

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗ-ЗА ПРИМЕНЕНИЯ ИНСЕКТИЦИДОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДЛЯ БОРЬБЫ С КРОВОСОСУЩИМИ ДВУКРЫЛЫМИ НАСЕКОМЫМИ*

Андрей Тимофеевич Роткин, младший научный сотрудник

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, г. Тюмень, Россия
E-mail: andreyrotkin2323@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены научные исследования, свидетельствующие о негативных факторах, возникающих при применении инсектицидов для борьбы с кровососущими двукрылыми насекомыми, которые переносят вирусные болезни человека и животных (сибирская язва, туляремия, дифтерия, анаплазмоз и другие), а также способствуют передаче инвазионных заболеваний, что дополнительно усиливает их вредоносность. Для снижения экономического ущерба, причиняемого насекомыми, прибегают к химическим инсектицидам. Но они негативно влияют на окружающую среду и нецелевые организмы, в том числе на человека. Масштабность применения инсектицидных препаратов опережает изученность последствий, связанных с их использованием. Сложившаяся ситуация требует переоценки данного подхода к борьбе с вредителями. Для сбора информации были изучены работы в российских и зарубежных источниках о последствиях действия инсектицидов. Исследования в этой области необходимы для разработки эффективных и безопасных стратегий борьбы с вредителями и уменьшения потерь в животноводстве. Для преодоления экологических проблем рассмотрен комплексный подход, включающий множество тактик, базирующихся на альтернативных методах дезинсекции и сочетающий в себе механические, культурные, биологические и химические способы борьбы с вредителями при минимальном использовании инсектицидов.

Ключевые слова: инсектициды, кровососущие двукрылые насекомые, альтернативные методы борьбы, ловушки, экологическая безопасность

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF INSECTICIDES APPLICATION IN AGRICULTURE TO COMBAT BLOOD-SUCKING DIPTEROUS INSECTS

A.T. Rotkin, Junior Researcher

The All-Russian Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology is a branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Research Center of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia
E-mail andreyrotkin2323@yandex.ru

Abstract. This article discusses scientific studies that indicate the negative factors that arise when using insecticides to combat blood-sucking diptera insects. Diptera insects are carriers of viral diseases of humans and animals, such as anthrax, tularemia, diphtheria, anaplasmosis and others. They also contribute to the transmission of invasive diseases, which further increases their harmfulness. To reduce the economic damage caused by insects, various preventive and extermination measures are used, where the main method is the use of insecticides. However, more and more studies point to the negative impact of chemical insecticides on the environment and non-target organisms, including humans. This may indicate that the scale of the use of insecticidal drugs is far ahead of the study of the consequences associated with their use. Therefore, the current situation requires a reassessment of this approach to pest control. To collect information, a search was made for scientific papers in Russian and foreign sources on the negative consequences of the use of insecticides and alternative approaches to pest control. Research in this area is necessary to develop effective and environmentally friendly pest control strategies and minimize losses in animal husbandry. To overcome the environmental problems associated with the use of insecticides in animal husbandry, an integrated approach is considered, which includes a variety of tactics based on alternative methods of disinsection and combining mechanical, cultural, biological and chemical methods of pest control while minimizing the use of insecticides.

Keywords: insecticides, blood-sucking diptera insects, alternative methods of control, traps, environmental safety

Использование инсектицидных препаратов — основной метод для борьбы с кровососущими двукрылыми насекомыми, которые переносят вирусные болезни человека и животных (сибирская язва, туляремия, дифтерия, анаплазмоз, чума свиней, малярия, лейкоз крупного рогатого скота, лихорадка Запад-

ного Нила, омская геморрагическая лихорадка, холера и другие), а также считаются природными резервуарами для размножения их возбудителей. [3, 4, 7, 10] На теле насекомых могут находиться яйца аскарид, оксиур, тениид плотоядных, ооцист эймерий. Мухи — промежуточные хозяева драшей, те-

* Статья подготовлена при финансовой поддержке: 121042000076-5 Разработка методов научно-обоснованного применения средств дезинсекции, химической и биологической регуляции численности паразитов с целью сохранения эпизоотического благополучия и качества здоровья сельскохозяйственных и непродуктивных животных, пчел и птиц / The article was prepared with the financial support of: 121042000076-5 Development of methods for the scientifically based use of pest control, chemical and biological regulation of the number of parasites in order to preserve epizootic well-being and health quality of agricultural and unproductive animals, bees and birds.

