

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
“Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений”  
(ФГБНУ ВИЗР)

ISSN 1727-1320 (Print),  
ISSN 2308-6459 (Online)

# В Е С Т Н И К ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

---

PLANT PROTECTION NEWS

2020    TOM    103    ВЫПУСК    1  
          VOLUME               ISSUE

Санкт-Петербург  
St. Petersburg, Russia  
2020

# ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Научно-теоретический рецензируемый журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Учредитель Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР)

Зарегистрирован в ГК РФ по печати № 017839 от 03 июля 1998 г.

Главный редактор В.А. Павлюшин

Зам. гл. редактора: В.И. Долженко, Ю.С. Токарев

Ответственный секретарь В.К. Моисеева

Корректор англоязычных текстов: А.А. Намятова

Технический секретарь: С.Г. Удалов

**Журнал «Вестник защиты растений» (1727-1320) с 19.04.2019 г. включен в «Перечень изданий ВАК» по следующим научным специальностям и отраслям науки:**

**03.02.05.** – Энтомология (биологические науки),

**03.02.12.** – Микология (биологические науки),

**06.01.01.** – Общее земледелие. Растениеводство (сельскохозяйственные и биологические науки),

**06.01.04.** – Агрохимия (сельскохозяйственные и биологические науки),

**06.01.05.** – Селекция и семеноводство (сельскохозяйственные и биологические науки),

**06.01.06.** – Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные и биологические науки),

**06.01.07.** – Защита растений (сельскохозяйственные и биологические науки),

**06.01.08.** – Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные и биологические науки),

**06.01.09.** – Овощеводство (сельскохозяйственные и биологические науки)

**Индексируется в РИНЦ и CrossRef**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

*Афанасенко О.С.*, дбн, академик РАН, ВИЗР

*Белюсов И.А.*, кбн, ВИЗР

*Белякова Н.А.*, кбн, ВИЗР

*Вилкова Н.А.*, дбн, ВИЗР

*Власенко А.Н.*, дсxn, академик РАН,  
СибНИИЗиХ СФНЦА РАН

*Власов Д.Ю.*, дбн, СПбГУ

*Ганнибал Ф.Б.*, кбн, ВИЗР

*Гончаров Н.Р.*, ксxn, ВИЗР

*Гричанов И.Я.*, дбн, ВИЗР

*Дзянь Синьфу*, профессор, КНР

*Долженко В.И.*, дсxn, академик РАН, ВИЗР

*Егоров Е.А.*, дэн, академик РАН, СКФНЦСиВ

*Захаренко В.А.*, дсxn, академик РАН, МНИИСХ

*Иващенко В.Г.*, дбн, ВИЗР

*Игнатов А.Н.*, дбн, РУДН

*Караотов С.Д.*, дхн, академик РАН,  
ЗАО “Щелково Агрохим”

*Лаврищев А.В.*, дсxn, СПбГАУ

*Лаптев А.Б.*, дбн, ООО “ИЦЗР”

