

**МЕШКОВ Юрий Иванович**

**ОПТИМИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО, ХИМИЧЕСКОГО  
И ФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДОВ РЕГУЛЯЦИИ ВРЕДНЫХ АРТРОПОД**

Специальность

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
доктора сельскохозяйственных наук

Новосибирск – 2024

Работа выполнена:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Федеральный исследовательский центр

«Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук

Научный консультант:

**Глинушкин Алексей Павлович**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, академик РАН

Официальные оппоненты:

**Астарханова Тамара Саржановна**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института РУДН, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

**Бабенко Андрей Сергеевич**

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственной биологии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

**Еськов Иван Дмитриевич**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Защита растений и плодовоовощеводства», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»

Защита диссертации состоится 29 октября 2024 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.025.02, созданного на базе ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», зал заседания ученого совета.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью и подписями) просим направлять по адресу: 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, тел. (383) 267-05-10, e-mail: d\_sovet@nsau.edu.ru

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ и на сайте <http://www.nsau.edu.ru>.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Учёный секретарь диссертационного совета  
кандидат биологических наук



Т.В. Гаврилец

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** При мировых тенденциях земледелия расширены возможности выращивания растительных продуктов с ограничением пестицидных нагрузок в целях уменьшения нецелевого воздействия в агроценозах. Необходимы научные изыскания и практические исследования, направленные на совершенствование методов, повышающих безопасность защиты растений (Долженко, 2010; Долженко, Новожилов, 2010; Долженко, Захаренко, 2011; Белякова, Павлюшин, 2013; Соколов и др., 2017; Лачуга и др., 2019; Долженко, Лаптиева, 2021; Долженко, Сухорученко, Лаптиева, 2021).

Наибольшую экологическую проблему и ощутимую экономическую значимость в агроценозах представляют вредные членистоногие (Arthropoda) – растительноядные клещи и насекомые, нередко являющиеся переносчиками фитопатогенов. Клещи-фитофаги проявляют вредоносность, как в открытом, так и в защищенном грунте (Успенский, 1960; Бондаренко, 1972; Попов, 1988, 2013; Яковлева, Мешков, 2011; Камаев, 2023). В открытом грунте ежегодный ущерб клещи наносят плодово-ягодным культурам (Митрофанов, Дягилева, 1981; Попов, 1985, 1994; Зейналов, 2018). В условиях защищённого грунта тетраниховые клещи являются ключевыми вредоносными объектами (Попов, 1988, 1997). Также из подотряда протистических клещей сильный вред наносят эриофиды (Степанова, 2018; Акуленко и др., 2021; Сазонов и др., 2023). Не менее опасна вредоносная деятельность мелких насекомых (0,3÷1,7 мм) – трипсов и алейродид (Борисов, Ахатов, 1991; Дорохова и др., 2003; Долженко, Клишина, 2009; Долженко и др., 2019).

Будучи малозаметными в начале проникновения в агроценозы, но имея высокий биотический потенциал и быстро, в течение нескольких поколений, адаптируясь к пестицидному фону, фитофаги способны нанести непоправимый урон сельскохозяйственной продукции (Волков, 2000; Захаренко, 2001; Долженко, 2013; Meshkov et al., 2017; Сухорученко и др., 2016, 2020).

Использование интегрированных систем защиты растений предусматривает научно обоснованное применение химических средств, использование биологического, физического методов ограничения численности вредных фитофагов (Долженко, 2018; Шохина, Долженко, 2015); существенную роль приобретают биопрепараты и иные биологические средства (Сухорученко и др., 1995; Долженко, 2016; Говоров и др., 2017). При совершенствовании способов управления численностью популяций вредных организмов, в частности членистоногих фитофагов, важными ветвями являются активация природных механизмов саморегуляции, с одной стороны, и максимизация использования природных ресурсов – эффективных энтомофагов и энтомопатогенов, с другой (Тюрин и др., 2005, 2006; Долженко, 2013; Яковлева и др., 2013; Лаптиева, 2019; Белякова и др., 2022; Volkov et al., 2013).

С этой целью в мировом масштабе проводятся исследования по выявлению полезных организмов, введения их в системы искусственного разведения, разрабатываются логистические приемы и методики выпусков в места локализации вредных растительноядных организмов. К этой группе энтомофагов относятся фитосейидные клещи (Mesostigmata: Phytoseiidae); с прошлого

столетия активизировалась оценка их фаунистических составов в регионах, изучение биологии хищных клещей, оценка значимости в агробиоценозах (Gilliat, 1935; Garman, 1948; Kuenen, 1947; Бегляров, 1957 а, 1958 а, б; Chant, 1963; Huffaker et al., 1969). Было установлено, что фитосейиды являются природными регуляторами численности мелких членистоногих, но прежде всего растительноядных клещей (Дядечко, 1954; Бегляров, 1957 б; Смольяников, 1959; Андреева и др., 1986; Мешков, 2004; Мешков, Сучалкин, 2004; Мешков, Салобукина, 2013; Мешков и др., 2014, 2016, 2018; Рыбарева, 2016; Clancy, Pollard, 1952; Huffaker et al., 1970; McMurtry et al., 1970; Hoying, Croft, 1977; Ho, Chen, 2001; McMurtry et al., 2013; Nguyen et al., 2019; Han et al., 2020; Ji et al., 2020). Некоторые виды фитосейид расселились в результате хозяйственной деятельности человека еще в прошлом столетии (Бондаренко, Емельянов, 1970; Акимов и др., 1977; Токунова, Малов, 1988; Радецкий Полякова, 1991). Сейчас значительный научный и практический интерес представляют автохтонные виды, поскольку они коэволюционировали с фитофагами на данной территории (Мешков, Сучалкин, 2004; Мешков и др., 2018).

Оптимизация применения физического, химического и биологического методов в защите растений от вредоносных организмов, их сочетание, позволит в значительной мере повысить рентабельность производства растительной продукции (Фадеев, Новожилов, 1981). В защищенном грунте оптимизация предусматривает максимизацию приемов использования биологических средств, улучшенных соотношений использования химического и физического методов, с минимизацией материальных расходов и человеческих ресурсов в повышении эффективности защиты растений.

**Степень разработанности темы.** Для ограничения роста численности популяций фитофагов (вредных клещей и насекомых) используются различные мероприятия (профилактические на основе мониторинга, защитные, ликвидационные). Результативность защитных средств сплошного воздействия (пестициды химического и биологического синтеза) нередко ограничивается рискованной частью их последствий: реакцией популяций целевых вредных организмов, приводящей к отбору генетически устойчивых особей, и подавлением активности полезных организмов (энтомофагов и опылителей). Использование биологических средств зависит от плотности популяции вредных членистоногих, сопряжено с воздействием на возрастную и численную структуру, что также нередко ограничивает эффективность этого приема как регулирующего фактора. Для успешного сочетания различных защитных мероприятий требуется оптимизация их применения. В настоящее время оценивается влияние светового излучения на фитофагов (Анисимов, Доброхотов, 2009; Акимов, Жовнерчук, 2010), возможности улучшения использования биологических средств, определяемые интенсивностью диодного освещения (Зенкова и др., 2017; Merlin et al., 2022; Meijer, 2023). Вопросы влияния дальнего красного света в системе питания членистоногих ранее подробно не изучалось (Клейтон, 1984; Орт, 1987). Ведутся поиски по увеличению эффективности пестицидов со снижением норм расхода при сочетании с физическими факторами (Долженко, 2018; Шохина, Долженко,

2015), по оценке влияния ионизации воздуха на организмы (Ритслайд, 1961; Сеницина, Чайка, 2000).

Естественным фактором регулирования численности растительноядных членистоногих (Arthropoda) являются природные акарифаги и энтомофаги. Фитосейидные клещи (сем. Phytoseiidae) обитают в тех же типах растительного покрова и на ярусах растительности, что и их жертвы (клещи и насекомые). Эффект работы энтомоакарифагов сопряжён с их функциональной и численной реакциями, видоспецифичен (Мешков и др., 2014), но часто упускаем из-за сложности биоценоза, перспективен в коррекции физическим и химическим методами.

Из более чем 2700 видов фитосейид, описанных со всех континентов (Demite et al., 2020), в интегрированных системах защиты культивируемых растений используется около 20 видов фитосейид (Chant, 1961; Collyer, 1964; Малов, 1975; Бегляров, 1976; Бегляров, Сучалкин, 1985; Петрушов и др., 1992; Попов, Кондряков, 2003; Gerson et al., 2003; Zhang, 2003; van Lenteren, 2012; Knapp et al., 2018; Балыкина и др., 2020; Olaniyi et al., 2021; Красавина, Трапезникова, 2022). Наибольшую коммерческую привлекательность получили 4-5 видов. Например, высоко специализированный хищник паутиных клещей рода *Tetranychus* Dufour фитосейулюс *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot, 1957; Бегляров, 1968; Бондаренко, 1974; Бегляров, Мешков, 1989; Migeon et al., 2019). Успешно используются фитосейиды региональных фаун в защите конкретных сельскохозяйственных культур (Бегляров, Малов, 1985; Малов, Мешков, 1988, 1995; Mueller-Beilschmidt, Hoy, 1987; Steiner et al., 2003; Canlas et al., 2006; Barbar, 2016; Bohinc et al., 2018; Gondim, Moraes, 2001; Fang et al., 2020). Некоторых из этих видов применяют в качестве интродуцированных хищников на виноградниках и плодовых культурах (Зильберминц, Петрушов, 1983; Jolly, 2000) и, особенно, в защищенном грунте (Павлюшин и др., 2001; Козлова, Moor, 2012; Hatherly, 2004; Cakmak, Cobanodlu, 2006; Rahmani et al., 2016; Seyedizadeh et al., 2017). Вместе с тем становятся известными факты, что интродуцированные экзотические акарифаги оказывают влияние на местные виды фитосейидных клещей (Sato, Mochizuki, 2011).

При разнообразных укладах сельского хозяйства, прежде всего для укрывных, пленочных и зимних тепличных сооружений, в весьма ограниченной степени исследованы возможности использования местных видов энтомофагов, сочетания физическо-химических приемов. Многие виды фитосейидных клещей, являясь интересными для практики, остаются неизученными или малоизученными биоагентами (Белякова и др., 2022; Попов, Белякова, 2022; Khaustov, 2020; Khaustov et al., 2021, 2022; Moradi et al., 2023).

**Цель исследований.** Оптимизировать технологические подходы, приемы биологического, химического и физического методов защиты растений.

**Задачи исследований.**

1. Изучить, провести анализ и дать характеристику автохтонных и адвентивных фитосейидных хищных клещей, встречающихся на культивируемых кустарниковых и декоративных растениях.
2. Установить адаптивный потенциал адвентивных фитосейид *Neoseiulus*

*longispinosus* и *Neoseiulus californicus* по отношению к относительной влажности и температуре воздуха.

3. Разработать эффективные технологические схемы применения хищных клещей разных родов (*Neoseiulus*, *Transeius*).
4. Установить параметры взаимовлияния в триотрофной системе: субстрат, мучной клещ *Acarus siro*, автохтонный хищный клещ *Transeius herbarius*.
5. Установить параметры взаимодействия хищных клещей родов *Neoseiulus* и *Phytoseiulus* в условиях совместного применения.
6. Определить возможность спектрального воздействия электромагнитных волн с дальним красным на растения, фитофагов и хищных клещей в системе триотрофа.
7. Определить возможность изменения активности поведения, плодовитости, питания вредных членистоногих ионизацией воздушной среды.
8. Определить параметры оптимизации пестицидных технологий защиты растений путём ионизации воздушной среды, комбинированно с хищными клещами.
9. Разработать нормы применения химически и биологически синтезированных агрохимикатов для оптимизации срока выпуска хищных клещей на защищаемые растения.

**Научная новизна.** Проведено многонаправленное изучение и комплексно разработаны технологические приемы повышения биологической эффективности защиты от вредителей (клещей, трипсов, белокрылки) на всех этапах лабораторного, деляночного, производственного исследований при выращивании культур защищенного грунта. Впервые обоснована система поиска, депонирования, технологического размножения и сохранения природных видов хищных клещей в условиях лаборатории и малого производства на примере индивидуальных предпринимателей и крестьянско-фермерских хозяйств (ИП, КФХ).

Проведенная оценка автохтонного фитосейидного клеща *Transeius herbarius*, являющегося новым видом хищника для использования в защищенном грунте, впервые позволила фермерам формировать партеногенетическую (бессамцовую) популяцию регулирующего биоагента, отказываясь от импортируемых видов хищных клещей тропического и субтропического происхождения.

Впервые установлена эффективность действия видимого спектра с участием дальнего красного излучения (FR) в триотрофной системе растение-вредитель-хищник. Впервые определены биологически эффективные параметры инсекто-акарицидного действия химических препаратов в сочетании с ионизацией воздушной среды на вредителей для обеспечения снижения нормы применения химических препаратов с сохранением уровня эффективности. Впервые разработана технология поддержания хищных клещей природных популяций для удаленных территорий России (КФХ, ИП).

**Теоретическая значимость.** Разработан ресурсосберегающий подход технологических параметров поиска, адаптации к технологическому воспроизводству применения хищных клещей на примере автохтонных и адвентивных видов. Обоснован и спроектирован оригинальный методологический подход к исследованию влияния спектра света, включающего

FR как фитосанитарного селективного регулятора (барьера) распространения, развития (в том числе скрытого) вредителей и хищников, позволяющий сократить затраты человеко-часов, при поддержании популяций энтомофагов с использованием триотрофной системы. Обосновано применение ионизаторов отдельно и в совокупности с пестицидами, хищными клещами для защиты растений в условиях малых форм хозяйствования и в промышленных масштабах.

**Практическая значимость.** Подтверждена организационно-экономической оценкой и теоретически обоснована схема совершенствования параметров, приемов, технологии поиска, адаптации, технологизации поддержания и применения хищных клещей в условиях разного рода систем выращивания декоративных культур защищенного грунта. Установлены диапазоны в технологических приемах применения ионизации воздуха, спектров видимого света в параметре компоненты дальнего красного (FR), в соотношениях R:FR составляющих 1,67 и 0,84, и нормах расхода пестицидных препаратов. Установлены размерности, другие параметры субстратов при круглогодичном поддержании популяций перспективных видов хищных клещей на зерне пшеницы с экономией затрат при масштабированном поддержании.

**Методы исследований.** В ходе работы использовались аналитический метод как по научной информации, так и по полученным, в том числе ранее, результатам, включая труды автора (Мешков и др., 2008), общие и специальные методы исследований: лабораторные, вегетационные и полевые, в процессе проведения которых осуществляли наблюдения, сравнения, измерения, анализ экспериментальных данных. Фаунистический анализ проводили по Ю.А. Песенко (1982). Энтомо-токсикологические исследования проводили согласно методикам (Лившиц и др., 1986; Зильберминц и др., 1977; Зильберминц, Смирнова, 1979; Сухорученко и др., 1990; Сухорученко, Долженко, 2013; Долженко, 2013; Сухорученко и др., 1995, 2018). Закладку лабораторных и полевых опытов, статистическую обработку и анализ достоверности результатов исследований проводили по методикам (Доспехов, 1985; Лакин, 1980; Рокицкий, 1964) с использованием Microsoft Office Excel.2010, STATISTICA\_10.0.1011.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. Совершенствование защиты декоративных культур и упреждения потерь численным соотношением фитофага-хищника.
2. Оптимизация совместного использования акарифагов на примере двух родов (*Neoseiulus* и *Phytoseiulus*) хищных клещей-фитосейид.
3. Биоценотическое регулирование вредных членистоногих воздействием физических факторов (дальний красный свет; температурный режим; влажность субстрата) и новые параметры специфического влияния на хищных фитосейидных клещей.
4. Новые параметры воздействия отрицательных аэроионов кислорода на вредных членистоногих *Frankliniella intonsa*, *Trialetrodes vaporariorum*, *Tetranychus urticae*.
5. Оптимизация применения пестицидов химического и биологического синтеза с физическим и биологическим методами.
6. Оптимизация химических элементов интегрированной защиты от вредных членистоногих использованием энтомоакарифагов.

**Апробация работы.** Результаты исследований внедрены в практику ГБУ «Озеленение» (г. Москва): «ПУ Измайловское», «ПУ Первомайское», «ПУ Останкинское», в работу компаний «BioTechSystems», «БиоТехнология» и «БиоЗащита», личных подсобных и индивидуальных хозяйствах (И.П. Крюков). Материалы исследований доложены на международных научно-практических конференциях (Минск, 2013; Краснодар 2018; Санкт-Петербург 2020, 2021; Москва 2023, Владикавказ 2023, Дели-Москва 2023), Всероссийских форумах овощеводов (Москва, ССК «Гавриш», 2011-2016), Международных научных конференциях «Теплицы России» (2005-2017, 2021, 2024), «Защита и карантин растений» (25-28.10.2023), на XVII Международном Биотехнологическом Форуме «РосБиоТех» (17-19.04.2024); курсах повышения квалификации специалистов защищенного грунта, проводимые «Гавриш» (2021, 2023); профориентированных семинарах «Фармбиомед» (2014), «АгроСемЦвет» (2010, 2012), АРМИЯ-2022 (2022), конференции «Перспективные исследования биологических ресурсов», проведенной в рамках Международного научного конгресса «ГЛОБАЛИСТИКА-2023», посвященной 160-летию В.И. Вернадского; VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты продовольственной безопасности», посвященной 65-летию ФГБНУ ВНИИФ (21-23 ноября 2023 года); II научной конференции «Перспективные исследования биологических ресурсов» РАН (25-27 апреля 2024 г.). Практическая значимость исследований подтверждена дипломами и медалями всероссийских выставок «ПрофСемГавриш», «Защищенный грунт России», «Агрорусь», «Золотая осень».

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 48 работ, из них 14 статей в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК, 13 – в изданиях библиографических баз данных Scopus, Web of Science, учитываемых ВАК Минобрнауки РФ, 1 монография (в соавторстве), 6 патентов на изобретение (в соавторстве), 13 статей РИНЦ, 1 учебное пособие (в соавторстве). В диссертационном исследовании, патентах и статьях, выполненных с участием исследователей, технических специалистов и т.п., доля личного участия автора составляет 84,3 %.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 350 страницах машинописного текста; состоит из введения, 8 глав, заключения (выводов и рекомендаций производству). Включает 39 таблиц, 94 рисунка, 27 приложений. Список литературы содержит 591 источник, из них 233 иностранных.

**Организация исследований и декларация личного участия автора.** Диссертация содержит фактический и аналитический материал, полученный инициативно в период с 1997 года по 2024 год. Постановка проблемы исследований, разработка программы и методик, проведение полевых, лабораторных и вегетационных опытов, анализ полученных результатов, сделанные на их основе выводы и рекомендации выполнены лично автором.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность за научное консультирование при подготовке диссертации научному консультанту д.с.-х.н., академику РАН А.П. Глинушкину, а также за всестороннюю помощь д.б.н. С.Я. Попову, к.с.-х.н. С.Н. Михалевой, к.ф.-м.н. Е.В. Степановой, коллегам А.К. Ахатову, В.Н. Юварову, аспирантам М.О. Пасхину, Д.А. Захарову.



## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1. Состояние изученности вопроса

В главе содержатся сведения о взаимодействии различных методов защиты растений и оптимизации их использования для регулирования численности вредных членистоногих. Проведен анализ эффективности агрохимикатов, биопестицидов, физических приемов и способов регуляции растительноядных клещей и мелких насекомых, интегрированного подхода применения клещей-фитосейид как элемента биометода в защите растений.

### 2. Объекты, условия и методы исследований

Экспериментальные исследования выполнялись инициативно с 1997 года по 2024 год в тепличных комбинатах ГБУ «Озеленение», в лабораториях ООО НБЦ «Фармбиомед», ООО «Биолайн», ООО «Биозащита». Анализ объектов (паутинных и хищных клещей), оценку выживаемости, сохранности, продолжительности развития, плодовитости, прогнозирование и обсуждение фитосанитарной и биологической эффективности проводили в 2022-2024 гг. в Центре Биофотоники ФГБУН ФИЦ ИОФ им. А.М. Прохорова РАН, в ФГБУН ИОХ им. Н.Д. Зелинского РАН. Проведены изучения по образцам, полученных из ИП Крюков А.И., ООО «НКЦ «Флора», ГБУ «Озеленение» (г. Москва), ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ.

Методы исследований были соподчинены концепции по оптимизации системы защиты растений (рисунок 1).



Рисунок 1. Алгоритм оптимизации методов защиты растений с использованием фитосейид

В исследованиях были задействованы растительноядные членистоногие (Arthropoda) из отрядов Trombidiformes (сем. Tetranychidae, Eriophyidae), Sarcoptiformes (сем. Acaridae), Thysanoptera, Hemiptera (Arthroidignatha).

Объектами исследований также служили хищные хелицеровые отряда Mesostigmata (сем. Phytoseiidae) автохтонного и адвентивного происхождения из родов: *Transeius*, *Amblyseius*, *Neoseiulus*, *Euseius*, *Amblydromella*, *Phytoseiulus*.

При изучении возможностей фитосейидных клещей в качестве биологического средства защиты растений нами применены поисковые и аналитические методы, позволяющие оптимизировать практическое использование хищников. Биоразнообразие автохтонных акарифагов и энтомофагов позволяет отобрать наиболее перспективные виды, по своим свойствам способные обеспечить эффективную защиту растений.

В лабораторных экспериментах также использованы популяции адвентивных хищных клещей *Neoseiulus longispinosus* и *Neoseiulus californicus*, которые были выявлены из теплиц ГБУ «Озеленение», соответственно, на кротоне и роициссусе. Сравнительные опыты по оценке темпов отрождения личинок этих фитосейид проведены при различных уровнях относительной влажности воздуха в температурных режимах  $20 \pm 1$  °C и  $25 \pm 1$  °C.

При изучении возможности оптимизации поддержания популяции растительноядных и хищных клещей растения фасоли выращивали при диодном освещении с использованием установки «Фотон» с заданными параметрами спектра в 3-х камерах (вариантах). Во всех камерах соотношение основных составляющих спектра фотосинтетической активной радиации (ФАР) Red:Green:Blue (R:G:B) было одинаковым 3:1:6, а общая интенсивность потока ФАР была  $105 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . В отличие от первой камеры, во второй и третьей камерах к ФАР в значительной степени добавлялась компонента дальнего красного света (интенсивность потока FR = 0,7; 36,1; 71,5, соответственно). Соотношение R:FR в камерах, таким образом, составляло 89,1; 1,67 и 0,84, соответственно. Выращенные растения использовали в эксперименте по оценке скорости накопления хищного клеща *N. californicus*. С этой целью использовали отчлененные листья, помещенные на смоченный ватный диск в чашке Петри. Кисточкой пересаживали по 10 самок паутиного клеща на каждый лист. На следующий день на эти же листья помещали по 2 самки хищного клеща. Для получения данных по развитию клещей опыты проводили при 20 °C.

При изучении триотрофной системы в зерновом субстрате использовали композицию из 3-х кислот, приготовленную в лаборатории №1 Института органической химии РАН. Исследовали нормы расхода смеси, базово составляя по объему: пропионовая кислота 60 %, ортофосфорная кислота 0,5 % и сорбиновая кислота 0,3 % с доведением до 100 % раствора водопроводной водой, отфильтрованной методом осмоса для стабилизации ионных показателей. Смесь вносили по нормам 3,5; 4,5 и 5,5 кг/т. В качестве эталона использовали коммерческий препарат МикоКарб (<https://lightfeed.ru/product/miko-karb-zhidkij-upakovka-25>) в нормах 3,62, 4,82, 6,03, 7,23 кг/т.

В опытах при изучении биологических особенностей растительноядных членистоногих, модифицирующихся под воздействием отрицательных

аэроионов, в качестве источника аэроионов использованы электроэффлювиальные аппараты, изготовленные в ПАО Завод экологической техники «ДИОД». По десять наконечников аппарата были прикреплены по периметру к верхнему стеклу внутри энтомологических садков. Растения фасоли с 2 настоящими листьями содержали в садках по вариантам: 1) аэроионизатор, 2) контроль. Садки установлены под люминесцентные лампы. Температура воздуха поддерживалась на уровне 14-16 °С. На растения помещали по 10 самок клещей на лист. Через сутки самок удаляли. Ежедневно регистрировали количество отродившихся личинок. Изучение биологии членистоногих также проводили с использованием аппарата «Корсан». В застекленные садки помещали по два вазона, каждый с 20 растениями фасоли, и выпускали по 300 имаго трипса. На 2-е сутки их удаляли с помощью эксгаустера. Вазоны с растениями содержали при температурном режиме 20 °С, с 16 часовым световым режимом. Изучение влияния аэроионизированной воздушной среды на активность инсектоакарицидов проведено с использованием электроэффлювиального аппарата «Элион-132». Оценивали влияние отрицательных аэроионов на активность инсектоакарицидов против обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae*. Опыты проведены методом энмотоксикологического анализа (Яковлева, Мешков, 2016). Сравнивали два приема обработки растений, предварительно заселенных паутинным клещом. Опытную группу растений опрыскивали в садке под аэроионизатором; контрольную группу растений обрабатывали без использования аэроионизатора. Для оценки активности использовали два класса препаратов - фосфорорганический Фуфанон Эксперт, ВЭ (440 г/л) (д.в. малатион) и авермектиновый Фитоверм М, КЭ (2 г/л) (д.в. аверсектин С). Методом пробит-анализа рассчитаны среднелетальная (СК<sub>50</sub>) и сублетальная (СК<sub>95</sub>) концентрации инсектоакарицидов.

### **3. Потенциал видового разнообразия фитосейидных клещей как регуляторов численности членистоногих**

Проведены фаунистические исследования с целью поиска хищных видов клещей, важных для расширения биологических средств в целях оптимизации интегрированных систем защиты растений. В соответствии с приуроченностью к местообитаниям фитосейидные клещи были подразделены на виды, встречающиеся в лиственной и травяной подстилке (стратобионты, герпетобионты), на травах (хортобионты), на древесном и кустарниковом ярусе растительности (дендробионты, тамнобионты). Анализ биотопического распределения акарокомплекса позволяет выделить уникальные виды энтомофагов и акарифагов для практического использования.

#### **3.1. Разнообразие фитосейид в открытых ценозах и в защищенном грунте**

Фитосейидные клещи биотопически тесно связаны с определенными видами растений (Бегляров, Мешков, 1988; Мешков, 1991 а, б; 1994), где питаются различными мелкими членистоногими. Обычной добычей для них являются эриофидные, тарзонемидные и паутинные клещи, а также трипсы, алейродиды. Примером аналитического подхода является исследование видового состава фитосейидных клещей в Московской области за двухлетний период (2020-2022 гг.). В природных сообществах на различных типах

растительности в целом выявлено 28 видов хищных клещей (рисунок 2).

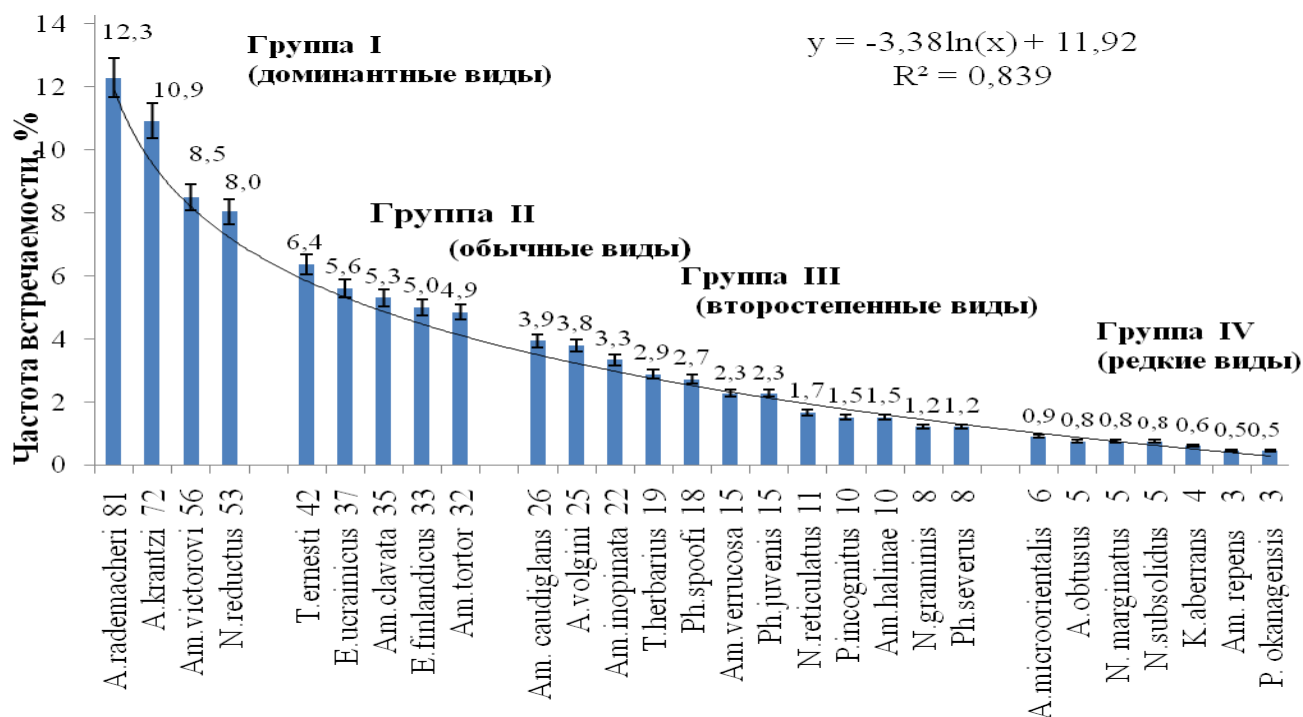


Рисунок 2. Базисная структура видового состава фитосейид на растительности в Московской области (2020-2022 гг.)

Наиболее обычными видами были представители 3-х родов – *Amblyseius* Berlese (14,3 %), *Neoseiulus* Hughes (17,8 %) и *Amblydromella* Muma (28,6 %). Два важных рода *Transeius* Chant et McMurtry и *Euseius* Wainstein представлены только двумя видами (по 7,1 %). В общей видовой структуре хищный клещ *Amblydromella caudiglans* (Sch.) занимал незначительную часть, всего 3,9 %. Но этот вид в большей степени приурочен к кустарниковой растительности и часто встречался на различных видах смородин (*Ribes* spp.). Важное биоценотическое значение имеют виды, трофически связанные с паутиными клещами – *Neoseiulus reductus* (Wain.), *Transeius volgini* (Wain. et Begl.), *Transeius herbarius* (Wain.) и *Amblydromella rhenana* (Oud.). Большую роль в природных сообществах несут виды фитосейид, питающиеся эриофидными клещами; из них обычными являются *Amblyseius rademacheri* (Dosse), *Am. caudiglans*, *Neoseiulus masseei* (Nesb.) и *Euseius finlandicus* (Oud.). Из этого обширного комплекса в качестве важных акарифагов выделены местные виды фитосейид *Am. caudiglans*, *T. herbarius*, *N. reductus*, *Neoseiulus graminis* (Chant). Автохтонные виды фитосейид приспособлены к обитанию в условиях умеренного климата, что позволит их использовать в тепличных условиях с умеренным температурным режимом.

Видовой состав фитосейид в агроценозах оценивали в теплицах ГБУ «Озеленение» (Измайловское производственное управление, г. Москва) на различных комнатных видах растений. Были выявлены 3 вида фитосейидных клещей – *Neoseiulus californicus*, *Neoseiulus longispinosus* и *Neoseiulus barkeri*. Они собраны с горшечных цветочных культур – колеус (*Coleus scutellarioides* L.), роициссус (*Rhoicissus capensis* Burm.), маранта беложильчатая (*Maranta*

*leuconeura* Mor.), кротон пёстрый (*Codiaeum variegatum* L.), стрептокарпус (*Streptocarpus* sp.), плющ (*Hedera helix* L.), сингониум (*Syngonium podophyllum* Sch.), фиттония (*Fittonia albivenis* Lind.), акалифа (*Acalypha hispida* Burm.), циссус (*Cissus antarctica* Vent.). Все эти виды фитосейдных клещей следует отнести к случайно завезенным из-за рубежа на посадочном материале. Частота их встречаемости была незначительна – не более по 1-2 особи на 10 обследуемых растений. Вместе с тем, особенностью этих видов является высокая адаптация к условиям защищенного грунта, что предполагает их важную значимость при оптимизации систем интегрированной защиты растений.

### 3.2. Сравнительная оценка биоразнообразия фитосейд на ягодных кустарниках

Для оценки биоразнообразия проведено сравнение видового состава фитосейд на смородине *Ribes* sp. в двух географически отдаленных регионах России – Московская и Оренбургская области. Большое видовое сходство (индекс Чекановского-Сьеренсена 0,6) подтверждено высокой количественной флуктуации в обследованных районах (рисунок 3, А, Б). Полученный материал послужил дополнением при составлении аннотированного списка фитосейдных клещей, выявленных на смородине (Мешков, Глинущкин, 2023).

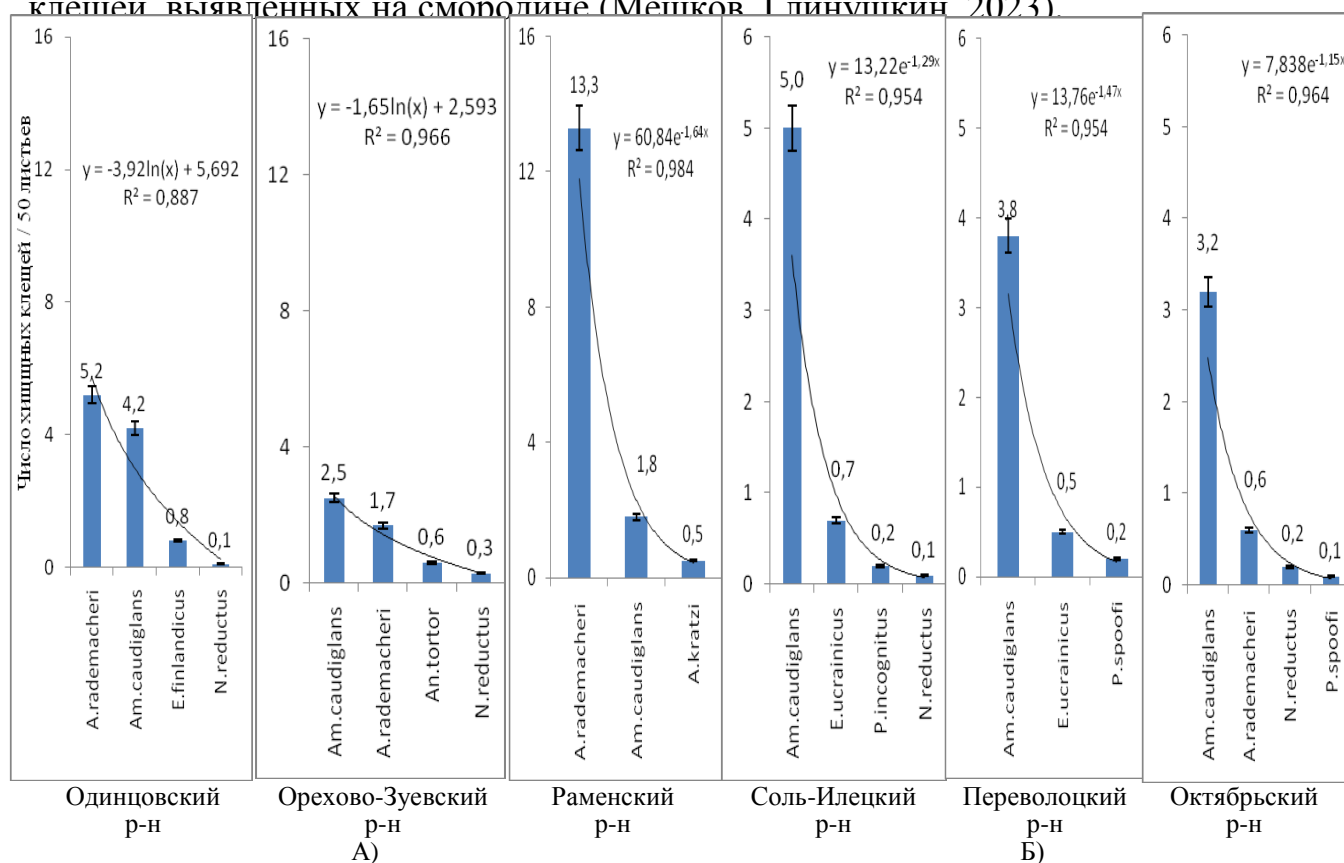


Рисунок 3. Сравнительный видовой состав фитосейдных клещей и их обилие на разных видах смородины (по коллекционным сборам 2023 г.): А) Московская область; Б) Оренбургская область

На смородине в исследованных областях облигатный тамнобионт *Am. caudiglans* выявлен во всех образцах при уровне встречаемости в Московской области 1,8-4,2 самок/50 листьев, в Оренбургской области – 3,2-5,0 самок/50 листьев. Эти показатели близки, что может свидетельствовать о тесной трофической связи данного хищника и фитофагов на смородине.