лязий, габронем, парафилярий, филярий и других гельминтов. [3]

Болезненность укусов и звук, который издают насекомые, мешают животным потреблять необходимое количество зеленого корма во время пастбищного выпаса. Подверженные массовому нападению кровососущих насекомых, животные могут погибать в результате токсикоза и кровопотери. [6, 7, 10]

В совокупности вышеперечисленные факторы наносят экономический ущерб, который складывается из снижения удоев коров и привесов молодняка на 15...40%. [3, 4, 7] Применение инсектицидных средств — основной метод борьбы с насекомыми комплекса «гнус». [12, 14]

Количество исследований негативного воздействия химических инсектицидов на окружающую среду растет, что приводит к переоценке данного подхода, как основополагающего в борьбе с вредителями. [4, 7]

Цель работы — обзор научных источников для изучения экологических проблем, связанных с использованием инсектицидов в животноводстве, и обобщения альтернативных методов борьбы с кровососущими двукрылыми насекомыми.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы работы отечественных и зарубежных авторов, в которых содержится описание методов применения инсектицидов для защиты животных от эктопаразитов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В связи с развитием сельского хозяйства и разработкой новых препаратов продажи пестицидов в России за пять лет увеличились на 39,7% (2018 год — 154,3 тыс. т, 2022 — 215,6).

Действие инсектицидов приводит к развитию устойчивой резистентности насекомых-вредителей, негативному влиянию на нецелевые организмы и загрязнению окружающей среды. [6, 9, 13, 14, 20]

По обобщенным сведениям о механизмах возникновения резистентности можно выделить три основных.

Изменения в целевом участке инсектицида. Например, пиретроиды воздействуют на натриевые каналы в нервной системе, вызывая паралич и смерть насекомых. Однако мутации в генах метаболизма инсектицидов могут привести к нечувствительности участка-мишени, делая их менее эффективными. [6, 20]

Ферменты детоксикации (монооксигеназы цитохрома P450, эстеразы и глутатион-S-трансферазы) помогают расщеплять и выводить токсины из организма. Со временем, из-за генетических изменений или повышенной экспрессии насекомые могут повысить свою метаболическую способность и более эффективно усваивать и выводить инсектициды, снижая их токсическое воздействие. [6, 9, 13, 14, 20]

Пониженное проникновение. Насекомые вырабатывают механизмы, уменьшающие проникновение пиретроидов через их кутикулу или экзоскелет, который действует как защитный барьер. Это изменяет структуру или состав кутикулы и снижает вса-

сывание инсектицида в организм насекомого, что наблюдали у комаров видов *Aedes aegypti* и *Anopheles gambiae*. [9, 20]

Применение инсектицидов пагубно влияет на пчелиные колонии, водные организмы, животных и человека. [1, 2, 5, 18]

У животных, подвергшихся высоким дозировкам неоникотиноидов или пиретроидов, наблюдаются судороги, мышечный тремор, возбуждение и нарушение координации, что может приводить к летальному исходу. При лабораторных исследованиях действия синтетических пиретроидов на репродуктивную систему животных выявили уменьшение массы плода, наличие дополнительных ребер, аборт, окостенение передних и задних конечностей. У молодняка изменялись биохимические показатели крови. Высокая концентрация инсектицидов вызывает нарушения функций антиоксидантной системы в половых железах самцов и снижает качество спермы. [5]

У людей, при чрезмерном воздействии синтетических пиретроидов и неоникотиноидов часто возникают аллергические реакции и астма (особенно у детей), головокружение, головные боли, тошнота, усталость, помутнение зрения, ощущение жжения и покалывания в области лица, тремор рук и ног, судороги, чувствительность к солнечному свету и даже потеря сознания. [1, 8] Было обнаружено, что их метаболиты могут присутствовать в грудном молоке женщин. У детей повышался уровень метаболитов в моче, появлялось агрессивное и возбужденное поведение, проблемы с кратковременной памятью, нарушение сна и ухудшение мыслительных способностей. Воздействие пиретроидов и неоникотиноидов на беременных женщин может выражаться в негативных изменениях центральной нервной системы плода. [1, 5, 8]

Загрязнение почвы и воды — экологическая проблема, связанная с применением инсектицидов в животноводстве. [1, 2] Пиретроиды наносят вред водным организмам прямым (обработка водоемов для ликвидации личинок кровососущих двукрылых насекомых) или косвенным (сток инсектицидов с животноводческих ферм и пастбищ) путем. Циркуляция пестицидов может происходить по схемам: воздух-растения-почва-растения-травоядные животные; почва-вода-зоо-, фитопланктон-рыба. Некоторые хищные рыбы и нецелевые водные насекомые показали сходный уровень чувствительности к пиретроидам, как и личинки комаров. [18]