*Левитин М.М.*, дбн, академик РАН, ВИЗР

*Лулева Н.Н.*, кбн, ВИЗР

*Лысов А.К.*, ктн, ВИЗР

*Надыкта В.Д.*, дтн, академик РАН, ВНИИБЗР

*Новикова И.И.*, дбн, ВИЗР

*Павлюшин В.А.*, дбн, академик РАН, ВИЗР

*Радченко Е.Е.*, дбн, ВИР

*Савченко И.В.*, дбн, академик РАН, ВИЛАР

*Санин С.С.*, дбн, академик РАН, ВНИИФ

*Сидельников Н.И.*, дсxn, член-корреспондент РАН,  
ВИЛАР

*Синев С.Ю.*, дбн, ЗИН

*Сорока С.В.*, ксxn, Белоруссия

*Сухорученко Г.И.*, дсxn, ВИЗР

*Ули – Маттила Т.*, профессор, Финляндия

*Токарев Ю.С.*, дбн, ВИЗР

*Упадышев М.Т.*, дбн, член-корреспондент РАН, ВСТИСП

*Фролов А.Н.*, дбн, ВИЗР

*Хлесткина Е.К.*, дбн, ВИР

*Шамшев И.В.*, кбн, ЗИН

*Шпанев А.М.*, дбн, АФИ

*Эспевиг Т.*, PhD, Норвегия

**Ответственные редакторы выпуска:** Павлюшин В.А., Сухорученко Г.И., Токарев Ю.С., Фролов А.Н.

Россия, 196608, Санкт-Петербург – Пушкин, шоссе Подбельского, 3, ВИЗР

Email: [vestnik@vizr.spb.ru](mailto:vestnik@vizr.spb.ru)

<http://vestnik.vizrspb.ru>

© Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР)

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к 103 тому . . . . .	4
Формирование ассортимента химических средств защиты растений от вредителей в XX веке Г.И. Сухорученко, Л.А. Буркова, Г.П. Иванова, Т.И. Васильева, О.В. Долженко, С.Г. Иванов, В.И. Долженко . . . . .	5
Научные основы построения интеллектуальных систем для точного земледелия В.П. Якушев, В.В. Якушев, С.Ю. Блохина . . . . .	25
<i>Краткие сообщения</i>	
Распространение резистентности к инсектицидам в сибирских популяциях колорадского жука в связи с территориальной экспансией вредителя Г.В. Беньковская, И.М. Дубовский . . . . .	37
Олеандровая щитовка <i>Aspidiotus nerii</i> в оранжерее Полярно-альпийского ботанического сада Н.С. Рак, С.В. Литвинова . . . . .	40
Оценка радиуса действия феромонного препарата коричнево-мраморного клопа <i>Halyomorpha halys</i> Е.В. Синецына, Н.М. Атанов . . . . .	44
Обнаружение <i>Wolbachia</i> в гусеницах <i>Loxostege sticticalis</i> (Pyraloidea: Crambidae) в европейской и азиатской частях России Ю.М. Малыш, С.М. Малыш, Д.С. Киреева, А.Г. Конончук, М.А. Деменкова . . . . .	49
Научные мероприятия в 2020 году . . . . .	53
Положение о периодическом издании – научном журнале «Вестник защиты растений» . . . . .	56
Изменения в правилах для авторов . . . . .	60

## CONTENT

Preface to the Volume 103 . . . . .	4
The assortment formation of chemical means of pest control in the XX century G.I. Sukhoruchenko, L.A. Burkova, G.P. Ivanova, T.I. Vasilyeva, O.V. Dolzhenko, S.G. Ivanov, V.I. Dolzhenko . . . . .	5
Scientific background of intellectual system development for precision agriculture V.P. Yakushev, V.V. Yakushev, S.Yu. Blokhina . . . . .	25
<i>Short Communications</i>	
Spreading of Colorado potato beetle resistance to chemical insecticides in Siberia and history of its settling in the secondary area G.V. Benkovskaya, I.M. Dubovskiy . . . . .	37
<i>Aspidiotus nerii</i> Bouche in greenhouse of the Polar-Alpine botanical garden-institute N.S. Rak, S.V. Litvinova . . . . .	40
Evaluation of the working radius of pheromone preparations for the brown marmorated stink bug <i>Halyomorpha halys</i> E.V. Sinitsyna, N.M. Atanov . . . . .	44
Detection of <i>Wolbachia</i> in larvae of <i>Loxostege sticticalis</i> (Pyraloidea: Crambidae) in European and Asian parts of Russia J.M. Malysh, S.M. Malysh, D.S. Kireeva, A.G. Kononchuk, M.A. Demenkova . . . . .	49
Scientific Events in 2020 . . . . .	53
Declaration of the Journal “Plant Protection News”. . . . .	56
Changes to Guides for Authors . . . . .	60