Предположительно таковыми являются эриофиидные клещи. Более редким на смородине был хортобионт *N. reductus* – встречаемость достигала 0,1-0,3 самок/50 листьев. Хорто-тамнобионт *A. rademacheri* относительно часто встречался в Московской области – до 13,3 самок/50 листьев, но в Оренбургской области этот вид был более редок. Важно отметить, что дендробионтный род *Euseius* в каждой из областей на смородине представлен одним симпатрическим видом – *E. finlandicus* или *E. ucrainicus*, но их встречаемость на смородине не превышала 0,5-0,8 самок/50 листьев, что свидетельствует об их случайном заселении ягодных кустарников. Таким образом, широко распространенные виды специфических акарифагов представляют значительный интерес для использования в качестве биологического средства защиты растений.

### 3.3. Изучение местобитаний фитосейид

Исследование было направлено на поиск среди местных видов фитосейидных клещей (Московская обл.) эффективных акарифагов для использования их в биологической борьбе с растительноядными клещами на сельскохозяйственных и декоративных культурах. Осенью 2023 года на дикорастущих травянистых растениях собраны и определены 6 видов фитосейидных клещей. Их относительная численность была различной. Наиболее массовым был вид *T. herbarius*, особенно на еже сборной (*Dactylis glomerata* L.). На землянике мускусной (*Fragaria moschata* Duch.) часто встречался хищник *N. reductus*, образуя небольшие колонии. Малочисленными видами на костре безостом (*Bromus inermis* Leyss.) были *Neoseiulus agrestis* (Karg), *A. rademacheri* и *Proprioiseiopsis okanagensis* (Chant). Виды хищных клещей *T. herbarius*, *N. reductus* и *N. agrestis* использованы для дальнейших исследований.

Проведенный расширенный поиск клещей-фитосейид автохтонного и адвентивного происхождения позволил выделить эффективные виды хищников в качестве важных элементов при оптимизации интегрированных систем защиты растений.

### 3.4. Исследования по введению в лабораторную культуру хищного клеща *Transeius herbarius*

Из мест предзимней концентрации в прикорневой зоне ежи сборной была собрана популяция фитосейидного клеща *T. herbarius*. Первоначально клещей содержали при 6,3 °С в течение 7 суток. Выживших самок использовали для оценки возможности введения в лабораторную культуру. После холодного хранения в первой серии эксперимента хищных клещей (по 10 самок в 3-х кратной повторности) содержали при 20,4 °С и короткодневном освещении. В таких условиях самки не питались и не откладывали яйца; окраска их тела была от темно-коричневого до коричневого цвета, что свидетельствовало о пребывании в диапаузном состоянии. Количество выживших самок достигало 7,7±1,3 особей. Во второй серии опыта было установлено, что при температуре 24,9 °С и в полной темноте произошло прерывание преддиапаузного состояния самок клеща *T. herbarius*. Самки активно питались, их дивертикулы были окрашены. Численность лабораторной популяции увеличилась в 3,5 раза, в

среднем достигнув  $33,0 \pm 2,2$  особей в разных стадиях развития. Таким образом, популяция клеща *T. herbarius* успешно адаптировалась к искусственным условиям. Следовательно, целесообразно собирать фитосейдных клещей в местах их осенней агрегации для дальнейшего содержания в лаборатории.

#### **4. Разработка и оптимизация применения фитосейдных клещей в рамках интегрированных систем защиты растений**

Современная система интегрированной защиты растений предусматривает активизацию природных врагов растительноядных клещей. Хотя фитосейды характеризуются широким спектром питания, тем не менее, не только на видовом, но и на родовом уровне у этих клещей проявляются черты специализации к определенным группам жертв.

##### **4.1. Изучение реакции адвентивных фитосейд на влажность воздуха**

В зависимости от географического и биотопического происхождения виды фитосейдных клещей различаются по своей реакции на относительную влажность воздуха. Так, яйца фитосейд из засушливых регионов, как правило, устойчивы к пересыханию, в то время как личинки тех видов, которые обитают в районах с большим количеством осадков, не отрождаются без достаточной влажности (Shipp, van Houten, 1997). В современных тепличных сооружениях поддерживается умеренная влажность, регулируемая на уровне 68-75 %.

Установлено, что при температуре 25 °C и относительной влажности воздуха (ОВВ) 56 % из яиц *N. longispinosus* выходит максимум  $2,8 \pm 4,0$  % личинок, а при влажности 68 % –  $76,4 \pm 9,7$  % личинок. Из яиц *N. californicus* лишь при ОВВ 62 % выходит максимум  $4,5 \pm 3,6$  % личинок, а при влажности 68 % - уже  $42,6 \pm 11,6$  % личинок. Таким образом, в узком интервале влажности существенно меняется вероятность отрождения личинок, особенно значимая для *N. longispinosus*.

При снижении температуры до 20 °C и при влажности 50 % из яиц *N. longispinosus* выходит  $4,2 \pm 2,6$  % личинок, тогда как при влажности 68 % -  $76,2 \pm 8,1$  % личинок. При тех же гигротермических условиях из яиц *N. californicus* выходит только  $1,0 \pm 2,2$  % и  $45,7 \pm 10,8$  % личинок, соответственно. Таким образом, *N. longispinosus* проявляет большую толерантность к условиям пониженной ОВВ при различных температурных режимах, чем *N. californicus*.

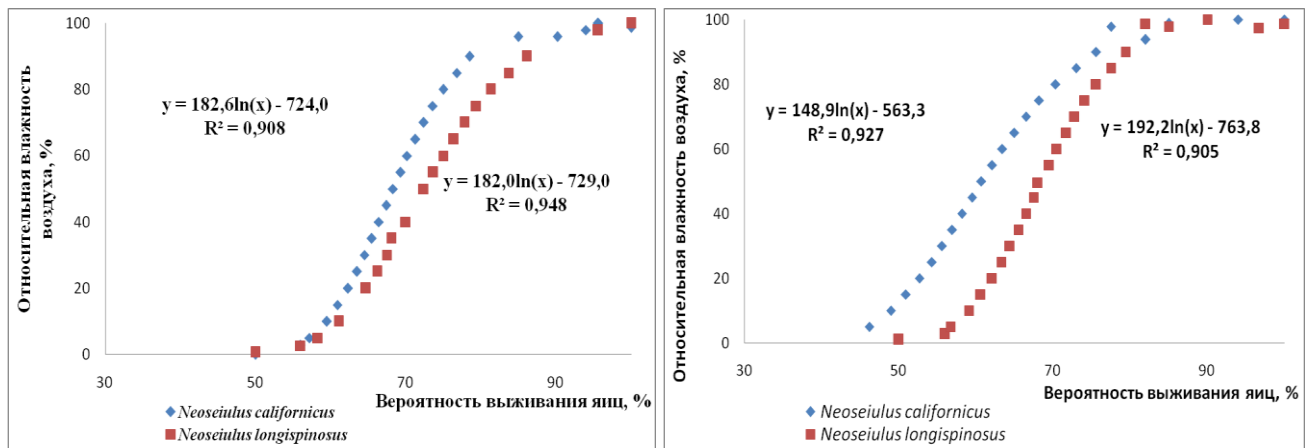
Относительная влажность воздуха 70 % является ключевым фактором для значительного увеличения успеха в эмбриональном развитии хищного клеща *N. longispinosus* и менее существенно при эмбриональном развитии *N. californicus*. Так при этой влажности, у *N. longispinosus* вылупление личинок достигает 92,6 % (при 25 °C) и 88,9 % (при 20 °C), тогда как у *N. californicus* вылупление личинок достигает лишь 50,1 % (при 25 °C) и 81,4 % (при 20 °C). Если в качестве важного порога при отборе видов, толерантных к ОВВ духа принимать влажность 68 %, то преимущество по выживаемости в теплицах также имеет *N. longispinosus*. При температуре 25 °C вероятность вылупления личинок у этого вида достигает  $76,4 \pm 9,7$  %, тогда как у *N. californicus* –  $42,6 \pm 11,6$  %, т.е. преимущество проявилось в 1,8 раз. При температуре 20 °C вероятность вылупления личинок у *N. longispinosus* достигает  $76,2 \pm 8,1$  %, тогда



как у *N. californicus* –  $45,7 \pm 10,8$  %, т.е. преимущество в 1,7 раз. Таким образом, при минимальной ОВВ, которая формируется в производственных теплицах, складываются условия, способствующие более успешному развитию азиатского вида хищного клеща *N. longispinosus*, а не американского вида *N. californicus*.

На основании экспериментальных данных (уравнения 1, 2, 3, 4) проведен пробит-анализ отрождения личинок двух видов хищных фитосейид в соотнесении к нелинейной логистически-регрессионной модели (рисунок 4, А, Б).

<i>N. longispinosus</i>	25 °C	$y = -0,762x^2 + 3,592x + 97,52$	$R^2 = 0,927$ ;	(1)
	20 °C	$y = -0,741x^2 + 3,370x + 98,74$	$R^2 = 0,940$ ;	(2)
<i>N. californicus</i>	25 °C	$y = 0,077x^3 - 2,027x^2 + 6,551x + 91,93$	$R^2 = 0,951$ ;	(3)
	20 °C	$y = 0,151x^3 - 3,980x^2 + 20,70x + 74,91$	$R^2 = 0,964$ .	(4)



А) температурный режим 25 °C

Б) температурный режим 20 °C

Рисунок 4. Вероятность выживания яиц двух видов хищных клещей в зависимости от режима температуры и уровня относительной влажности воздуха

Из разработанных моделей по реакции фитосейид на ОВВ следует, что хищный клещ *N. longispinosus* проявляет значительную толерантность к низким уровням влажности, однако преадаптационная реакция клеща *N. californicus* характеризует его как экологически более пластичный вид.

#### 4.2. Испытание эффективности хищного клеща *Transeius herbarius* на декоративных культурах

Хищный клещ *T. herbarius* характеризуется широкой полифагией, легко переключаясь в питании с одного типа добычи на другой. Важной причиной необходимости расширения сферы применения этого акарифага является то, что использование хищного клеща *Ph. persimilis* нерационально в некоторых типах культивационных сооружений, например, с низкой влажностью воздуха.

Для изучения вопроса применения хищного клеща разработана методика выпуска *T. herbarius* в условиях закрытого грунта. Колонизация хищных клещей проведена при различных гигротермических режимах выращивания растений. Выпуски акарифага проводили из расчета по 20 самок на каждый горшок, занятый одним растением. В опыте с относительно сухими условиями использовали теплицу с культурой в кашпо – роициссус *Rhoicissus* sp. В опыте с относительно влажными условиями использовали культивационное помещение с цветочной культурой – плющ *Hedera* sp.

В осенне-зимний период в тепличном комплексе «ПУ Измайловское»



дневная температура воздуха поддерживалась на уровне 16-21 °С. Проведенные измерения показали, что при умеренном температурном режиме над кроной растений устанавливается низкая ОВВ. Минимальная зарегистрированная влажность была 34,6 % при температуре 21,2 °С. Внутри кроны влажность была несколько выше - 40,9 и 54,6 %, соответственно по цветочной культуре.

Поврежденность вегетирующих растений роициссуса достигала 1,5 % листьев при начальной плотности паутинного клеща 1 самка на поврежденный лист. В течение недели после выпуска количество поврежденных листьев увеличилось до 3,8 %, однако численность паутинного клеща снизилась до 0,3 подвижных особей на поврежденный лист. В течение 11 суток были уничтожены все подвижные фазы паутинного клеща, но на листьях еще оставалась некоторая часть яиц фитофага. Биологическая эффективность в снижении плотности популяции вредителя на 9 сутки достигала 76,4 % относительно яиц паутинного клеща, тогда как по отношению к подвижным фазам – 95,7 %.

Высокая скорость уничтожения паутинного клеща наблюдалась и на побегах плюща при исходном соотношении хищник - жертва 1:20. На 7 сутки после выпуска эффективность достигала 98,2 %. При температуре 21 °С и ОВВ 43-44 % коэффициент размножения хищника достигал 1,7.

Таким образом, при различающихся условиях влажности воздуха экспериментально установлено резкое снижение численности паутинного клеща после выпуска *T. herbarius*. Это свидетельствует, что в триотрофной системе растение-фитофаг-хищник, независимо от первоначального уровня численности вредителя, хищный клещ при выпуске 20 самок/растение получает преимущество перед популяцией фитофага, осуществляя в течение 1,5-2 недельного периода поиск и подавление колоний паутинного клеща.

#### **4.3. Оптимизация биологической борьбы со смородинным почковым клещом**

Смородинный почковый клещ *Cecidophyopsis ribis* (Westw.) является опасным вредителем черной смородины. Он наносит значительный ущерб промышленным посадкам, повреждая преимущественно цветочные почки. В отсутствие каких-либо мероприятий поврежденность кустов смородины возрастает из года в год. При поврежденности свыше 50 % почек плантация становится нерентабельной и подлежит раскорчевке.

На основе установленных биоэкологических параметров развития *N. barkeri* разработаны методические основы по проведению испытаний хищного клеща на черной смородине. Были проведены исследования, направленные на установление влияния разных сроков колонизации *N. barkeri* для снижения уровня заселенности черной смородины почковым клещом. Использована следующая схема для опыта: 1) выпуск хищных клещей по норме 12 тыс. самок/куст в фазу бутонизации; 2) выпуск хищных клещей по норме 12 тыс. самок/куст в фазу бутонизации и повторный (по норме 15 тыс. самок/куст) - в фазу созревания ягод; 3) увеличенная норма выпуска 25 тыс. самок/куст в фазу бутонизации; 4) контроль (без проведения защитных мероприятий). Весенний период 2021 г. характеризовался относительно прохладными погодными условиями лишь в первую декаду мая. Дневная температура была около 9-14 °С, ночная – не ниже 7-9 °С, без заморозков. Это позволило провести выпуск

хищного клеща. Во II декаде мая средняя температура днем была 22,5 °С, в III декаде мая также было прохладно, в среднем 19,1 °С. В июне декадная дневная температура была на уровне 20,0-29,7 °С.

Испытания показали, что хищный клещ *N. barkeri* после выпуска, проведенного методом сезонной колонизации, способен проникать в поврежденные почки смородины. При осеннем учете поврежденности почек установлено, что без проведения защитных мероприятий в контроле имеется тенденция к увеличению процента поврежденности почек. При однократном (весеннем) выпуске хищника отмечен незначительный уровень роста поврежденности почек, тогда как при двукратном (весеннем и летнем) выпуске - значительно выражена тенденция к снижению поврежденности (таблица 1).

Таблица 1. – Биологическая эффективность хищного клеща *Neoseiulus barkeri* в борьбе со смородинным почковым клещом (Москва, черная смородина, сорт Катюша, 1-й выпуск 07.05.2021; 2-й выпуск 05.06.2021)

Кратность выпуска хищника	Норма выпуска самок хищника на куст	Поврежденность почек, % *		Изменение поврежденности	
		весенний учет	осенний учет	в % к исходной	с поправкой на контроль
Однократный	12 000	8,04 ± 3,72	8,87 ± 6,85	- 10,3	37,2
Двукратный	12 000 + 15 000	6,61 ± 3,09	5,34 ± 2,44	19,3	54,1
Однократный увеличенный	25 000	7,26 ± 2,77	5,39 ± 4,27	25,8	57,8
Контроль	Без выпуска	6,91 ± 1,41	12,14 ± 4,04	-75,7	-
НСР <sub>05</sub>		2,98			

\* Порог вредоносности почкового клеща - 10 % поврежденных почек.

Установлено, что выпуск хищного клеща *N. barkeri* на черную смородину независимо от кратности выпуска позволяет стабилизировать низкий процент поврежденности почек смородинным клещом, не превышающий порог вредоносности почкового клеща. Проявляется сдерживающее действие по заселению фитофагом молодых почек. Двукратный выпуск *N. barkeri* обеспечивал защитный эффект с биологической эффективностью 54,1 %. Экспериментально показано, что более высокий защитный эффект (57,8 %) обеспечивается при однократном увеличенном в 2 раза выпуске хищного клеща.

#### 4.4. Изучение вариативности применения *Neoseiulus agrestis*

Спектр питания *N. agrestis* установлен на основе нахождения в местообитаниях, где хищник предпочитает охотиться на тироглифоидных клещей, и других групп членистоногих с мягкими покровами тела - личинки трипсов, эриофидные клещи (Meshkov, Glinushkin, Stepanova, 2023). В условиях тепличного комбината «Измайловский» и производственной лаборатории проведены испытания по использованию хищного клеща. Предварительные лабораторные испытания показали, что личинки трипса черноволосистого *Thrips nigropilosus*, являются одной из наиболее благоприятных видов добычи для *N. agrestis*. При питании личинками трипса хищный клещ успешно развивался с высоким уровнем выживания ювенильных стадий. Весь цикл преимагинального развития занимал немногим более 6 суток (таблица 2). В связи с этим

популяционный рост хищника может обеспечивать контроль трипса.

Колонизацию хищного клеща *N. agrestis* проводили на горшечные растения глоксии *Gloxinia* sp. в период активного роста растения. В это время в теплице поддерживалась температура 18-25 °С и влажность воздуха 60-80 % при естественном световом периоде. Листья глоксии были заселены личинками, нимфами и имаго черноволосистого трипса. В среднем суммарная плотность популяции составляла 10-15 особей/лист. Норма выпуска хищника была из расчета 20-30 самок на растение.

Таблица 2. – Влияние питания различной добычей на длительность преимагинального развития хищного клеща *Neoseiulus agrestis* при 25±0,5 °С (НБЦ «Фармбиомед», 2020 г.)

Фаза развития * - потенциал жизнеспособности, %	Время преимагинального развития самок (сут.) при питании:				НСР 05
	почковым клещом <i>Cecidophyopsis ribis</i>	листовым клещом <i>Anthocoptes ribis</i>	удлинённым клещом <i>Tyrophagus putrescentiae</i>	черноволосистым трипсом <i>Thrips nigropilosus</i>	
яйцо	2,3±0,1	2,3±0,1	2,2±0,2	2,2±0,2	0,01
личинка	0,9±0,1	0,9±0,1	0,9±0,1	0,9±0,1	0,01
протонимфа	1,9±0,1	1,4±0,1	1,3±0,3	1,7±0,3	0,06
дейтонимфа	1,6±0,1	1,5±0,1	1,3±0,4	1,4±0,2	0,03
В сумме	6,7±0,1	6,1±0,2	5,7±0,1	6,2±0,2	0,08
*	100	98,5	99,2	96,7	-

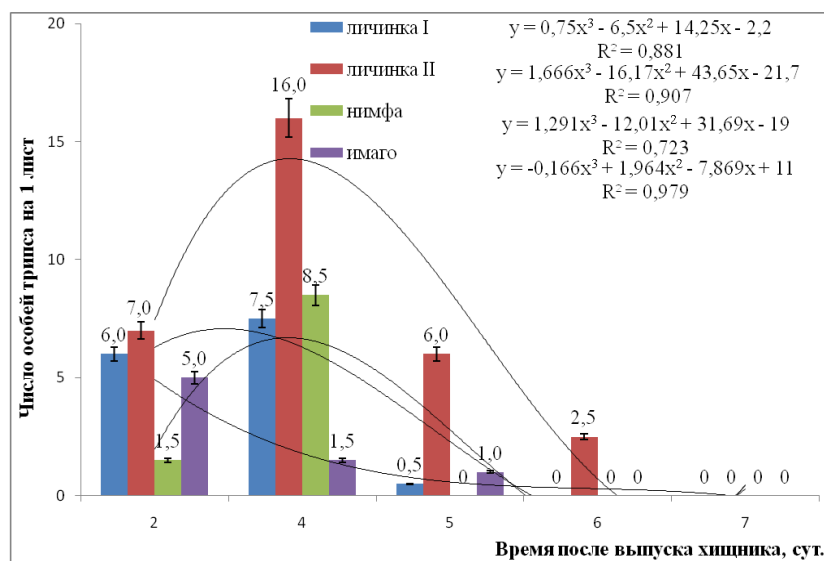


Рисунок 5. Изменение возрастной структуры в популяции черноволосистого трипса *Thrips nigropilosus* на глоксии после колонизации хищного клеща *Neoseiulus agrestis* (ГБУ «Озеленение», 2021 г.)