Применение инсектицидов — одна из главных причин возникновения коллапса пчелиных колоний. Синтетические инсектициды, включая пиретроиды, способны снижать активность ацетилхолинэстеразы в синаптическом пространстве. Это может привести к сокращению популяции пчел и ослаблению колонии. Быстрое действие веществ вызывает гибель пчел вдали от улья. Из-за их вымирания пчел снижается урожайность сельскохозяйственных культур и наступает биологический дисбаланс. [2, 18]

Инсектициды пагубно влияют на микроорганизмы (бактерии, грибы и прочие), которые важны для здоровой почвенной экосистемы. Уничтожение полезных организмов нарушает естественные процессы разложения органического материала, циклы питания и биологической активности почвы. [1]

Для решения экологических проблем, связанных с использованием инсектицидов в животноводстве, применяют комплексный подход, включающий в себя множество тактик, базирующихся на альтернативных методах борьбы с насекомыми комплекса «гнус». Его преимущество заключается в интеграции нескольких стратегий для создания эффективной программы борьбы с вредителями. Этот подход сочетает в себе механические, культурные, биологические и химические методы уничтожения вредителей при минимальном участии инсектицидов.

Точная идентификация и регулярный мониторинг динамики популяции кровососущих двукрылых необходим для эффективной борьбы с вредителями. Понимая жизненный цикл насекомого, его поведение и уязвимые места, можно принять соответствующие меры. [16, 19] Акцент на превентивных мерах — фундаментальный аспект такого подхода. Сосредоточив внимание на методах, которые предупреждают распространение популяции вредителей (соблюдение санитарно-гигиенических норм в животноводческих хозяйствах, надлежащее обращение с отходами и работа с местами выплода), можно уменьшить зависимость от пестицидов. [19]

Применение инсектицидных ловушек представляет собой альтернативу химическим инсектицидам. Разработано и внедрено большое количество различных ловушек на основе привлечения насекомых с помощью физических и химических аттрактантов и умерщвления электрическим током. Для истребления слепней на пастбищах во ВНИИВЭА С.Д. Павловым была разработана юловидная ловушка, сокращающая численность слепней в период массового лёта до 50%. [2, 11]

В комплексе защитных мероприятий также важную роль играет биологический контроль. Использование естественных хищников, паразитов и патогенов может быть эффективным для борьбы с конкретными вредителями при минимальных дозах инсектицидов. [12]

Хищники-беспозвоночные, обитающие в водной среде, рассматриваются как инструменты биологической борьбы с кровососами. Известно, что хищники семейства Гладыши (*Notonectidae*) и отряда Стрекозы (*Odonata*) активно поедают личинок рода *Anopheles* и *Aedes*, снижая плотность популяции комаров. [17]

Потенциально возможный метод устранения молодых комаров — использование личинок из семейства *Toxorhynchites*, взрослые особи которых не потребляют кровь и не способствуют распространению инфекционных заболеваний. [12, 15]

Перспективную альтернативу химическим инсектицидам представляют ларвициды, основанные на микробиологических препаратах. Их компоненты — штаммы бактерий *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) и *Bacillus sphaericus* (*Bs*). Они выделяют δ-эндотоксины, которые обладают высокой токсичностью для комаров. [15]

Исходя из представленного материала сделан вывод, что масштабность применения пестицидов сильно опережает изученность негативных последствий. Однако инсектицидные препараты все равно остаются важной частью комплексного подхода в борьбе с кровососущими насекомыми. [16, 19]

Использование пестицидов требует строгого контроля, соблюдения дозировок, мер предосторожности и схем ротации. Согласно проанализированным научным данным, перспективными и эффективными могут быть комбинированные, двухкомпонентные инсектоакарицидные средства. [8] Комбинирование способствует синергическому эффекту, пролонгации защитного действия и снижению риска возникновения резистентности у кровососущих насекомых. Все это увеличивает общую эффективность препаратов, снижая объемы их применения. [6]

Необходимы дальнейшие исследования в области разработки альтернативных методов дезинсекции и стратегий борьбы с насекомыми-вредителями. Они помогут определить интегрированные подходы, учитывающие экологическую устойчивость, и будут способствовать улучшению продуктивности животноводческих предприятий.