**ПРЕДИСЛОВИЕ К 103 ТОМУ**

Уважаемые коллеги, прошло больше года с тех пор, как в правила работы журнала «Вестник защиты растений» был внесён ряд существенных изменений. Отказ от «карманного рецензирования» (использующего рецензии, предоставляемые авторами, связывающимися с рецензентами напрямую) и привлечение к рецензированию рукописей сторонних специалистов (не имеющих общих аффилиаций с авторами) на условиях анонимности привело к повышению количества критических отзывов, а проверка на корректность заимствований позволила выявить случаи нарушения научной этики. В результате из 40 поступивших за 2019 г. и рассмотренных редакцией научных работ 30 было опубликовано, а 10 - отклонено на основании редакторской оценки или рекомендаций рецензентов. Среди авторов научных статей 2019 года – сотрудники ВИЗР, ВИР, СПбГАУ, АФИ, РГАУ-МСХА, ВНИИЛ, ВНИИК, ДальНИИЗР, БелНИИЗР и др. В рецензировании рукописей принимали участие эксперты из России, Беларуси, Казахстана, Узбекистана и Молдовы. В опубликованных работах отражены результаты исследований, касающихся разнообразия фито- и энтомопатогенов, распространенности вредных объектов, устойчивости культурных растений к вредителям и болезням, эффективности различных средств химической, биологической и микробиологической защиты растений и их сочетаний, а также технологий фитосанитарного мониторинга и массового разведения фито- и энтомофагов. Усилия Редакции и Редакционной коллегии направлены на дальнейшее повышение научной

значимости публикуемых работ и расширение географического круга авторов и рецензентов.

За последний год произошли изменения в составе Редакционной коллегии журнала. В ноябре 2019 года не стало Константина Георгиевича Скрябина, который с 1991 года возглавлял Центр «Биоинженерия». В начале 2020 к Редколлегии присоединились Татьяна Евгеньевна Эспеви (Норвежский институт биоэкономических исследований) и Александр Николаевич Игнатов (Российский Университет Дружбы Народов).

Начиная с 2020 года, нумерация выпусков приведена к общепринятому формату: текущему тому, имеющему сквозную нумерацию и разбитому на четыре выпуска, присвоен номер 103 в знак преемственности непрерывной нумерации выпусков предыдущего периода жизни журнала. После долгой дискуссии, которая велась в течение всего года, на последнем заседании Редколлегии Журнала принято решение, что издание «Приложения к журналу “Вестник защиты растений”» сохраняет самостоятельный статус, в связи с чем связывать его название с «Вестником» не целесообразно. Приоритеты журнала, как издания, издаваемого головной научной организацией России в области защиты растений, и основные принципы его работы, зафиксированы в «Положении о журнале “Вестник защиты растений”», представленном в текущем выпуске. Редакция благодарит всех членов Редколлегии, принявших участие в обсуждении документа как очно, так и дистанционно.

*Редакция*

**PREFACE TO THE VOLUME 103**

Dear colleagues, more than a year has passed since some remarkable changes have been introduced to the rules of the Journal “Plant Protection News”. Refusal from “personal reviewing” (using reviews from peers found directly by the authors) and recruitment of outer experts (not sharing same affiliation with the authors) for blind reviewing allowed increasing the number of critical reviews, while checking for plagiarism helped ruling out the cases of corruption of the Code of Ethics. As a result, out of 40 manuscripts submitted in 2019, as many as 30 were accepted while 10 were declined or rejected on the basis of evaluation by the editors and reviewers. Authors of the scientific manuscripts of 2019 include the researchers from All-Russian Institute of Plant Protection, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg State Agrarian University, Institute of Agrophysics, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, All-Russian Institute of Flax, All-Russian Institute of Corn, Far Eastern Institute of Plant Protection, Belarus Institute of Plant Protection etc. The manuscripts have been reviewed by experts from Russia, Belarus, Kazakhstan, Uzbekistan and Moldova. The published works reflect the results of studies relating to the diversity of phyto- and entomopathogens, the prevalence of harmful objects, the resistance of cultivated plants to pests and diseases, the effectiveness of various chemical, biological and microbiological protection of plants and their combinations, as well as phytosanitary monitoring technologies and mass phyto-breeding and entomophages. The efforts of the Editorial

Office and the Editorial Board are aimed at further increasing the scientific significance of published works and expanding the geographical range of authors and reviewers.