На глоксии хищный клещ *N. agrestis* подавил популяцию черноволосистого трипса на 6 сутки (рисунок 5) с биологической эффективностью 64,3 %. Таким образом, способность *N. agrestis* агрегироваться на декоративном виде растений в тепличных оранжереях предполагает использование этого фитосейидного клеща в качестве эффективного хищника трипсов в практике защиты растений.

Новый для метода биологической защиты вид хищного клеща *N. agrestis* является перспективным для дальнейшего исследования рисков при устранении вредителей и изучения вариантов насыщающих выпусков этого энтомофага.

#### 4.5. Оценка взаимодействия хищных клещей при межвидовой конкуренции

Проведено изучение межвидовых отношений фитосейид, которые могут составлять комплиментарные пары при практическом использовании.

Установлено, что взаимодействие между популяциями *Ph. persimilis* и *N. californicus* носит отрицательный характер для первого вида и нейтральный – для второго вида. На рисунке 6.А показано, что популяция *Ph. persimilis* в отсутствие *N. californicus* интенсивно увеличивалась (по экспоненциальной зависимости). Напротив, в двойной системе с *N. californicus* развитие популяции *Ph. persimilis* существенно сдерживалось (рисунок 6.Б), при этом динамику роста можно описать логарифмической зависимостью. Недостаточное накопление общей численности в популяции *Ph. persimilis* (с 53,6 особей до 34,5 особей по вариантам) происходило под влиянием двух факторов. Один из них определял снижение суточной плодовитости при ограниченной возможности полноценно питаться. Второй фактор проявлялся в качестве межвидового хищничества. Отмечено уменьшение количества яиц и личинок *Ph. persimilis* (на 43,0 и 25,6 %, соответственно). Очевидно, что на популяцию *Ph. persimilis* оказывалось давление со стороны *N. californicus*.

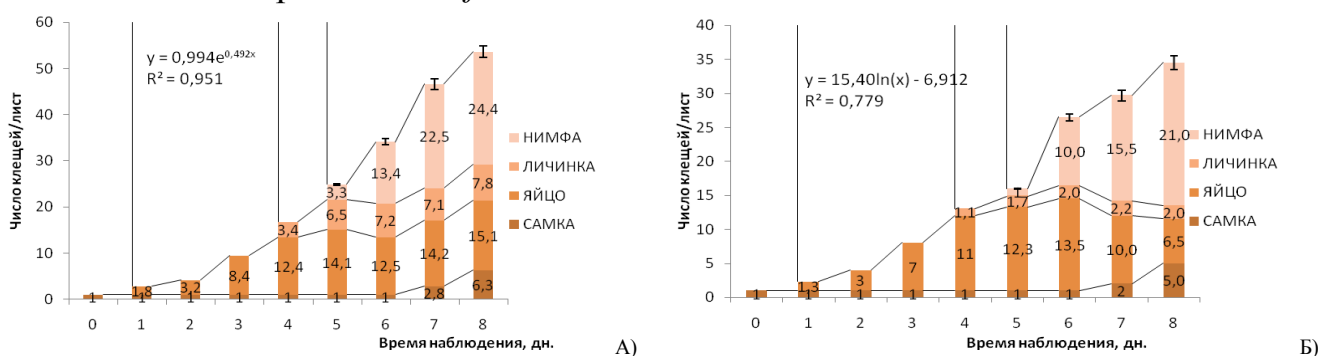


Рисунок 6. Динамика популяционной численности *Phytoseiulus persimilis*: А) без участия *N. californicus*; Б) в присутствии *N. californicus* (НБЦ «Фармбиомед», 2021)

Межвидовое взаимодействие в другой паре хищников носило принципиально иной характер. Было установлено, что при совместном обитании взрослые особи *N. longispinosus* и *Ph. persimilis* не нападали на гетероспецифичных личинок. Межвидовое хищничество у *N. longispinosus*, очевидно, развито слабо. Установлено, что потенциал роста популяции *Ph. persimilis* и потенциал *N. longispinosus* в колонии паутинного клеща были одинаково интенсивными (рисунок 7).

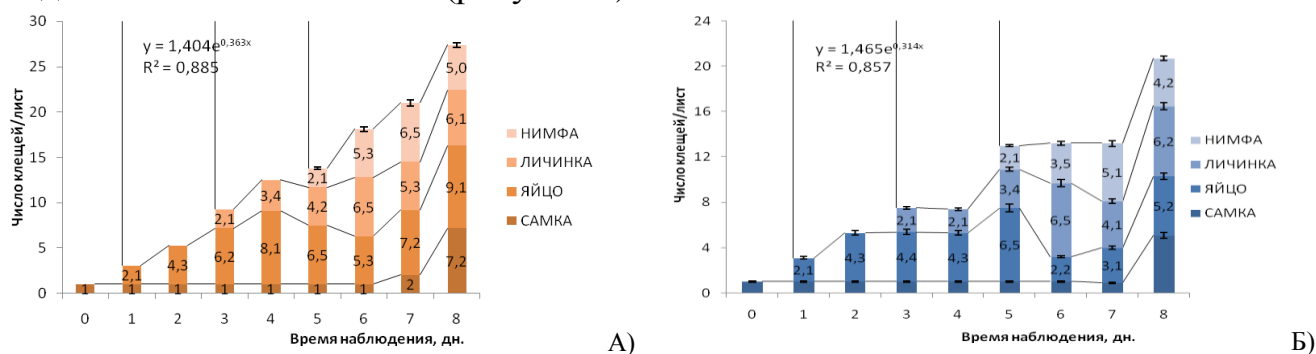


Рисунок 7. Динамика численности двух видов фитосейидных клещей при совместном обитании в колонии обыкновенного паутинного клеща: А) *Phytoseiulus persimilis*; Б) *Neoseiulus longispinosus* (НБЦ «Фармбиомед», 2021 г.)

На основании проведенного исследования доказано, что два вида хищных клещей *Ph. persimilis* и *N. longispinosus* могут совместно

сосуществовать. Возрастная структура популяций обоих видов была сходная: соотношение *Ph. persimilis* / *N. longispinosus* по самкам на 8 сутки эксперимента достигала 1:0,9, по личинкам - 1:1,4, по нимфам - 1:1,1. В перспективе, при совместном выпуске на защищаемые от паутинного клеща растения хищники эффективнее могут контролировать численность фитофага, в силу различий трофической специфики, и более интенсивно оказывать регулирующее воздействие в очагах вредного клеща, чем при их раздельном использовании.

## **5. Физические и технологические возможности оптимизации биологического метода для малых форм хозяйствования**

Основной способ массового содержания хищных клещей семейства Phytoseiidae предполагает использование триотрофной системы по схеме растение-добыча-хищник. В качестве добычи используются паутинные клещи (Tetranychidae). Триотрофная система с использованием растений применима к таким специфичным акарифагам, каковыми являются *N. longispinosus*, *N. womersleyi*, *N. pseudolongispinosus* (Ullax, Gotoh, 2014; Sugawara et al., 2018; Sarwar, 2019; Meshkov et al., 2024 c). В значительной степени это положение относится и к узкому олигофагу *N. californicus* (Мешков и др., 2022 в; Meshkov et al., 2023 c), на примере которого предлагается оригинальный способ оптимизации содержания хищников и их добычи.

### **5.1. Изучение использования длинноволнового спектра излучения при поддержании популяции фитосейидных клещей**

При оптимизации способа массового содержания фитосейидных клещей на растениях следует учитывать особенности формирования растений при различных типах искусственного освещения. Дальнее красное излучение (FR), представляющее собой длинноволновую радиацию в диапазоне 700-850 нм, не входит в спектральную область фотосинтетически активной радиации (ФАР), в отличие от красного излучения (R) (400-700 нм). Потому принято считать, что электромагнитные волны FR не оказывают влияния на фотосинтез. Тем не менее, дальний красный свет дает растениям информацию об окружающей среде. При уменьшении соотношений электромагнитных волн красного к дальнему красному излучению растение получает сигнал о необходимости запускать генетическую программу по избеганию теневого воздействия, повышая устойчивость к окружающей среде. В соответствии с этим мы предположили, что развитие популяции фитофага и популяции его хищника будут модифицироваться.

Экспериментально установлено, что диодный спектр излучения по-разному влиял на рост растений. В зависимости от уровня дальнего красного излучения листья фасоли значительно различались по морфологическим характеристикам. В эксперименте в вариантах 1 и 3 (R:FR 89,1 и 0,84, соответственно), были сформированы либо короткостебельные побеги, либо слабо хлорофиллоносные листья. Интенсивность красноволновой части спектра при среднем параметре 36,1, являясь оптимальным в проведенном исследовании, в наилучшей степени влияла на формирование стебля и листовой пластинки фасоли (рисунок 8). Отмечено, что более развитые растения в варианте опыта 2

(R:FR 1,67), в свою очередь, способствовали лучшему развитию паутинного клеща на относительно крупных по площади листьях.

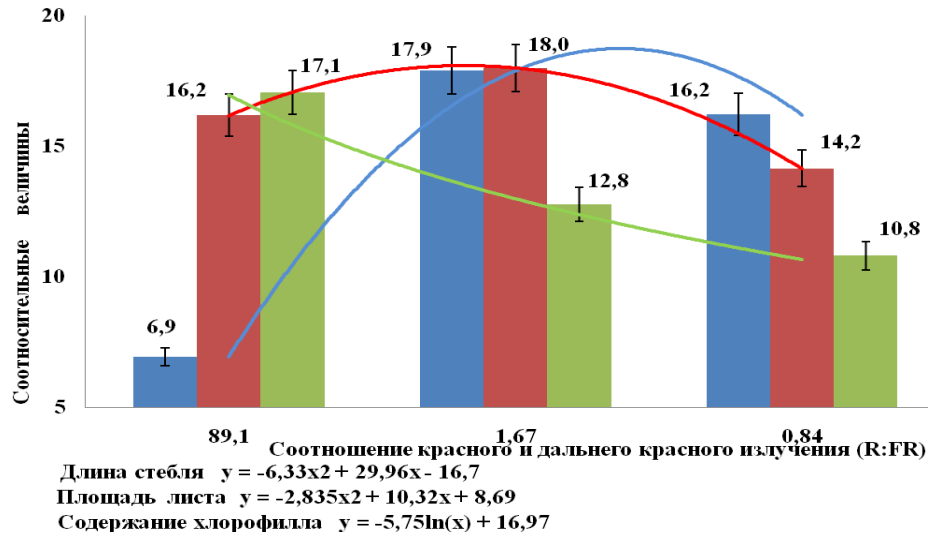
Рисунок 8.

Формирование растений фасоли до 1-го настоящего листа (10 суток после посева) в зависимости от соотношения красного и дальнего красного излучений. Соотносительные величины:

■ - длина стебля, см;  
■ - площадь листа, см<sup>2</sup>;  
■ - содержание хлорофилла, ед. прибора

Варианты эксперимента:

Характеристика состояния растений фасоли (по вариантам):



	R:FR 89,1	R:FR 1,67	R:FR 0,84
•	укороченные стебли	удлиненные стебли	длинные стебли
•	средняя листовая пластинка	широкая листовая пластинка	небольшая листовая пластинка
•	темно-зеленые листья	зеленые листья	бледно-зеленые листья

При хорошо развитом листе самки клещей получают большие возможности для размножения, интенсивно откладывая яйца в репродуктивном периоде. В зависимости от качества пищи и в определенном возрастном состоянии самки *T. urticae* откладывают от 1 до 10 яиц ежедневно, в норме от 2 до 5 штук в среднем. При скученном содержании суточная плодовитость снижается, что существенно отразилось на кумулятивном нарастании количества яиц в популяционной динамике фитофага (рисунок 9). Установлена

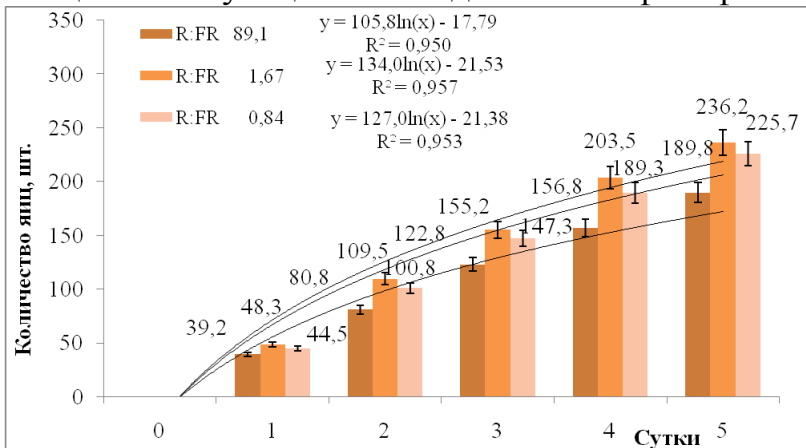


Рисунок 9. Кумулятивное накопление яиц паутинного клеща в зависимости от размера листовой пластинки, сформированной при разных параметрах спектра (ИОХ РАН, 2023 г.)

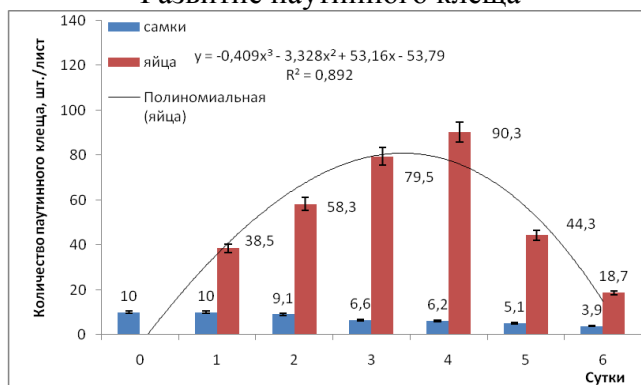
питания паутинного клеща, как следствие малой плотности хлоропластов, приводящее к тенденции по снижению плодовитости (корреляция 0,7).

За формированием системы жертва-хищник, т.е. паутинного клеща и хищного клеща *N. californicus* наблюдали в течение 6 суток. После пересадки

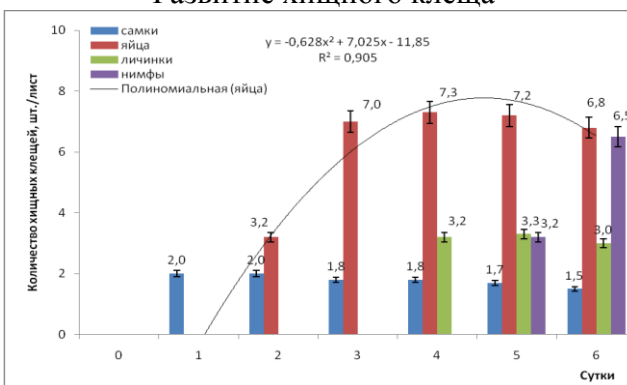
вариабельность свойств растений по отношению к паутинному клещу (по вариантам): 1) плохое питание паутинного клеща мелкими клетками, его скученность на небольшой площади листа, существенное снижение плодовитости; 2) нормальное питание паутинного клеща, плотность популяции фитофага оптимальная, достаточная площадь питания для самок на относительно крупном листе; 3) ухудшение

паутинного клеща на экспериментальные листья самки откладывали яйца; при оптимальном наличии фитофага происходило эффективное размножение хищника (рисунок 10).

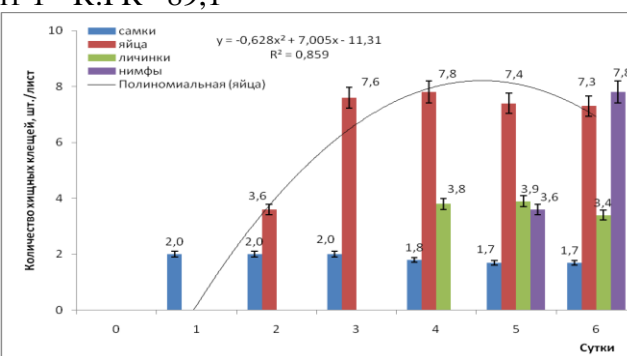
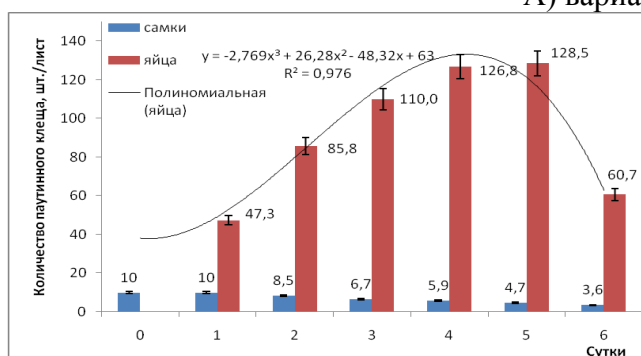
#### Развитие паутинного клеща



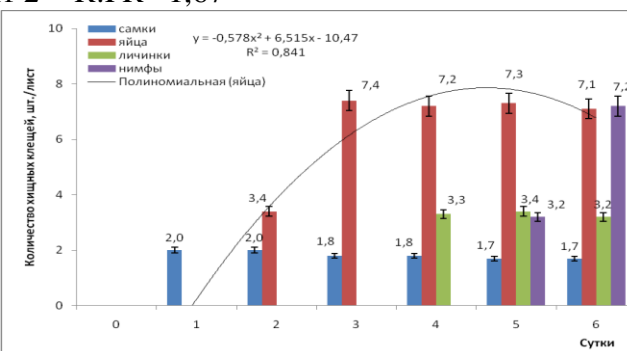
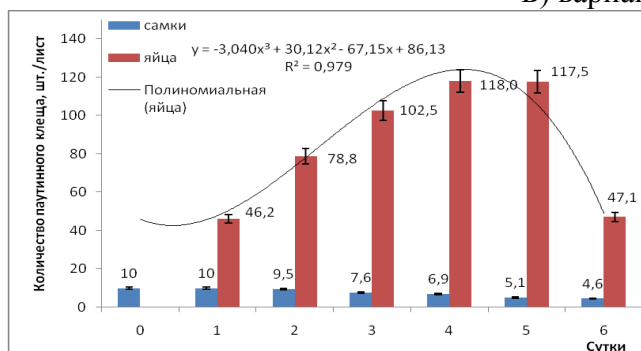
#### Развитие хищного клеща



#### А) вариант 1 - R:FR 89,1



#### Б) вариант 2 - R:FR 1,67



#### В) вариант 3 - R:FR 0,84

Рисунок 10. Влияние растений, выращенных в установке «Фотон», на рост популяции паутинного клеща *Tetranychus urticae* (графики слева) и опосредованно на рост популяции хищного клеща *Neoseiulus californicus* (графики справа) (ИОХ РАН, 2023 г.)

