 2019. – 11 с.