Over the past year, the composition of the Editorial Board members was modified. In November 2019, Konstantin Georgievich Skryabin, who has been heading the Bioengineering Center since 1991, has passed away. In the early 2020, Tatsiana Espevig (Norwegian Institute of Bioeconomic Research) and Alexander Nikolaevich Ignatov (Peoples' Friendship University of Russia) joined the Editorial Board.

Starting from 2020, the numbering of issues has been modified to adopt a common standard: the current volume has continuous page numbering and is divided into four issues, its' number is 103 reflecting the succession of the continuous numbering of issues of the previous period of the Journal's life. After a long discussion that has been occurring throughout the last year, at the last meeting of the Editorial Board of the Journal it was decided that the publication of the “Plant Protection News Supplements” retains an independent status, and therefore it is not advisable to associate its title with the Journal. The priorities of the Journal, as an edition published by the leading scientific organization of Russia in the field of plant protection, and the basic principles of its work, are fixed in the “Declaration of the Journal «Plant Protection News»”, presented in the current issue. The editors thank all the members of the Editorial Board who took part in the discussion of the document both in person and distantly.

*Editorial Office*

## ФОРМИРОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ В XX ВЕКЕ

Г.И. Сухорученко\*, Л.А. Буркова, Г.П. Иванова, Т.И. Васильева,  
О.В. Долженко, С.Г. Иванов, В.И. Долженко

*Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург*

*\*ответственный за переписку, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru*

Обобщены результаты исследований по формированию ассортимента химических средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур в России в XX веке. Показано, что его совершенствование происходило в несколько этапов, связанных с решением проблем защиты растений конкретного периода времени, технических возможностей для их осуществления и требований, предъявляемых к пестицидам по мере развития теоретических основ защиты растений. В 20–30 гг., когда основная задача защиты растений заключалась в подавлении вспышек размножения саранчовых, лугового мотылька, хлебных жуков, вредной черепашки, свекловичного долгоносика и др., использовали неорганические, растительные и органические вещества природного происхождения, которые относились к сильнодействующим веществам и применялись в высоких нормах. В 40–60 гг. в ассортименте преобладают препараты органического синтеза (хлорированные углеводороды и терпены, диеновые соединения, органофосфаты, карбаматы), высокоэффективные в борьбе с вредителями, но высокотоксичные для человека и животных. По медицинским и ветеринарным соображениям к пестицидам стали предъявлять требование безопасности для теплокровных. В 70 гг. в связи с развитием концепции интегрированного управления вредителями (Integrated Pest Management, IPM) возникло требование безопасности для полезных компонентов агробиоценозов. Усилилось внимание к проблемам окружающей среды в целом. В результате этого в ассортименте 80–90 гг. появились препараты из химических классов пиретроидов, бензоилмочевин, фенилпиразолов и неоникотиноидов, умеренно опасные для теплокровных и энтомофагов, применяемые в низких нормах и разлагающиеся в объектах среды за один сезон. Большое внимание уделялось поиску экологически малоопасных форм этих препаратов.

**Ключевые слова:** вредители, инсектициды, акарициды, формы препаратов, биологическая эффективность, избирательность действия, экологическая безопасность

*Поступила в редакцию: 06.11.2019*

*Принята к печати: 05.03.2020*

Специфика почвенно-климатических условий регионов Российской Федерации определяет набор возделываемых культур и видовой состав членистоногих, наносящих им существенный вред. На многих сельскохозяйственных культурах выделены отдельные виды или комплексы вредителей, против которых необходимо проведение регулярных химических мероприятий, направленных на ограничение их численности и вредоносности. По данным ВИЗР к числу таких опасных (экономически значимых) или особо опасных (вызывающих чрезвычайные ситуации) видов относится 33 вредителя, в борьбе с которыми химический метод сохраняет значение и в настоящее время (Перечни опасных ... вредных организмов 2013).