Таким образом, применение инсектицидов для борьбы с кровососущими двукрылыми насекомыми требует переоценки и учета экологических аспектов. Внедрение альтернативных и комплексных методов борьбы — перспективное направление для обеспечения эффективной защиты животных и минимизации потерь в животноводстве.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анучина А.В. Токсическое действие пестицидов на организм человека и животных // Международный студенческий научный вестник. 2019. № 1. С. 1. EDN: VVHVUE.
2. Бойко Т.В., Герунова Л.К., Герунов В.И. и др. Токсикологическая характеристика неоникотиноидов // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (20). С. 49–54.
3. Бурова О.А., Блохин А.А., Захарова О.И. и др. Векторы трансмиссивных вирусных болезней животных // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 5 (66). С. 4–17.
4. Гавричкин А.А., Хлызова Т.А., Федорова О.А., Сивкова Е.И. Защита сельскохозяйственных животных от кровососущих двукрылых насекомых в Тюменской области (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 2 (6). С. 36–47. EDN: XIDEND.
5. Герунов Т.В., Редькин Ю.В., Герунова Л.К. Иммуно-токсичность пестицидов: роль в патологии животных и человека // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131. № 5. С. 474–482.
6. Давлианидзе Т.А., Еремина 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. Крутько К.С., Кинарейкина А.Г., Серкова М.И. и др. Выявление в кровососущих двукрылых насекомых Тюменской области генетического материала возбудителей вирусных болезней животных // Российский паразитологический журнал. 2022; 16 (4): 389–402.
8. Курдиль Н.В., Ивашенко О.В. Особенности острых отравлений в условиях города: карбаматы, пиретроиды, неоникотиноиды // Медицина неотложных состояний. 2015. № 4. С. 51–57.
9. Лопатина Ю.В., Еремина О.Ю. Механизмы резистентности членистоногих к пестицидам: снижение проницаемости кутикулы и роль ABC-транспортёров // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2018. № 4. С. 42–52.