Было отмечено, что в 1-м варианте (R:FR 89,1) наблюдалась скученность паутинного клеща на относительно небольшом листе фасоли (1,56 см<sup>2</sup> поверхности на 1 самку). Плохое питание самок приводило к существенному снижению плодовитости (рисунок 10, А) - с 3,8 до 1,9 яйца на самку в сутки (в среднем 2,04±0,26). Во втором варианте (R:FR 1,67) при оптимальной плотности клещей на листе питание самок было нормальным (1,73 см<sup>2</sup> поверхности на 1 самку). Относительно крупные листья, очевидно, имели оптимальное количество клеточного сока и хлоропластов. Поэтому плодовитость была высокой (рисунок 10, Б), в среднем 3,2±1,20 яиц на самку в сутки. В третьем варианте (R:FR 0,84)



питательность листьев была недостаточной для клеща при средней площади ( $1,41 \text{ см}^2$  поверхности на 1 самку), поэтому плодовитость не превышала минимальной (рисунок 10, В) - в среднем  $1,9 \pm 0,70$  яиц на самку. После подсадки самок хищного клеща *N. californicus* на экспериментальные листья с колонией паутинного клеща они начинали питаться как самками, так и яйцами паутинного клеща. Установлено, что уже на вторые сутки самки хищника откладывали яйца с различной интенсивностью в зависимости от варианта опыта (рисунок 9, справа). В варианте 1 (R:FR 89,1) суточная плодовитость была минимальной –  $1,34 \pm 0,16$  яйца/самку. На 3 сутки после максимального уничтожения жертвы плодовитость хищника упала до  $1,8 \pm 0,22$  яиц/самку. Во 2-м варианте (R:FR 1,67) плодовитость самок была оптимальной –  $4,26 \pm 0,62$  яиц/самку. Развитие успешно завершалось до стадий нимф при их максимальном количестве –  $4,36 \pm 0,56$  особей/самку. В 3-м варианте (R:FR 0,84) суточная плодовитость была умеренной –  $3,8 \pm 0,21$  яиц/самку. Преимагинальное развитие было мало интенсивным, однако, на 6 сутки до нимф выросли  $4,28 \pm 0,64$  особей/самку. Следовательно, для массового содержания фитосейид оптимально использовать растения, выращиваемые под диодным освещением с наличием дальнего красного FR 36,1 относительно имеющегося спектрального соотношения R:FR 1,67. Перспективность в использовании расширенного электромагнитного спектра состоит в возможности снижать затраты при размножении паутинного клеща, являющегося кормом для хищных клещей. Опосредованная численная реакция *N. californicus* позволяет оптимизировать интенсивность популяционного поддержания акарифага в целях его использования в интегрированных системах защиты растений.

## 5.2 . Усовершенствование способа стабильного поддержания популяции фитосейид в сыпучем субстрате

Поддержание популяции хищных клещей в сыпучем субстрате предполагает эффективное размножение его кормового клеща, который в свою очередь питается эндоспермом. Поэтому важно было правильно подобрать источник питания и сохранения его питательных свойств.

Таблица 3. – Анализ химического состава зерна мягкой пшеницы в последствии чёрного и сидерального паров (пос. Нежинка-Пригородный, Оренбург, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН»)

Показатели: % от сухого вещества	Среднее значение * (2016-2020 гг.)	Год	Предшест- венник
		НСР <sub>05</sub>	
Общий азот	$2,55 \pm 0,38$ $2,56 \pm 2,75$	$0,48$ $0,32$	0,25
Сырой протеин	$13,92 \pm 2,00$ $14,80 \pm 1,20$	$2,51$ $1,50$	1,90
Фосфор	$0,69 \pm 0,10$ $0,72 \pm 0,06$	$0,12$ $0,08$	0,65
Калий	$0,41 \pm 0,02$ $0,40 \pm 0,02$	$0,03$ $0,02$	0,03

\* Примечание: над чертой – по чёрному пару,

под чертой – по сидеральному пару

В качестве основы для субстрата хищных клещей использовали семена мягкой пшеницы. Было протестировано зерно по химическим показателям (таблица 3), определившем его в целом как достаточно питательным для развития мучного клеща *Acarus siro*, являющегося кормом для хищных фитосейид.

В результате оценки заселенности зернового субстрата сапрофитной флорой и изучения возможности ее ингибирования с использованием смеси



неорганической и органических кислот установлено, что использование разработанной композиции в значительной степени ограничивается размножение сапрофитов грибной этиологии, а по эффективности воздействия существенно не отличается от препарата МикоКарб (таблица 4). Использование ингибирующей композиции позволило более эффективно размножать мучного клеща *A. siro*, что особенно важно для зерна, полученного по сидеральному пару.

Таблица 4. – Влияние смеси кислот на развитие грибов в сыпучем субстрате из помола мягкой пшеницы при 17 % влажности (ИОХ, 2023)

Препарат: норма расхода кг/т субстрата	Зерно мягкой пшеницы, полученное по предшественникам							
	Черный пар				Сидеральный пар			
	Интенсивность развития вида сапрофитного гриба **							
	<i>Aspergillus glaucus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Aspergillus glaucus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp.
Композиция: *								
3,5	++	±	++	±	++	±;+	+++	±
4,5	+++	±	++	±	++++	±; +	+++	±; +
5,5	++	±	±	±	++	±	±; +	±; +
МикоКарб:								
3,62	+	±	+	±	++	±; +	++	±; +
4,82	±	±	±; ±	±	±; +	±; +	±; ±	±; +
6,03	0	0	±	0	0	±	+	+
7,23	0	0	0	0	0	0	±	0
контроль (без кислот)	+++++	+++	++	±	+++	++++	+++	±;+

\* Композиция: пропионовая кислота (свободная + соль аммония) – 60 %; ортофосфорная кислота – 0,5 %; сорбиновая кислота – 0,3 %;); \*\* используемые градации: ± - попадает в ошибку опыта; + - до 10% включительно; ++ - до 30 % включительно; +++ - до 50 % включительно; ++++ - от 50 до 75 % включительно; +++++ - от 75 до 100 % включительно.

Фракции зерна, т.е. субстрат из молотых зерновок размером 1, 2, 4 и 6 мм, заселяли мучным клещом *A. siro* по норме около 1000 особей/см<sup>3</sup>. Одновременно выпускали хищного клеща *T. herbarius* по норме 5 самок/см<sup>3</sup>. За динамикой роста наблюдали в течение 2-х недель. Установлено, что фракционный состав зерна мягкой пшеницы на мучного клеща воздействует отрицательно корреляционно, т.е. чем мельче фракционный состав, тем лучшие условия для развития амбарного вредителя. На 15 сутки наблюдения в 10 см<sup>3</sup> численность клеща *A. siro* в разрезе фракционного состава: при 1 мм – 17 086 особей; при 2 мм – 13 476 особей; при 4 мм – 10 541 особей; при 6 мм – 8 461 особей, что кратно уменьшает численность из-за меньшего доступа к раздробленному зерну. Возможно, что более интенсивная норма хищничества при возрастающей численности ювенильных стадий *T. herbarius* снижает плотность популяции кормового клеща. Регрессионный анализ показал, что снижение численности мучного клеща ( $y$ ), зависящее от фракционного состава помола зерна, также определяется ростом численности хищного клеща ( $x$ ).

Экспериментально установлено, что стабилизация логарифмического роста популяции мучного клеща при мелких фракциях 1 и 2 мм наступает на 7

сутки (уравнение 5 и 6), при фракции 4 мм – на 9 суток (уравнение 7), а при фракции 6 мм – на 11 суток (уравнение 8):

$$y = 0,119 \ln(x) + 0,273 \quad R^2 = 0,856; \quad (5)$$

$$y = 0,124 \ln(x) + 0,270 \quad R^2 = 0,882; \quad (6)$$

$$y = 0,141 \ln(x) + 0,268 \quad R^2 = 0,908; \quad (7)$$

$$y = 0,156 \ln(x) + 0,267 \quad R^2 = 0,920. \quad (8)$$

При анализе результатов установлено, что к 15 суткам была сформирована оптимальная возрастная структура в популяции хищного клеща во всех вариантах с дробленным зерном (таблица 5). Предполагается, что такое количественное соотношение фаз развития будет стабильным при условии необходимого количества взрослых самок в популяции партеногенетического вида, т.е. при 14,4-18,9 % самок в возрастной структуре.

Таблица 5. – Анализ соотношения фаз развития и плотности популяции хищного клеща *Transeius herbarius* в инновационном субстрате (ИОХ РАН, 2023 г.)

Вариант, фракция зерна (мм)	Возрастной состав популяции (шт. особей/см <sup>3</sup> )				
	Фаза развития				Суммарно в популяции
	самка	яйцо	личинка	нимфа	
1	19,5 ± 0,9	35,8 ± 1,8	33,1 ± 1,7	14,5 ± 0,7	102,9 ± 5,2
2	15,4 ± 0,8	41,2 ± 2,1	34,2 ± 1,7	13,4 ± 0,6	107,2 ± 5,4
4	21,7 ± 1,1	49,3 ± 2,5	41,0 ± 2,1	16,7 ± 0,8	128,6 ± 6,4
6	25,6 ± 1,3	49,5 ± 2,4	43,1 ± 2,2	20,6 ± 1,0	138,8 ± 6,9
7 *	7,1 ± 0,4	7,1 ± 0,4	3,0 ± 0,1	4,5 ± 0,2	21,7 ± 1,1
<i>HCP<sub>05</sub></i>	4,5	11,1	10,3	3,8	29,3

\* - цельное зерно, отсортированное после первичной обработки в комбайне

Доказано, что количество яиц мучного клеща находилось в тесной корреляции с последующими неполовозрелыми стадиями развития, которые составляли по фракциям: 1 мм – 46,3 %; 2 мм - 44,4 %; 4 мм – 44,9 %; 6 мм – 45,9 %. Напротив, в субстрате с цельным зерном доля ювенильных стадий была низкой – 34,5 %. Выявлено, что при увеличении размерности фракционного состава в помеле мягкой пшеницы уменьшается слёживаемость субстрата, что снижает пищевую активность мучного клеща. Крупная фракция способствует увеличению свободного пространства субстрата, что повышает его скважистость. Максимальное количество хищных клещей *T. herbarius* с учетом высокой плодовитости формируется в таких субстратах. Установлено, что в субстрате с использованием 6 мм фракции дробленого зерна статистически достоверно увеличивается количество нимфальных стадий хищного клеща. Доля самок в популяции также достоверно выше в субстратах с 4-6 мм зерна. Экспериментально показано, что при этом полностью не выедается кормовой клещ, позволяя дополнительное время поддерживать популяцию хищного клеща.

В результате апробации триотрофной системы с использованием консумента I-го порядка мучного клеща и консумента II-го порядка

автохтонного фитосейидного клеща доказана принципиальная возможность включения зернового субстрата фракции 4-6 мм помола мягкой пшеницы при максимизации накопления автохтонного хищника в целях его использования в качестве биологического средства при оптимизации защитных мероприятий декоративных культур в защищенном грунте.

## 6. Изучение аспектов воздействия отрицательных аэроионов на членистоногих и увеличение потенциала пестицидов

Отрицательно заряженные аэроионы кислорода при краткосрочном, до 5 минут, воздействии в дозе  $10^4$ - $10^5/\text{см}^3$  активируют насекомых (Чижевский, 1999). Одним из аспектов использования электроэффлювиальной аппаратуры является направленное воздействие на поведение вредных членистоногих (Мешков, Сидоров, 2022; Мешков, 2023). Иным аспектом может быть сочетанное использование с иными факторами управления численностью фитофагов (Мешков, Гуцалюк, 2023).

Аэроионизация воздуха влияет на работу пищевой системы насекомых (Валиуллин, 2000; Прищеп, 1996). В результате оценки изменений в активности питания личинок трипса *F. intonsa* на листьях фасоли и огурца (рисунок 11) установлено, что под воздействием отрицательных аэроионов снижается их пищевое поведение. Показано, что площадь повреждений листьев достоверно уменьшена по сравнению с контрольными вариантами на 49,7-67,7 %.

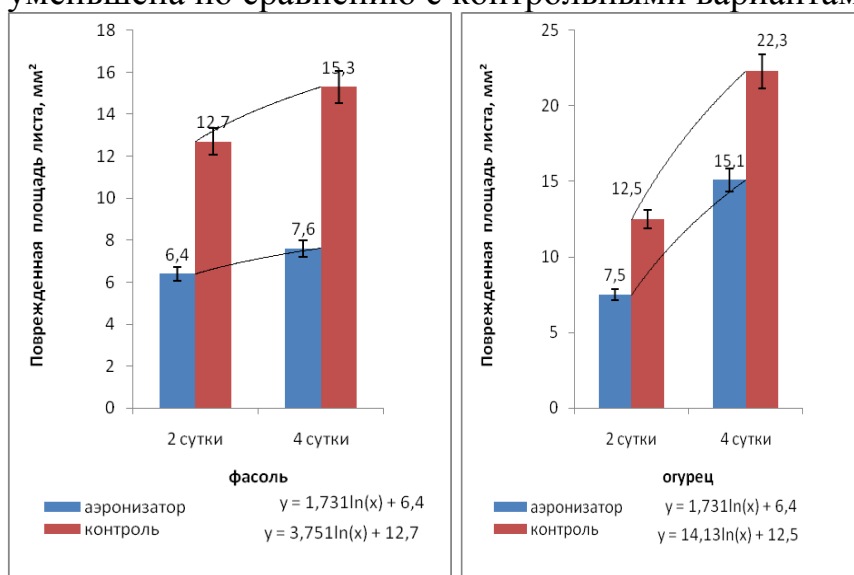


Рисунок 11. Влияние аэроионов воздуха на снижение активности питания личинок трипса *Frankliniella intonsa* на различных растениях (ИП Крюков, 2022 г.)

Например, на 2-е сутки поврежденность была в 2,0 раза ниже на листе фасоли и в 1,7 – на листе огурца, по сравнению с контролем. Аналогичное явление отмечено и на 4-е сутки при уменьшении поврежденности листьев в 2,0 и 1,5 раза, соответственно, по сравнению с результатами питания на растениях в контрольных вариантах.

Изучение влияния отрицательных аэроионов воздуха на плодовитость обыкновенного паутинного клеща *T. urticae* проводили в застекленных садках при использовании аэроионизатора «Корсан», с двукратным включением по 2 часа в сутки. Установлена сложная закономерность в динамике откладка яиц при потенциальном воздействии аэроионов (рисунок 12). В первые двое суток наблюдали достоверное стимулирование репродуктивной активности самок. Самки паутинного клеща отложили в среднем в 1,1-1,3 раза больше яиц, чем в

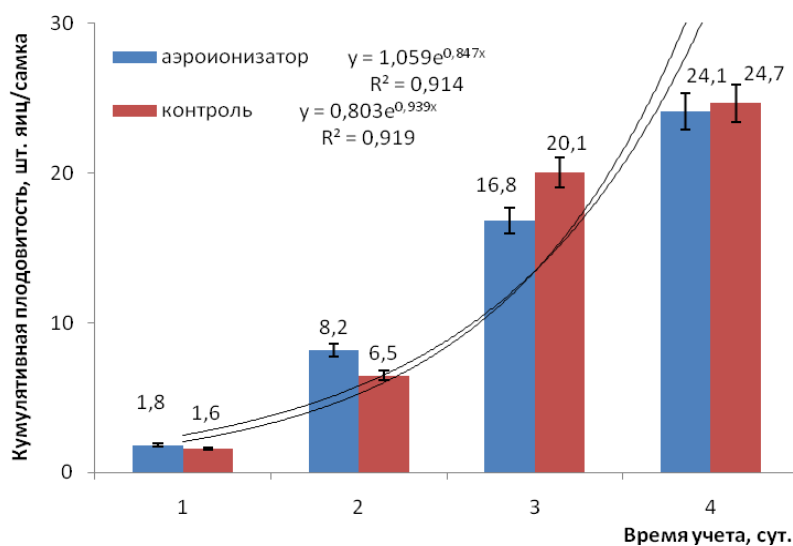


Рисунок 12. Динамика откладка яиц самками паутиного клеща при аэроионизации воздуха (ИП Крюков, 2022 г.)

контроле. Однако в последующие двое суток происходило противоположное явление, т.е. торможение в интенсивности откладка яиц в 1,6 раз. Таким образом, аэроионизация воздуха в пролонгированном отношении не оказывала существенного влияния на репродуктивную активность самок паутиного клеща.

Проведено исследования по изучению влияния отрицательных аэроионов воздуха на репродуктивную активность насекомых и клещей. Паутиных клещей содержали на растениях фасоли, помещенные в застекленные садки. Начальное появление личинок отмечено на 4 сутки. Установлено, что аэроионы замедляли продолжительность эмбрионального развития паутиного клеща (рисунок 13, А), т.е. личинки появлялись позже, чем контроле в 1,16 раза, в среднем. Изучено влияние аэроионов воздуха на продолжительность эмбриогенеза разноядного трипса. Отрождение личинок трипса началось на 5-е сутки. На 6-е и последующие сутки отрождение было интенсивнее в 1,6-1,3 раза в варианте под воздействием аэроионов (рисунок 13, Б). Установлено, что аэроионизация воздуха влияет на поведение мелких членистоногих фитофагов, повышая их локомоторную активность, что в итоге нарушает стереотипы при откладке яиц и изменяет время прохождения эмбриогенеза.