Существенные различия в биологии вредителей сельскохозяйственных культур, их высокая экологическая пластичность, приводящая к появлению резистентных к пестицидам форм, изменение видового разнообразия вследствие изменений климата и технологий возделывания различных культур, усиление антропогенных

воздействий на агроэкосистемы в последние десятилетия и появление агрессивных инвазионных видов, определяли ранее и определяют в настоящее время необходимость постоянного совершенствования химического метода защиты растений.

На развитие химического метода значительное влияние оказывали требования повышения его гигиенической и экологической безопасности. Это касалось, прежде всего, формирования ассортимента инсектицидов и акарицидов, разнообразного по механизму действия и спектру активности, с умеренно- и малоопасными характеристиками для человека, нецелевых организмов и объектов окружающей среды.

Ниже приводятся материалы по реализации изложенных выше положений развития химического метода защиты растений от вредителей в России под методическим руководством ВИЗР, который являлся и является в настоящее время одним из основных центров по организации, проведению и координации этих исследований в стране.

### Методические подходы к изучению эффективности пестицидов

Материалами для исследований в разные годы служили отечественные и зарубежные инсектициды и акарициды органического синтеза из разных классов химических соединений, появившиеся на арене защиты растений для решения тех или иных проблем с вредителями на различных сельскохозяйственных культурах в России. Изучались также различные вещества природного происхождения (неорганические, растительные, углеводороды).

Одной из основных задач этих исследований являлась оценка биологической (технической) эффективности новых средств борьбы с вредителями растений, которая определяется начальной токсичностью и длительностью токсического действия изучаемых средств для фитофагов, что позволяет снижать численность и вредоносность наиболее опасных фаз их развития.

До 30 гг. прошлого столетия оценку биологической эффективности пестицидов проводили отдельные исследователи или коллективы. После создания в 1929 г. ВИЗР и до начала Великой Отечественной войны эти исследования проводились сетью специализированных институтов, опытных зональных станций и станций защиты растений Народного Комиссариата Земледелия СССР (НКЗ СССР) с использованием разработанных ВИЗР специальных инструкций. Организация, проведение, методическое обеспечение испытаний новых пестицидов и отчетность по их результатам были возложены на ВИЗР (Приказ № 92 НКЗ СССР от 26.02. 1940 г.). Отчеты представлялись в Межведомственную комиссию по испытанию и внедрению новых ядохимикатов при ВАСХНИЛ, и на очередном Пленуме секции защиты сельскохозяйственных растений Академии решалась судьба того или иного пестицида. Это был своего рода прообраз системы Государственных регистрационных испытаний пестицидов в стране, созданной в 1960 г.

В послевоенный период исследования, связанные с изысканием эффективных средств борьбы с вредными членистоногими стали проводить с использованием разработанных специальных методик, позволяющих получать сравнительные результаты применительно к наиболее опасным видам вредителей на различных культурах. Сначала такие методики были созданы только для отдельных, наиболее вредоносных видов (саранчовые, обыкновенный

свекловичный долгоносик, вредная черепашка, яблонная плодожорка, тли, кокциды, растительноядные клещи) (Иванова, 1961; Гар, 1963). Позднее ВИЗР переработал и обобщил изданные ранее, разрозненные методики в виде сборника «Методические указания по испытанию инсектицидов, акарицидов и моллюскоцидов в растениеводстве» (М., 1986).

Основные разделы методик этого сборника предусматривали планирование и технику проведения опыта (выбор и подготовка опытного участка, схема опыта, число вариантов и повторностей, расположение и размер делянок), способ обработки делянок и тип используемой для этой цели аппаратуры, проведение учетов (методы и сроки учетов, фаза развития и размер выборки учитываемого объекта), определение показателей биологической эффективности пестицида, статистический анализ результатов и форма представления отчета. Методики позволяли проводить Государственные испытания новых средств борьбы более, чем с 30 видами вредителей сельскохозяйственных культур и обеспечивали единый методический подход к проведению испытаний инсектицидов и акарицидов в борьбе с вредителями различных культур в разных зонах их возделывания. Это позволяло делать объективные выводы о возможности включения перспективных препаратов в ассортимент пестицидов, разрешенных для применения в сельском хозяйстве страны.