10. Медведев С.Г. Организация исследований насекомых комплекса гнуса (Diptera: Culicidae, Ceratopogonidae, Tabanidae) Ю.С. Балашовым // Паразитология. 2013. Т. 47. № 3. С. 245–260.
11. Павлов С.Д., Федорова О.А., Сивкова Е.И. Защита сельскохозяйственных животных инсектицидной ловушкой для истребления слепней // Ветеринария и кормление. 2020. № 7. С. 49–52. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-7-12. EDN: QJATSR.
12. Серкова М.И. Альтернативные методы борьбы с кровососущими комарами (DIPTERA: CULICIDAE) (Обзор) // Вестник КрасГАУ. 2021. № 10 (175).
13. Силиванова Е.А., Левченко М.А., Шумилова П.А., Плашкина В.А. Активность фосфатаз и ацетилхолинэстеразы у комнатной мухи *Musca domestica* L. на разных стадиях жизненного цикла // Евразийский энтомологический журнал. 2020. Т. 19. № 3. С. 124–130.
14. Соколянская М.П. Формирование резистентности к пиретроидам у личинок комнатной мухи *Musca domestica* // Агрохимия. 2014. № 3. С. 54–59.
15. Eba K.D., Olkeba B.K. et al. Bio-Control of Anopheles Mosquito Larvae Using Invertebrate Predators to Support Human Health Programs in Ethiopia // International journal of environmental research and public health. 2021. Vol. 18. № 1810.
16. Ehler L.E. Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM // Pest management science. 2006. Т. 62. № 9. С. 787–789.
17. Jacob S., Thomas A., Manju E. Bio control efficiency of Odonata nymphs on *Aedes aegypti* larvae // Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology. 2017. Vol. 11. № 9. P. 1–4.
18. Piechowicz B., Grodzicki P. Circadian and Seasonal Changes in Honeybee (*Apis Mellifera*) Worker Susceptibility to Pyrethroids // Polish Journal of Environmental Studies. 2016. Vol. 25. P. 1177–1185.
19. Vreysen M.J.B. et al. Area-wide integrated pest management (AW-IPM): principles, practice and prospects // Area-wide control of insect pests: from research to field implementation. 2007. С. 3–33.
20. Zhu F., Gujar H., Gordon J. et al. Bed bugs evolved unique adaptive strategy to resist pyrethroid insecticides. 2013. 3 (1): 1456.
1. Anuchina A.V. Toksicheskoe dejstvie pesticidov na organizm cheloveka i zhivotnyh // Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik. 2019. № 1. S. 1. EDN: VVHVUE.
2. Bojko T.V., Gerunova L.K., Gerunov V.I. i dr. Toksikologicheskaya harakteristika neonikotinoïdov // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 4 (20). S. 49–54.
3. Burova O.A., Blohin A.A., Zaharova O.I. i dr. Vektory transmissivnyh virusnyh boleznej zhivotnyh // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. № 5 (66). S. 4–17.
4. Gavrichkin A.A., Hlyzova T.A., Fedorova O.A., Sivkova E.I. Zashchita sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh ot krovososushchih dvukrylyh nasekomyh v Tyumenskoj oblasti (obzor) // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2016. № 2 (6). S. 36–47. EDN: XIDEND.
5. Gerunov T.V., Red'kin Yu.V., Gerunova L.K. Immunotoksichnost' pesticidov: rol' v patologii zhivotnyh i cheloveka // Uspekhi sovremennoj biologii. 2011. Т. 131. № 5. S. 474–482.
6. Davlianidze T.A., Eremina O.Yu. Sanitarno-epidemiologicheskoe znachenie i rezistentnost' k insekticidam komnatnyh muh *Musca domestica* (Analiticheskij obzor literatury 2000–2021 gg.) // Vestnik zashchity rastenij. 2021. Т. 104. № 2. S. 72–86.
7. Krut'ko K.S., Kinarejkina A.G., Serkova M.I. i dr. Vyyavlenie v krovososushchih dvukrylyh nasekomyh Tyumenskoj oblasti geneticheskogo materiala vzbuditelej virusnyh boleznej zhivotnyh // Rossijskij parazitologicheskij zhurnal. 2022; 16 (4): 389–402.
8. Kurdil' N.V., Ivashchenko O.V. Osobennosti ostryh otravlenij v usloviyah goroda: karbamaty, piretroïdy, neonikotinoïdy // Medicina neotlozhnyh sostoyanij. 2015. № 4. S. 51–57.
9. Lopatina Y.V., Eremina O.Yu. Mekhanizmy rezistentnosti chlenistonogih k pesticidam: snizhenie pronicaemosti kutikuly i rol' AVS-transporterov // Medicinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni. 2018. № 4. S. 42–52.
10. Medvedev S.G. Organizaciya issledovanij nasekomyh kompleksa gnusa (Diptera: Culicidae, Ceratopogonidae, Tabanidae) Yu.S. Balashovym // Parazitologiya. 2013. Т. 47. № 3. S. 245–260.
11. Pavlov S.D., Fedorova O.A., Sivkova E.I. Zashchita sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh insekticidnoj lovushkoj dlya istrebleniya slepnej // Veterinariya i kormlenie. 2020. № 7. S. 49–52. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-7-12. EDN: QJATSR.
12. Serkova M.I. Al'ternativnye metody bor'by s krovososushchimi komarami (DIPTERA: CULICIDAE) (Obzor) // Vestnik KrasGAU. 2021. № 10 (175).
13. Silivanova E.A., Levchenko M.A., Shumilova P.A., Plashkina V.A. Aktivnost' fosfataz i acetilholinesterazy u komnatnoj muhi *Musca domestica* L. na raznyh stadiyah zhiznennogo cikla // Evrazijskij entomologicheskij zhurnal. 2020. Т. 19. № 3. S. 124–130.
14. Sokolyanskaya M.P. Formirovanie rezistentnosti k piretroidam u lichinok komnatnoj muhi *Musca domestica* // Agrohimiya. 2014. № 3. S. 54–59.
15. Eba K.D., Olkeba B.K. et al. Bio-Control of Anopheles Mosquito Larvae Using Invertebrate Predators to Support Human Health Programs in Ethiopia // International journal of environmental research and public health. 2021. Vol. 18. № 1810.
16. Ehler L.E. Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM // Pest management science. 2006. Т. 62. № 9. S. 787–789.
17. Jacob S., Thomas A., Manju E. Bio control efficiency of Odonata nymphs on *Aedes aegypti* larvae // Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology. 2017. Vol. 11. № 9. P. 1–4.
18. Piechowicz B., Grodzicki P. Circadian and Seasonal Changes in Honeybee (*Apis Mellifera*) Worker Susceptibility to Pyrethroids // Polish Journal of Environmental Studies. 2016. Vol. 25. P. 1177–1185.
19. Vreysen M.J.B. et al. Area-wide integrated pest management (AW-IPM): principles, practice and prospects // Area-wide control of insect pests: from research to field implementation. 2007. S. 3–33.
20. Zhu F., Gujar H., Gordon J. et al. Bed bugs evolved unique adaptive strategy to resist pyrethroid insecticides. 2013. 3 (1): 1456.

REFERENCES

Поступила в редакцию 14.09.2023
Принята к публикации 28.09.2023