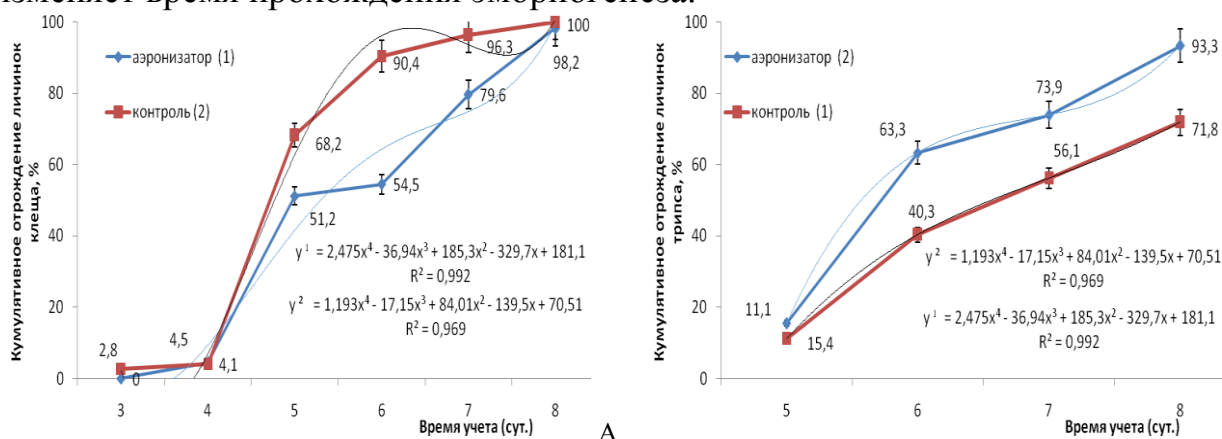


Рисунок 13. Динамика отрождения личинок членистоногих под воздействием аэроионов: А) паутиный клещ *Tetranychus urticae*; Б) разноядный трипс *Frankliniella intonsa* (ИП Крюков, 2022 г.)

Установлено, что при использовании аэроионизатора активность малатиона для по СК<sub>50</sub> повышалась в 5,4 раза (таблица 6); активность аверсектина С – в 1,4 раза. Также и по СК<sub>95</sub> отмечено усиление активности

инсектоакарицидов в 26,6 и в 1,2 раза, соответственно.

Установлено, при наличии аэроионов в момент опрыскивания растений пестицидных препаратов активность последних возрастает. Это явление создает предпосылки для возможного совместного использования аэроионизатора и защитных мероприятий для ограничения численности фитофагов в защищенном грунте.

Таким образом, в рамках проведенного исследования изучено воздействие отрицательных аэроионов на трипса, тепличную белокрылку и обыкновенного паутинного клеща. Установлено, что аэроионы способны замедлять активность имаго тепличной белокрылки по заселению растений. Показано, что при наличии аэроионов ускоряется эмбриогенез разноядного трипса. Вместе с тем активность питания личинок под воздействием отрицательных аэроионов снижается.

Таблица 6. – Изменение активности пестицидов для обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* под воздействием отрицательных аэроионов (ИОХ РАН, 2022 г.)

Вариант	Наименование пестицида (д.в.)					
	Фуфанон Эксперт, ВЭ (малатион)			Фитоверм М, КЭ (аверсектин С)		
	Смертельные концентрации (доверительные пределы), мкг д.в./мл					
	СК <sub>50</sub>	СК <sub>95</sub>	Коэффициент регрессии, β	СК <sub>50</sub>	СК <sub>95</sub>	Коэффициент регрессии, β
Аэронизатор	100,4 (84÷120)	348,4 (292÷416)	3,05	20,0 (18÷21)	92,0 (89÷95)	2,45
Контроль	539,9 (306÷953)	9 265,8 (5248÷12 342)	1,33	28,0 (26÷30)	106,1 (101÷109)	2,84
опыт/контроль	Техническая эффективность, %					
	+ 81,4	+ 96,2	-	+ 28,6	+ 13,3	-

Однако на эмбриогенез паутинного клеща оказывается обратное воздействие – яйца развиваются дольше. Существенное воздействие отрицательные аэроионы проявляют при сочетанном использовании с инсектоакарицидами при обработке популяции паутинного клеща. Увеличение активности пестицидов в рабочем растворе на фоне аэронизатора, возможно позволит снижать нормы расхода, рекомендованные для стандартных обработок растений.

С практической точки зрения снижение пестицидной нагрузки на защищаемые от фитофагов растения недопустимо, поскольку эффективность обработки будет снижаться. Но при уменьшении вдвое нормы расхода пестицида его активность снижается в обратно пропорциональной зависимости и по отношению к энтомофагам, используемых в интегрированных системах защиты. Использование электроэффлювиальной аппаратуры позволяет снижать норму расхода пестицидов, но при равных прочих условиях сохранять уровень технической эффективности в рамках требуемых параметров. Было установлено, что многие пестициды при  $\frac{1}{2}$  нормы от рекомендованной к применению становятся менее опасными для популяции фитосейидных клещей (Глинушкин и др., 2019, 2021; Glynnushkin et al., 2021 a, 2021 b).

Опыт по пролонгированному влиянию инсектоакарицида Фитоверма М (2 г/л аверсектина С) проводили путем подсадки хищных клещей *N. californicus*

на обработанные листья фасоли. Растения обрабатывали пестицидом в  $\frac{1}{2}$  и полной рекомендованной концентрации рабочего раствора, т.е. 0,25 и 0,5 %. Выживаемость оценивали на 3 суток. В первые сутки активность Фитоверма М независимо от концентрации на обработанных листьях была смертельна для хищных клещей (рисунок 14). На 5-7 сутки в варианте с  $\frac{1}{2}$  нормы расходы незначительная часть самок выживала. Лишь на 9-11 сутки выживаемость была на уровне 50 % особей. В варианте с полной нормой применения пестицида выживаемость самок хищного клеща не превышала 10 % в течение 13 суток. Спустя 15-17 суток выживаемость *N. californicus* превышала 80 %.

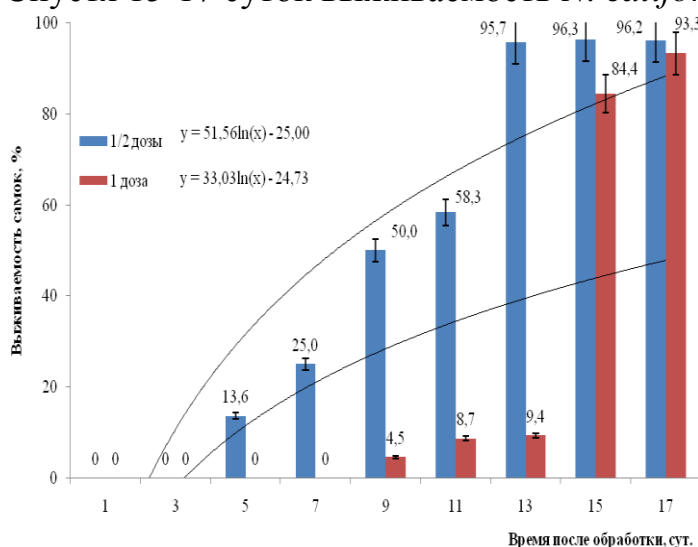


Рисунок 14. Выживаемость самок хищного клеща *Neoseiulus californicus* на листьях фасоли, обработанных препаратом Фитоверм М в разных концентрациях (ИОХ РАН, 2022 г.)

При использовании препаратов данной группы против фитофагов колонизацию хищных клещей на тепличные растения обычно осуществляют через 15 и более суток после обработки.

Обобщая результаты по данному исследованию, можно заключить, что при использовании электроэффлювиальной аппаратуры при опрыскивании позволяет снизить расход пестицида, что в дальнейшем оптимизирует сроки колонизации акарифага в целях контроля численности популяции фитофага.

## 7. Оптимизация интегрированных систем защиты декоративных культур

Интегрированная защита растений является наиболее перспективным подходом в системах защиты в промышленных производствах растительной продукции. Однако различные методы защиты растений требуют адаптации для конкретных условий хозяйств. Оптимизация применения пестицидов и биологических средств в настоящее время важна при выращивании декоративных культур.

### 7.1. Оптимизация использования пестицидов в сочетании с применением биологического средства *Transeius herbarius*

В ГБУ «Озеленение» (ПУ «Измайловский») и ИОХ РАН проведена предварительная оценка влияния пестицидов на хищного клеща *Transeius herbarius*. Взрослые особи (прежде всего самки) фитосейидных клещей являются наиболее активной стадией хищников. Именно на этой стадии их используют для колонизации на защищаемые от фитофагов растения в условиях защищенного грунта. Поэтому очень важно провести оценку по прямому и остаточному влиянию пестицидов на самок хищников. Значительным аспектом оценки является и выявление уровня плодовитости самок хищников после выпуска на обработанную листовую поверхность кормового растения.

Испытывали 3 группы пестицидов (Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, 2023). В качестве базовых концентраций, согласно данным

каталога, использовали рекомендованные нормы применения. 1) гормональные препараты, в частности аналог экдизона - Адмирал КЭ, 100 г/л (д.в. пирипроксифен); 2) неоникотиноиды - Актара ВДГ, 250 г/кг (д.в. тиаметоксам); Конфидор Экстра ВДГ, 700 г/кг (д.в. имидаклоприд); Моспилан РП, 200 г/кг (д.в. ацетамиприд); 3) макроциклические авермектины - Вертимек КЭ, 18 г/л (д.в. абамектин), Фитоверм М КЭ, 2 г/л (д.в. аверсектин С).

Представлены результаты по двум важнейшим препаратам широкого спектра действия (рисунки 15, 16). Установлено, что при максимально разрешенной норме расхода Актары при контактной обработке смертность самок *T. herbarius* была достаточно высокой – более 80 %, но при снижении вдвое нормы расхода, что соответствует норме в борьбе с белокрылкой, смертность хищного клеща была в 1,2 раза ниже. Остаточная активность сухой пленки препарата значительно снижалась в вариантах на 6 и 9 сутки.

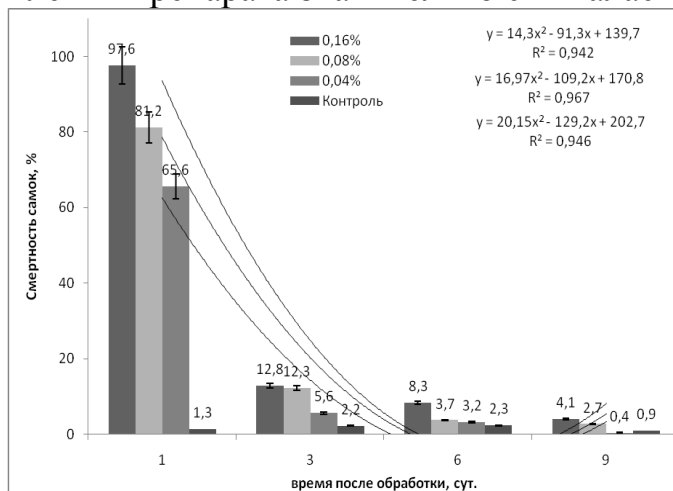


Рисунок 15. Влияние инсектицида Актара, ВДГ (тиаметоксам, 250 г/кг) на смертность самок хищного клеща *Transeius herbarius* при прямом и остаточном действии (ИОХ РАН, 2023 г.)

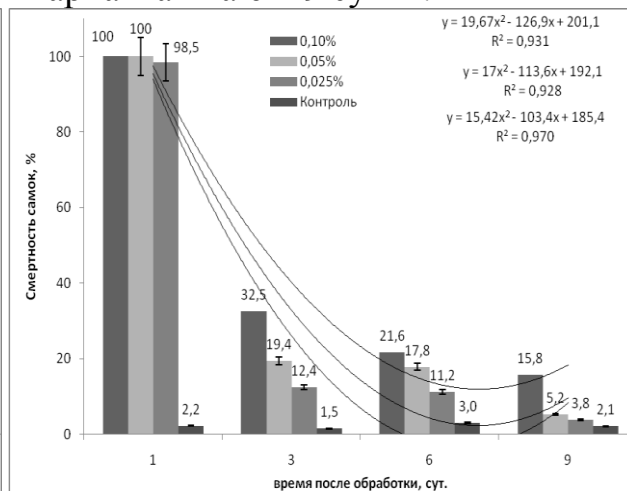


Рисунок 16. Влияние инсекто-акарицида Вертимек, КЭ (абамектин, 18 г/л) на смертность самок хищного клеща *Transeius herbarius* при прямом (на 1 сутки) и остаточном действии (ИОХ РАН, 2023 г.)

При прямой обработке Вертимеком самок хищного клеща *T. herbarius* острая активность была высокой, но остаточная активность абамектина на 3-е сутки была снижена в 3,1 раза при использовании концентрации 0,1 %, в 5,2 раза при концентрации 0,08 % и в 7,9 раза при концентрации 0,04 %.

На основании проведенных исследований установлено, что популяция хищного клеща *T. herbarius* обладает высокой чувствительностью к изученным пестицидам, разрешенным для применения в защищенном грунте против разных видов клещей, тепличной белокрылки, трипсов: наблюдалась гибель 80-100 % самок акарифага в течение 3-х суток после обработки. В связи с этим *T. herbarius* не рекомендуется для использования в теплицах ранее 3-9 суток после проведения химических мероприятий против вышеуказанных вредителей. Полученные экспериментальные данные по персистентной активности пестицидов показали наличие достаточно высокого ее уровня у пестицидных препаратов Фитоверм М и Адмирал.

## 7.2. Разрабатываемая схема по оптимизации методов контролирования популяций членистоногих на декоративных культурах в защищенном грунте

Разработана и апробирована система защиты рассадных культур при интегрированном управлении численностью вредителей на примере однолетней цветочной культуры агератума *Ageratum houstonianum* Mill. (таблица 7).

Таблица 7. – Экспериментальная технологическая карта по оптимизации защиты декоративных растений при выращивании рассады агератума

Период вегетации		Вредные членистоногие	Методы защиты						
Месяц	Фаза		Физический		Биологический		Химический *		
			Аэрионизатор	Клеевые ловушки	<i>Transeius herbarius</i>	<i>Neoseiulus agrestis</i>	Актара	Фитоверм	Фуфанон Эксперт
февраль	Посев	сциариды	1 час/сут.	желтые	-	-	пролив	-	-
март	Пикировка	сциариды	2 раза по 1 ч в сут.	желтые	<i>Stratiolaelaps scimitus</i>		пролив	1-2 обр.	1 обр.
	Бутонизация	трипсы		голубые	-	5 шт. на 1 растение			
		паутинный клещ		-	5 шт. на растение	-			
апрель	Начало цветения	паутинный клещ	2 раза по 1 ч в сут.	-	5 шт. на растение	-	-	1-2 обр.	1 обр.
		трипсы		голубые	-	5 шт. на 1 растение			
		тли		желтые	-	-			
май	Массовое цветение	паутинный клещ	2 раза по 1 ч в сут.	-	5 шт. на растение	-	-	1-2 обр.	1 обр.
		белокрылка		желтые	-	-			
		трипсы		голубые	-	5 шт. на 1 растение			
		тли		желтые	-	-			

\* Примечание: В случае высокой численности в очагах развития фитофагов

Физический метод (аэрионизация воздуха теплиц) использовался первоначально для изменения активности вредных членистоногих. При использовании химического метода защиты путем опрыскивания пестицидами также использовали электроэффлювиальный аппарат. В этом случае рекомендованную норму расхода снижали в 2 раза. В качестве биологических агентов для использования на декоративных культурах в защищенном грунте предложены автохтонные хищные клещи – *T. herbarius*, *N. agrestis*, а также адвентивные виды – *N. californicus*, *N. longispinosus*, обладающие различным уровнем специализации в подавлении численности вредоносных фитофагов – паутинных клещей и трипсов. На растениях агератума, как более компактной по габитусу, в отличие от тагетеса, цветочной культуре, использовали виды фитосейид *T. herbarius* и *N. agrestis*. Таким образом, в нашем исследовании подобраны виды хищных клещей под фазы развития рассады декоративных растений и по времени заселения посадок вредителями. Согласно разработанной нами технологической карте (таблица 7) для подавления численности вредителей



в очагах проводили защитные мероприятия в зависимости от вида фитофага и плотности популяции. Для борьбы с паутинными клещами проводили профилактические и защитные выпуски хищного клеща *N. herbarius*. По сигнальным проявлениям в питании трипса выпускали хищного клеща *N. agrestis*.

### 8. Расчет показателей экономической эффективности при оптимизации интегрированной защиты растений в защищенном грунте

Основные технологические черты по поддержанию видов лабораторных популяций хищных клещей, облигатно обитающих на растениях, в основных чертах сходны. В систему консортивных взаимоотношений входит субстрат для выращивания растений, автотроф (растение), консумент 1-го порядка (паутинный клещ), консумент 2-го порядка (хищник). Однако имеется ряд существенных отличий. Эффективность триотрофной системы для каждого вида фитосейидного клеща зависит от специфически требуемой температуры и относительной влажности воздуха, а также от интенсивности освещения.

Для сравнения экономической эффективности по затратам человеко-часов при получении биологического материала хищных клещей *N. californicus* (таблица 8) использовали примерную технологическую схему, предложенную для массового содержания *N. longispinosus* (Акимов, Колодочка, 1991).

Таблица 8. – Эффективность предлагаемой технологической схемы моделирования триотрофного взаимодействия на вегетирующих растениях с оптимизацией элементов

Операция	Традиционная схема	Усовершенствованная схема
	<i>Neoseiulus longispinosus</i>	<i>Neoseiulus californicus</i>
Лампы освещения	1 лампа ДРЛ	Диоды с FR
Фунгициды по обеззараживанию	ТМТД, ВСК (400 г/л)	Композиция кислот * 7 г/кг вермикулита
Замачивание семян фасоли	За 1-2 суток до посева	Высев сухих семян в увлажненный вермикулит
Норма посева	Посев проросших семян 150 шт./м <sup>2</sup>	300 шт./м <sup>2</sup>
Выращивание растений	10-12 суток при 25-30 °С	8-10 суток при 25 °С
Фаза заселения растений паутинным клещом	Тройчатый лист	Двулистные растения (1-й настоящий лист)
Норма заселения паутинным клещом	50 самок/растение	10 самок/лист
Заселение растений хищными клещами	Через 7-10 суток после выпуска паутинного клеща	Через 7 суток после выпуска паутинного клеща
Норма выпуска хищного клеща	По 10 клещей на растение	По 5 самок/лист
Сбор листьев с хищными клещами	Через 10-15 суток после выпуска хищных клещей	Через 10-12 суток после выпуска хищных клещей
Длительность производства	28-39 суток	25-29 суток
Затраты труда в расчете на 1 м <sup>2</sup>	0,21 чел.-часа	
Общие затраты из расчета 8 часового рабочего дня	47,04-65,52	42,00-48,72
Экономия затрат чел./ч., крат	-	1,12-1,34

\* Композиция кислот: 60 % пропионовой; 0,5 % ортофосфорной; 0,3 % сорбиновой

Технология эффективного содержания хищного клеща *N. californicus* с

использованием паутинного клеща, выращиваемого на растениях фасоли при диодном освещении с дополнением FR излучением, вводится впервые для использования в тепличных комбинатах и малых фермерских хозяйствах.

Рентабельность производства рассады агератума с использованием химических средств защиты растений в сравнении с рентабельностью выращивания рассады с применением хищных клещей-фитосейид рассчитаны по показателям экономической эффективности (таблица 9).

На основании рассчитанных данных можно сделать заключение о рентабельности производства при оптимизированном использовании биологических и химических средств и о целесообразности проведения защитных мероприятий на рассаде агератума в борьбе с вредными членистоногими-фитофагами.

Таблица 9. – Сравнение экономической эффективности применения средств защиты рассады агератума в защищённом грунте с оптимизацией элементов

Показатели	Ед. измерения	Варианты защиты растений	
		химическая	интегрированная
Площадь теплицы под рассадой	м <sup>2</sup>	250	250
Выход качественных растений со 100 м <sup>2</sup>	шт./кассета	3 190	4 100
В т.ч. прибавка	шт.	-	910
Валовый сбор	шт.	7 975	10 250
В т.ч. дополнительный валовый сбор	шт.	-	2 276
Затраты на производство	руб.	797574,44	797574,44
Затраты на средства защиты *	руб.	1922,0	1255,0
Себестоимость 1 ед. продукции	руб.	100,26	77,93
Себестоимость 1 ед. прибавки продукции	руб.	-	22,32
Средняя цена реализации ед. продукции	руб./кассета	327	327
Стоимость продукции по ценам реализации	руб.	2 607 662	3 351 750
В т.ч. стоимость дополнительной продукции	руб.	-	744 089
Прибыль	руб.	1 808 165,06	2 552 920,56
В т.ч. дополнительная прибыль	руб.	-	744 755,0
Уровень рентабельности производства	%	226,16	319,58
Окупаемость затрат	руб.	3,26	4,20

\* *Норма расхода:* Фитоверм, КЭ (2 г/л) 4-16 л/га; Актара, ВДГ (250 г/кг) 0,9 кг/га; хищные клещи 25 шт./1 м<sup>2</sup>. *Кратность применения:* Фитоверм 2-кратно против паутинного клеща, 2-кратно против трипса; Актара 1-кратно против сциарид; хищные клещи 1-кратно против паутинного клеща; 2-кратно против трипса. *Розничная цена:* Фитоверм – 1400 руб./л; Актара – 5800 руб./250 г; хищные клещи – 1190 руб./25 000 шт.

При использовании интегрированной защиты с оптимизированными элементами сохраненный урожай по неповрежденной рассаде агератума на защищаемой площади увеличился в 1,29 раза (на 22,2 %), чему, очевидно, способствовало использование оптимизированных элементов, связанное как с сокращением нормы расхода пестицидов, так и со своевременным использованием биологических средств. Себестоимость 1 кассеты на 6 растений агератума снизилась на 22,3 рубля. При одинаковых ценах реализации готовой выращенной рассады агератума может быть получена дополнительная прибыль. Уровень рентабельности интегрированной защиты растений с использованием оптимизированных элементов, в том числе биологических средств, увеличился в

1,41 раза по сравнению с использованием химических средств защиты растений.

При производстве рассады тагетеса произведены экономические расчеты. Уровень рентабельности с использованием химических средств составил 151,4 %, при использовании интегрированной защиты с оптимизированными элементами уровень рентабельности составил 217,8 %.

В результате многолетних исследований (1997-2024 гг.) по оптимизации биологического, химического и физического методов регуляции численности популяций вредных членистоногих и на основании полученных научных данных сделаны выводы, которые соответствуют паспорту научной специальности 4.1.3. (шифры 3.1, 3.4, 3.6, 3.8, 3.9, 3.10, 3.14, 3.15).

### Выводы

1. В природных сообществах в период 1998-2024 гг. выявлено, проанализировано, изучено 32 вида фитосейид. При сравнении двух территорий России (Московской и Оренбургской областей) по видовому составу на смородине установлено, что общими видами были три вида (*Amblydromella caudiglans*, *Amblyseius rademacheri*, *Neoseiulus reductus*), тогда как род *Euseius* в каждой из областей представлен одним симпатрическим видом – *E. finlandicus* или *E. ucrainicus*. Индекс общности по Чекановскому-Сьеренсену между областями по видовому составу клещей-фитосейид на смородине составил 0.6, что свидетельствует о высокой приуроченности некоторых видов к ягодному кустарнику.

1.1. В природных сообществах Московской области в период 1997-2024 гг. всесторонне изучено 28 видов фитосейид, по частоте встречаемости каждого из членов, определяемое исчислением по натуральному логарифму как функция  $y = -3,38 \ln(x) + 11,92$ , с доминантной составляющей 4-х видов хищных клещей. Редкие, второстепенные и обычные виды составляют основу акарокомплекса (более 85 %) в растительных сообществах.

1.1.1. Установленные виды превалируют на ягодных кустарниках с плотностью заселения 0,1-7,3 особей/50 листьев. На черной смородине выявлено 7 видов клещей-фитосейид, что составило 25,0 % от биоразнообразия.

1.2. В Оренбургской области на черной смородине обнаружено 6 видов фитосейид, из них 3 вида доминировали.

1.3. Выделенные автохтонные хищные виды (*Transeius herbarius*, *Neoseiulus agrestis*, *Neoseiulus reductus*) умеренных широт, адаптированные к невысоким температурам местного климата, могут быть использованы в качестве биологического средства в современных теплицах. Эти виды нами введены в лабораторные культуры.

1.4. Наиболее эффективным приемом (из цикла действий и временных привязок) депонирования по нашим исследованиям является: целенаправленный поиск, отбор популяционных групп, сконцентрированных в местах их дальнейшей зимовки, но находящихся в ранне-осенний период в преддиапаузном состоянии. Установлено, что после реактивации такая однотипная популяция служит лучшим исходным материалом (98-100% однотипность популяции) для создания лабораторной популяции. Разработанный детальный прием введения в лабораторную культуру хищного

клеща *T. herbarius* из биоценоза успешно реализуется: а) путем кратковременного содержания вида фитосейидного клеща с минимальным волновым воздействием (в полной темноте); б) содержания вида при пониженных температурах 6-8 °С; в) с дальнейшим адаптивным содержанием при оптимальных температурах 20-25 °С и постепенным усилением волновых действий.

1.5. Установлено разнообразие адвентивных видов фитосейид на декоративных культурах, посадочный материал которых доставляется в теплицы доращивания из стран Западной Европы и юго-восточного региона.

1.5.1. На колеусе, роициссусе, кротоне, фитонии, маранте встречается 3 вида фитосейидных клещей *Neoseiulus californicus*, *Neoseiulus longispinosus* и *Neoseiulus barkeri*.

1.5.2. Установлено, что *N. longispinosus* проявляет большую резистентность к физическим факторам влияния (например, достоверно к пониженной относительной влажности и температуре воздуха), чем *N. californicus*. При температуре 25 °С и влажности 68 % вероятность вылупления личинок у первого вида достигает  $76,4 \pm 9,7$  %, тогда как у *N. californicus* –  $42,6 \pm 11,6$  %. При температуре 20 °С и влажности 68 % вероятность появления личинок хищного клеща *N. longispinosus* достигает 76,2 %, что в 1,7 раза выше, чем у личинок *N. californicus*. Это дает первому виду преимущества в развитии в условиях цветоческих теплиц, где влажность воздуха не превышает 70 %.

2. Созданы аннотированные списки выявленных перспективных и уникальных автохтонных видов фитосейид (например, по видовому разнообразию фитосейид на черной смородине, на садовой землянике), один иллюстрированный определитель.

3. Установлено, что автохтонный вид *T. herbarius* при колонизации на цветочные культуры в теплицах ограничивает рост численности паутиного клеща *T. urticae*. Питаясь паутиным клещом, хищный клещ за 10-дневный период увеличивает свою численность в 1,7-3,5 раза. При норме выпуска хищника 20 особей на растение плюща *Hedera* sp. и при соотношении хищник: жертва 1:20 эффективность колонизации достигала 98,2 %.

4. Колонизация на глоксинию автохтонного хищника *N. agrestis* по 20 особей/растение на 6-е сутки снижает численность черноволосистого трипса *Thrips nigropilosus* до 2,5 личинок/лист. Биологическая эффективность метода 64,3 %.

5. Разработан метод заселения декоративных культур адвентивным хищным клещом *N. californicus*. При норме колонизации хищника 10 самок на растения колеуса плотность популяции паутиного клеща на 30 сутки снизилась при исходных соотношениях хищник:жертва с 1:15-1:3 до 1:2,2-1:0,4.

6. Установлено, что адвентивный вид *Neoseiulus barkeri* может быть использован для колонизации на смородинные посадки. При питании смородинным почковым клещом, развивается  $13,1 \pm 0,13$  суток при 18 °С и  $5,4 \pm 0,05$  суток при 25 °С. Самки откладывают до  $41,1 \pm 2,4$  и  $52,5 \pm 2,9$  яиц при указанных температурах. При ранневесенней колонизации *N. barkeri* на кусты

черной смородины значительно сокращает поврежденность почек смородинным почковым клещом: при однократном выпуске хищника по норме 12 тыс./куст до 37,2 %, при двукратном выпуске по норме 12 тыс./куст и 15 тыс./куст до 54 %.

7. Установлено, что в отсутствие острой конкуренции за пищевые ресурсы популяция *Ph. persimilis* развивается по экспоненциальной зависимости во временном аспекте согласно функции  $y=e^x$ . При совместном обитании с *N. californicus* эта зависимость нарушается, превращаясь в логарифмический рост численности. Однако при совместном обитании с *N. longispinosus* популяционный рост *Ph. persimilis* возвращается к экспоненциальному.

8. Установлена тенденция влияния электромагнитных волновых процессов на индивидуальные организмы и сообщества (растение-фитофаг; растение-фитофаг-хищник).

8.1. Предложено для снижения затрат при выращивании растений, необходимых для питания паутиного клеща, использовать диодное освещение с установленным присутствием излучения в диапазоне 700-800 нм с фотонной интенсивностью PFD-FR  $36,1 \pm 6,2$ , оказывающее положительное влияние на рост растений фасоли и, как следствие, на развитие паутиных и хищных клещей.

8.2. Установлено, что используемые для целей биометода растения фасоли при диодном освещении в определенных соотношениях R:FR формируют габитус в результате синдрома избегания тени. Благодаря этому свойству листовая пластинка расширяется, увеличивая площадь листа с  $16,2 \pm 0,8$  см<sup>2</sup> до  $18,0 \pm 0,9$  см<sup>2</sup>, что сказывается на активности питания паутиного клеща, увеличивая его плодовитость (шт. яиц) в 1,3 раза.

8.3. При возрастании обилия добычи хищный клещ *N. californicus* увеличивает потенциал размножения в 1,1 раза при численном росте популяции на 13,5 % по сравнению с эталоном.

9. Впервые разработана уникальная технология лабораторного содержания автохтонных видов фитосейид в специальном субстрате с высокой влагоудерживающей способностью, позволяющем стабилизировать репродуктивный потенциал хищников.

9.1. Установлено, что при температурном режиме  $25 \pm 0,5$  °C и влажности 17 % происходит накопление численности в популяции хищного клеща *T. herbarius* в более сжатые сроки (в два раза), чем при стандартном культивировании фитосейид.

9.2. Разработан оптимальный пищевой субстрат (из дробленых зерновок мягкой пшеницы размером помола 4-6 мм) возможный для широкого фермерского применения, рентабельнее по сравнению с отрубями. Время, необходимое для культивирования сокращается в три раза, позволяя получать за 7-14 дней партию хищных клещей *T. herbarius* с плотностью не менее 25 особей/см<sup>2</sup> в субстратной композиции из дробленых зерновок мягкой пшеницы размером помола 4-6 мм с размноженным мучным клещом *Acarus siro*.

10. Разработаны и оптимизированы технологии поддержания фитосейид на новых кормовых субстратах, снижающие ресурсные затраты.

10.1. Разработана оптимальная композиция кислот (пропионовая кислота 60 %; ортофосфорная кислота 0,5 %; сорбиновая кислота 0,3 %), ингибирующая

развитие сапрофитной микрофлоры (*Aspergillus glaucus*, *Penicillium* sp. *Trichoderma* sp.) на 30-50 % в субстрате из дробленых зерновок мягкой пшеницы. Композиционный состав сыпучего субстрата позволяет улучшать условия для содержания в лаборатории хищного клеща *T. herbarius*.

10.2. Уточнены нормы применения препарата МикоКарб. Они составляют 6 и 7 кг на 1 тонну молотого зерна яровой пшеницы соответственно по предшественнику черный пар и по предшественнику сидеральный пар.

11. Установлена роль отрицательных аэроионов в модификации поведения мелких (0,3-1,7 мм) растительноядных членистоногих.

11.1. Установлено, что при работе эффлювиального ионизатора «Корсан» локомоторная активность модельных объектов (личинки трипса *Frankliniella intonsa*, самки паутиного клеща *Tetranychus urticae*) замедлялась на 76 и 96 %, соответственно. Под воздействием аэроионов личинки трипса снижали также трофическую активность: площадь повреждения листа фасоли уменьшалась в 2,0 раза по сравнению с интактным содержанием фитофага.

11.1.1. При аэроионизации воздуха ускорялось время прохождения эмбриогенеза у паутиного клеща *T. urticae* в 5,9 раз.

11.1.2. При аэроионизации воздуха замедлялось прохождение эмбриогенеза у разнородного трипса *F. intonsa* в 1,2 раза.

11.2. Установлено, что при работе эффлювиального ионизатора нарушался характер откладки яиц у тепличной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum*. При разбросанном типе яйцекладок увеличивалась среднесуточная плодовитость в 1,7 раза.

12. Установлена эффективная оптимизация применения агрохимикатов при совместном использовании с электроэффлювиальным ионизатором «Элион-132» с ионизирующими электродами.

12.1. Сформированные аэрозольные капли со сниженной концентрацией растворов в логарифмическом разведении приводят к увеличению уровня активности (по СК<sub>50</sub> действующего вещества малатион (C10H19O6PS2) на 81,4 %), по сравнению с незаряженными каплями с аналогичной концентрацией рабочего раствора.

12.2. Сформированные аэрозольные капли со сниженной концентрацией растворов в логарифмическом разведении приводят к увеличению уровня активности (по СК<sub>50</sub> действующего вещества аверсектин С (ноу-хау смесь C48H72O14, C47H70O14, C48H74O15, C47H72O15) на 28,6 %), по сравнению с незаряженными каплями с аналогичной концентрацией рабочего раствора.

13. Выявлена возможность использования хищных клещей автохтонного и адвентивного происхождения в интегрированной системе защиты цветочных культур.

13.1. При сезонной колонизации на растения агератума (*Ageratum houstonianum*) и бархатцев (*Tagetes erecta*) в период бутонизации повышается качество выращиваемой рассады однолетних культур. Уничтожая в местах колонизации паутиного клеща до 40 %, хищники мигрируют на соседние участки. Объем производства горшечных декоративных культур увеличивается на 40-70 %.

13.2. Уменьшенная вдвое норма расхода препарата Фитоверм М, КЭ (2 г/л аверсектина С) (при концентрации рабочего раствора с 0,5 % до 0,25 %) сохраняет менее продолжительное остаточное действие на обработанной поверхности растений по отношению к адвентивному фитосейидному клещу *Neoseiulus californicus*. На 9 сутки выживает 58,3 % самок хищника, а на 15 суток – 96,3 %. Тогда как при полной норме на 13 сутки выживает 9,4 % самок, а на 15 суток выживает 84,4 %. Поэтому колонизацию акарифага после использования 236 меньшей нормы препарата следует проводить на 4-5 суток раньше, чем при традиционной технологии.

### Практические рекомендации

1. Для фермерских, индивидуальных хозяйств в целях оптимизации химического и физического методов в регуляции численности популяций растительноядных членистоногих рекомендуется использовать клещей-фитосейид автохтонного и адвентивного происхождения.
2. Для адвентивного вида фитосейидного клеща *Neoseiulus californicus* целесообразно использовать диодное освещение с дополнительным красным дальним излучением при выращивании растений. Это позволяет получать хищного клеща *Neoseiulus californicus* в максимальном количестве до 100-150 особей с растения в течение 2-х недель
3. Автохтонный вид *Transeius herbarius*, представленный как новый и оригинальный по внедрению в интегрированные системы, может оптимально воспроизводиться на молотых пшеничных зернах фракций 4-5 мм при питании на мучном клеще *Acarus siro*. Для обеззараживания сыпучего субстрата использовать композицию из кислот (пропионовой, ортофосфорной, сорбиновой), подавляющих рост сапрофитной микрофлоры. При этом выход партии готовой продукции осуществляется в течение 1-2 недель при плотности 20-25 тыс./особей в 1 л субстрата.
4. Выпуск хищных фитосейидных клещей (*T. herbarius*, *N. californicus*) в фермерские теплицы проводится сразу после обнаружения очагов паутинного клеща по норме не менее 5-10 особей на рассадную кассету или до 25 особей из расчета на 1 м<sup>2</sup>, что гарантирует высокий защитный эффект от обыкновенного паутинного клещ. При смыкании листьев в кассетах норма колонизации хищных клещей увеличивается до 200 особей/м<sup>2</sup>.
5. При позднем обнаружении паутинного клеща применять аэроионизацию воздушного пространства теплиц аэроионизаторами в сочетании с химической корректирующей обработкой с последующим использованием хищных клещей *Neoseiulus californicus*, *Transeius herbarius*. Экспериментально установлено, что использование аэроионизатора совместно с инсектоакарицидами снижает норму расхода Фитоверма М в 2 раза. Это позволяет на 4 суток раньше приступить к заселению растений хищным клещом *Neoseiulus californicus* для регуляции численности в популяции паутинного клеща.
6. На основании полученных экспериментальных исследований рекомендуем осуществлять выпуск хищного клеща *Transeius herbarius* на рассаду агератума очаговым способом – на 10 кассет по норме 5 особей/растение, но при оптимальном соотношении хищник:паутинный клещ как 1:5. Создавать

очаговые заселения акарифагов необходимо на расстоянии не ближе 1 м.

7. Независимо от типа теплиц осуществлять колонизацию хищного клеща *Neoseiulus californicus* на растения колеуса по норме 10 особей/растение, что позволяет снизить численность паутиного клеща в течение 16-18 суток при температурном режиме 17-24,5 °С.

8. На декоративные растения (хедера, роициссус), при относительной влажности воздуха в диапазоне 40-60 % и при температурном режиме не ниже 18-21 °С проводить выпуск хищного клеща *Transeius herbarius* по норме 20-25 самок/растение для подавления численности паутиного клеща.

9. Целесообразно использовать совместную колонизацию хищных клещей *Phytoseiulus persimilis* и *Neoseiulus longispinosus*, в целях полного очищения растений от паутиного клеща. Колонизацию хищных клещей *Ph. persimilis* и *N. californicus* необходимо проводить раздельно.

### Список работ, опубликованных по теме диссертации:

#### Статьи в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. **Мешков, Ю.И.** Материалы к фауне фитосейид (Parasitiformes, Phytoseiidae) Московской области / Ю.И. Мешков // Зоологический журнал. – 1999. – Том 78, вып. 4. – С. 426-431.
2. Тюрин, С.А. Основные подходы для конструирования штаммов-продуцентов средств защиты растений. I. Штамм бактерий *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* с инсектоакарицидной активностью против представителей отрядов Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera, Thysanoptera и Acariformes / С.А. Тюрин, **Ю.И. Мешков**, И.Н. Яковлева, И.А. Залуни, Ф.Х. Хашимов, Д.П. Жужиков, Л.И. Лютикова, Ю.Г. Грицевич, Р.А.W. Martin, В. Oppert, В.Г. Дебабов // Биотехнология. – 2005. – № 5. – С. 11-19.
3. Тюрин, С.А. Основные подходы для конструирования штаммов-продуцентов средств защиты растений. II. Штамм бактерий *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* с инсектицидной активностью против представителей отрядов Lepidoptera, Coleoptera и Homoptera / С.А. Тюрин, **Ю.И. Мешков**, И.Н. Яковлева, И.А. Залуни, К.А. Носков, В.П. Вейко, Д.П. Жужиков, Л.И. Лютикова, Р.А.W. Martin, В. Oppert, В.Г. Дебабов // Биотехнология. – 2006. – № 3. – С. 33-41.
4. Яковлева, И.Н. Борьба с паутиными клещами в теплицах / И.Н. Яковлева, **Ю.И. Мешков** // Защита и карантин растений. – 2011. – № 3. – С. 27-31.
5. **Мешков, Ю.И.** Повышение эффективности применения препарата Фитоверм в смеси с биоприлипателем Липосам в борьбе с устойчивыми популяциями паутиного клеща / Ю.И. Мешков, И.Н. Яковлева // Гавриш. – 2012. – № 6. – С. 18-22.
6. Яковлева, И.Н. Исторические аспекты резистентности *Tetranychus urticae* Koch (Acariformes: Tetranychidae) к инсектоакарицидам / И.Н. Яковлева, **Ю.И. Мешков** // Агрохимия. – 2016. – № 3. – С. 81-90.  
[http://elibrary.ru/author\\_items.asp?authorid=759225](http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=759225)
7. Борисова, И.П. «Фармбиомед»: защита шампиньонов / И.П. Борисова, **Ю.И. Мешков**, Е.Б. Кругляк, О.И. Тихомирова, В.А. Дриняев // Картофель и овощи. – 2016. – № 3. – С. 22-23.
8. Глинушкин, А.П. Влияние пестицидов, применяемых в защищенном грунте, на хищного клеща *Neoseiulus californicus* (Parasitiformes, Phytoseiidae) / А.П. Глинушкин, И.Н. Яковлева, **Ю.И. Мешков** // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 3. – С. 32-34.



<https://doi.org/10.31857/S2500-26272019332-34>

9. Бочкарев, С.В. Овощеводство без пестицидов / С.В. Бочкарев, **Ю.И. Мешков** // Картофель и овощи. – 2020. – № 1. – С. 19-23.

10. Глинушкин, А.П. Токсичность используемых в теплицах и перспективных пестицидов для хищного клеща *Neoseiulus barkeri* (Mesostigmata: Phytoseiidae) / А.П. Глинушкин, И.Н. Яковлева, **Ю.И. Мешков** // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 1. – С. 36-42. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10107

11. Муковоз, П.П. Моделирование механизмов блокирования ферментов, разрушающих пиретроиды, веществами-синергистами из группы бензодиазоксолонов / П.П. Муковоз, Р.И. Александров, В.Л. Семенов, С.А. Пешков, А.Н. Сизенцов, Л.Р. Валиуллин, В.П. Муковоз, **Ю.И. Мешков** // Агрохимия. 11.2024. Сдана в печать 2023 г.

12. Муковоз, П.П. Инсектицидные композиции природных пиретринов и замещенных бензодиазоксолонов из растительных масел / П.П. Муковоз, Р.И. Александров, В.Л. Семенов, С.А. Пешков, А.Н. Сизенцов, Л.Р. Валиуллин, В.П. Муковоз, Н.В. Птицын, **Ю.И. Мешков** // Агрохимия. 12.2024. Сдана в печать 2023 г.

13. **Мешков, Ю.И.** Технологические возможности доступных субстратов, перспективных для разведения хищных клещей в сыпучих материалах / Ю.И. Мешков, И.Н. Яковлева, В.Ю. Скороходов, М.С. Соколов, И.И. Сидоров, Е.В. Степанова, Д.А. Захаров, С.Н. Михалева, А.П. Глинушкин // Достижения науки и техники АПК. – 2024. – Т. 38. – № 1 – С. 44-49.

doi:10.53859/02352451\_2024\_38\_1\_0

14. Яковлева, И.Н. Особенности формирования резистентности к инсектоакарициду клипер (бифентрин) у паутинового клеща *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) / И.Н. Яковлева, **Ю.И. Мешков**, Ю.В. Зуева, И.И. Сидоров, Е.С. Измайлова, М.В. Соколовская // Достижения науки и техники АПК. – 2024. – Т. 38. – № 2. – С. 23-28.

doi: 10.53859/02352451\_2024\_38\_2\_23

**Научные труды, размещенные в Scopus, Web of Science, учитываемые ВАК РФ**

15. **Meshkov, Yu.I.** Two new species of mites of the genus *Neoseiulus* (Parasitiformes, Phytoseiidae) from Russia / Yu.I. Meshkov // Entomol. Rev. – 1995. – V. 74. – № 1. – P. 151-154.

16. Tyurin, S. A new insecticidal preparation on the basis of *Bacillus thuringiensis* with insecto-acaricidal activity / S. Tyurin, **Y. Meshkov**, I.Yakovleva, I. Zalunin, F. Hashimov, D. Zhuzhikov, L. Lyutikova, P. Martin, B. Oppert, V. Debabov // IOBC/WPRS Bulletin. – 2006. – 29 (5). – P. 185-191.

17. **Meshkov, Y.I.** Comparative aspects of the formation of resistant populations of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acariformes, Tetranychidae) to two groups of avermectin preparations / Y.I. Meshkov, I.N. Yakovleva, A.P. Glinushkin, E.B. Kruglyak, V.A. Drinyaev // International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences. – 2017. – V. 6. – № 4. – P. 116-122.

18. Глинушкин, А.П. Влияние пестицидов, применяемых в защищенном грунте, на хищного клеща *Neoseiulus californicus* (Parasitiformes, Phytoseiidae) / А.П. Глинушкин, И.Н. Яковлева, **Ю.И. Мешков** // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 3. – С. 32-34.

<https://doi.org/10.31857/S2500-26272019332-34>

19. Glinushkin, A.P. Insectoacaricides and insecticides and *Neoseiulus californicus* (Parasitiformes, Phytoseiidae) safe and great application in protected ground / A.P. Glinushkin, I.N. Yakovleva, **Yu.I. Meshkov**, V.Yu. Fyodorovich, N.A. Kuzmin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 2. – 2nd All-Russian

conference with international participation "Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants" - 2021. – P. 1-6. – 901 012068. DOI 10.1088/1755-1315/901/1/012068

20. Glinushkin, A.P. Monitoring spider mites for resistance to pesticides in the Russia protected ground / A.P. Glinushkin, I.N. Yakovleva, **Y.I. Meshkov** // Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants. IOP Publishing. IOP Conference Series: Earth Environmental Science 663 (2021) 012051. – P. 1-6. doi:10.1088/1755-1315/663/1/012051

21. Glinushkin, A.P. Toxicity pesticides used in greenhouses and promising for predatory mite *Neoseiulus barkeri* (Mesostigmata: Phytoseiidae) / A.P. Glinushkin, I.N. Yakovleva, **Y.I. Meshkov** // Journal of Physics: Conference Series. "6th Interdisciplinary Scientific Forum with International Participation "New Materials and Advanced Technologies" (NMAT 2020) – 2021. – Vol. 1942. – 012071. – P. 1-5. doi:10.1088/1742-6596/1942/1/012071

22. **Meshkov, Y.I.** Prospects for use of the predatory mite *Transeius herbarius* (Wainstein, 1960) (Mesostigmata: fam. Phytoseiidae, subfamily Amblyseiinae) / Y.I. Meshkov, A.P. Glinushkin, E.V. Stepanova // E3S BIO Web of Conferences. – Vol. 93, 01012. – 2024. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249301012>

23. **Meshkov, Y.** Features description for the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, 1957 (Mesostigmata: fam. Phytoseiidae, subfam. Amblyseiinae) / Y. Meshkov, A. Glinushkin, N.N. Dubenok, E.V. Stepanova // E3S BIO Web of Conferences. – Vol. 93, 01013. – 2024. – P. 1-9. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249301013>

24. **Meshkov, Y.I.** Aspects of use and features of the predatory mite *Neoseiulus longispinosus* (Evans, 1952) (Mesostigmata: family Phytoseiidae, subfamily Amblyseiinae) in comparative to *N. californicus* / Y.I. Meshkov, A.P. Glinushkin, E.V. Stepanova, D.A. Zakharov, I.I. Sidorov, N.A. Semenova, S.V. Akimova, D.V. Yanykin, M.O. Pashkin // E3S BIO Web of Conferences. – Vol. 93. 01014. – 2024. – P. 1-9. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249301014>

25. **Meshkov, Y.** *Neoseiulus agrestis* as a biological agent, and monitoring of introduced thrips in greenhouses / Y.I. Meshkov, A.P. Glinushkin, E.V. Stepanova, D.A. Zakharov // E3S BIO Web of Conferences 113, 01006 (2004). – INTERAGROMASH, 2024. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411301006>

26. **Meshkov, Y.** Predatory mite *Neoseiulus reductus* (Wainstein, 1962) (Mesostigmata: fam. Phytoseiidae, subfamily. Amblyseiinae) / Y.I. Meshkov, A.P. Glinushkin, E.V. Stepanova, A.P. Nesvat, D.A. Zakharov // E3S Web of Conferences. 9. Принята в печать 14.12.2023.

27. **Meshkov, Y.** Prospects for usage of predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (order Mesostigmata: subfamily Amblyseiinae, family Phytoseiidae) / Y.I. Meshkov, A.P. Glinushkin, E.V. Stepanova, V.A. Zakharenko, V.I. Dolzhenko, S.D. Karakotov // E3S BIO Web of Conferences. – Vol. 113, N 01005 (2024). – INTERAGROMASH 2024. P. 1-9. <https://doi.org/10.1051/202411301005>

### **Патенты**

28. Патент РФ на изобретение № RU 2 278 159 C1. Штамм бактерий *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki*, обладающий инсектоакарицидной активностью против представителей отрядов Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera, Thysanoptera и Acariformes. Заяв. № 2004135697/13 от 07.12.2004. Оpubл. 20.06.2006 / С.А.

Тюрин, И.А. Залуни, **Ю.И. Мешков**, И.Н. Яковлева, Д.П. Жужиков Ф.Х. Хашимов, В.Г. Дебабов // Бюллетень № 17. – 2006. – 10 с.

29. Патент РФ на изобретение № RU 2 278 161 C1. Рекомбинантная плазмидная ДНК, кодирующая синтез дельта-эндотоксина CRU IIIA, и штамм *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki*, полученный на основе рекомбинантной плазмидной ДНК. Заяв. № 2004138340/13 от 28.12.2004. Оpubл. 20.06.2006. / Тюрин С.А., Носков К.А., Вейко В.П., **Мешков Ю.И.**, Яковлева И.Н., Дебабов В.Г. // Бюллетень № 17. – 2006. – 12 с.

30. Патент РФ на изобретение № RU 2 294 102 C1. Инсектоакарицидная композиция. Заяв. № 2005130335/13 от 30.09.2005. Оpubл. 27.02.2007 / Е.Б. Кругляк, В.А. Дриняев, О.И. Тихомирова, В.Н. Тибаева, **Ю.И. Мешков** // Бюллетень № 6. – 2007. – 8 с.

31. Патент РФ на изобретение № RU 2 434 939 C1. Штамм бактерий *Bacillus thuringiensis* БИОС-1, обладающий инсектоакарицидной активностью. Заяв. № 2010134811/10 от 23.08.2010. Оpubл. 27.11.2011 / С.А. Тюрин, Н.И. Кузнецова, И.А. Залуни, **Ю.И. Мешков**, И.Н. Яковлева, Ю.Г. Грицевич, В.Г. Дебабов // Бюллетень № 33. – 2011. – 8 с.

32. Патент РФ на изобретение № RU 2 757 111 C1. Способ разведения хищных клещей путём межлинейного скрещивания. Заяв. № 2020138292 от 23.11.2020. Оpubл. 11.10.2021. / **Ю.И. Мешков**, А.Г. Гонтар // Бюлл. № 29. – 2021. – 12 с.

33. Патент РФ на изобретение. Способ разведения хищных клещей умеренного климата. Заявка от 24.11.2023. № регистрации 2023130620/10 (068048). Положительное решение о формальной экспертизе 04.12.2023. / **Ю.И. Мешков**, И.И. Сидоров, А.П. Глинушкин

#### **Научные труды РИНЦ**

34. Пуца, Н.М. Основные итоги научно-исследовательских работ лаборатории иммунитета по созданию перспективного селекционного материала кормовых культур с повышенной устойчивостью к патогенам / Н.М. Пуца, Н.В. Разгуляева, Н.Ю. Костенко, Е.Ю. Благовещенская, **Ю.И. Мешков** // В кн.: Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса на службе Российской науке и практике / Под ред. В.М. Косолапова, И.А. Трофимова. – М.: Россельхозакадемия, 2014 а. – С. 638-639.

35. Пуца, Н.М. Фитосанитарный мониторинг / Н.М. Пуца, Н.В. Разгуляева, Н.Ю. Костенко, **Ю.И. Мешков**, Е.Ю. Благовещенская // В кн.: Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса на службе Российской науке и практике / Под ред. В.М. Косолапова, И.А. Трофимова. – М.: Россельхозакадемия, 2014 б. – С. 639-652.

36. **Мешков, Ю.И.** Лабораторные исследования ионизаторов на вредителей теплиц Московской области / Ю.И. Мешков, И.И. Сидоров // Агрофорсайт. 2022. № 3 – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.

37. **Мешков, Ю.И.** Вариативность в биологическом методе в виде разнообразия хищных клещей на примере *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (подсем. Amblyseiinae, сем. Phytoseiidae, Parasitiformes) / Ю.И. Мешков, А.П. Глинушкин, Е.В. Степанова // Агрофорсайт. 2022. № 4 – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2022. [http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/4\\_2022\\_50-56.pdf](http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/4_2022_50-56.pdf)

38. **Мешков, Ю.И.** Особенности защиты декоративных культур новыми хищниками на примере *Transeius montdorensis* (Schicha, 1979) (Mesostigmata:

- подсем. Amblyseiinae, сем. Phytoseiidae) / Ю.И. Мешков, А.П. Глинушкин, Е.В. Степанова // Агрофорсайт. 2022. № 4. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2022. [http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/4\\_2022\\_57-64.pdf](http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/4_2022_57-64.pdf)
39. **Мешков, Ю.И.** Профилактический и технологически перспективный хищный клещ *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (отряд Mesostigmata: подсем. Amblyseiinae, сем. Phytoseiidae) / Ю.И. Мешков, А.П. Глинушкин, Е.В. Степанова // Агрофорсайт. 2022. № 4. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2022. [http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/4\\_2022\\_65-75.pdf](http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/4_2022_65-75.pdf)
40. **Мешков, Ю.И.** Технологически перспективный для расширения в системах защиты редких культур типа хищный клещ *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (подсем. Amblyseiinae, сем. Phytoseiidae, Parasitiformes) / Ю.И. Мешков, А.П. Глинушкин, Е.В. Степанова // Агрофорсайт. 2022. № 5. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2022. [http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/5\\_2022\\_50-54.pdf](http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/5_2022_50-54.pdf)
41. **Мешков, Ю.И.** Перспективный для защищенного грунта хищный клещ *Amblyseius andersoni* (Chant, 1957) (Mesostigmata: сем. Phytoseiidae, подсем. Amblyseiinae) / Ю.И. Мешков, А.П. Глинушкин, И.И. Сидоров, Е.В. Степанова // Агрофорсайт. 2022. № 5. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2022. [http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/5\\_2022\\_55-65.pdf](http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/5_2022_55-65.pdf)
42. **Мешков, Ю.И.** Перспективы использования аборигенного хищного клеща *Neoseiulus reductus* (Wainstein, 1962) (Mesostigmata: сем. Phytoseiidae, подсем. Amblyseiinae) / Ю.И. Мешков, А.П. Глинушкин, И.И. Сидоров, Е.В. Степанова // Агрофорсайт. 2022. № 6. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2022. [http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/6\\_2022\\_12-22.pdf](http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/6_2022_12-22.pdf)
43. **Мешков, Ю.И.** Технологически перспективный хищный клещ *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) (отряд Mesostigmata: семейство Laelapidae, подсем. Нуроаспидинае) для целостной защиты биометодом / Ю.И. Мешков, А.П. Глинушкин, И.И. Сидоров, Е.В. Степанова // Агрофорсайт. 2022. № 6. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2022. [http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/6\\_2022\\_23-32.pdf](http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/6_2022_23-32.pdf)
44. **Мешков, Ю.И.** Варианты применения аэроонизатора Чижевского в защите растений / Ю.И. Мешков, О.Д. Гуцалюк // Агрофорсайт. 2023. № 3. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2023. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). [http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/3\\_2023\\_85-90.pdf](http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/3_2023_85-90.pdf)
45. **Мешков, Ю. И.** Краткий аннотированный список хищных клещей семейства фитосейид (Parasitiformes: Mesostigmata: Phytoseiidae) на смородине в европейской части России и возможности методов / Ю.И. Мешков, А.П. Глинушкин // Агрофорсайт. 2023. № 5. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2023. <http://agroforsait.ru/wp-admin/upload.php?item=2583>
46. **Мешков, Ю.И.** Влияние ионизации воздуха на паутинового клеща в лабораторных условиях / Ю.И. Мешков // Агрофорсайт. 2023. № 4. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2023. [http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/4\\_2023\\_56-60.pdf](http://agroforsait.ru/wp-content/uploads/2023/12/4_2023_56-60.pdf)
- Монографии**
47. Ахатов, А.К. Вредители тепличных оранжерейных растений (морфология, образ жизни, вредоносность, борьба) / А.К. Ахатов, С.С. Ижевский, **Ю.И. Мешков**, Б.А. Борисов, О.Г. Волков, В.Н. Чижов. – Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2004. – 307 с. – ISBN 5-87317-161-0
- Учебные, справочные, практические и иллюстрированные пособия**
48. Ахатов, А.К. Практическое пособие по идентификации членистоногих в теплицах / А.К. Ахатов, И.О. Камаев, **Ю.И. Мешков** / М.: Товарищество научных изданий КМК, 2023. – 120 с.