#### Этапы развития исследований

Развитие химического метода борьбы с вредителями растений с начала 20 века и по настоящее время проходило в несколько этапов, связанных с решением насущных проблем защиты растений конкретного периода времени. В этой связи требовалось обеспечение различных сельскохозяйственных растений соответствующим ассортиментом инсектицидов и акарицидов, а также разработка регламентов их применения в системах возделывания конкретных культур. Именно по этой причине первоочередной задачей энтомотоксикологов страны на протяжении столетнего периода был поиск и оценка все новых веществ в качестве средств борьбы с наиболее опасными видами вредных членистоногих и обновление наиболее перспективными из них существующего в тот период времени ассортимента пестицидов.

#### Период начало 20 века – 20 годы

Значительное расширение посевных площадей в России в конце 19 века в результате перехода на крупнотоварное производство сельскохозяйственной продукции привело к резкому обострению фитосанитарной ситуации на посевах основных возделываемых культур. Данный период характеризовался вспышками размножения саранчовых, проволочников, хлебных жуков, вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put., лугового мотылька *Loxostege sticticalis* L., обыкновенного свекловичного долгоносика *Bothynoderes punctiventris* L, сосущих вредителей на ряде культур, вредителей запасов и грызунов. Для подавления вспышек вредителей применяли неорганические, растительные и органические вещества природного происхождения, способные вызывать их гибель (Соколов, 1901; Порчинский, 1905; Парфентьев, 1925; Коротких, 1926; Крестовников, Парфентьев, 1926; Угрюмов, 1926).

Наиболее широко в этот период использовали препараты мышьяка (арсенат кальция, П; арсенит кальция, П; арсенит натрия, ПС; парижская зелень, П) и технический продукт хлористого бария, (ТП) в борьбе с саранчовыми, свекловичным долгоносиком и рядом листогрызущих вредителей.

После обстоятельного изучения в 1906–1912 гг. никотина - алкалоида пиридиновой природы, содержащегося в листьях табака *Nicotiana tabacum* L. и махорки *Nicotiana glauca* L., токсические свойства которого были выявлены еще в 1763 г., широкое распространение получили табачные экстракты в качестве средств борьбы с тлями и другими сосущими вредителями (Угрюмов, Вышелесская, 1931). Для фумигации запасов зерна от вредителей и виноградарей от филлоксеры *Dactylospheera vitifoliae* Fitch. в этот период использовали хлопикрин, Ж (жидкость) и сероуглерод, Газ (Парфентьев, 1927; Петров и др., 1929), а также сулему (д. в. хлорид ртути) в качестве инсектофунгицида. Для борьбы с зимующим запасом сосущих вредителей плодовых деревьев применяли нитрофенольное соединение ДНОК в виде порошка (П) и мыльно-керосиновую эмульсию в летний период.

Все перечисленные средства борьбы, кроме мыльно-керосиновой эмульсии, относились по существующей гигиенической классификации к сильнодействующим ядовитым веществам (СДЯВ -  $LD_{50}$  для крыс до 50 мг/кг), т.е. к I классу опасности для теплокровных. С учетом мыльно-керосиновой эмульсии ( $LD_{50}$  для крыс более 1000 мг/кг) средний класс опасности используемых в начале 30 гг. инсектицидов равнялся 1.4.

### Период 30 годы

После организации в 1929 г. Всероссийского института растений специалисты сектора химического метода, созданного на базе научно-исследовательской лаборатории отравляющих веществ (НИЛОВ) Отдела защиты растений Наркомзема РСФСР, активно включились в решение проблемы изыскания эффективных средств борьбы с наиболее опасными видами вредителей сельскохозяйственных культур.

Было продолжено начатое в 20 гг. изучение акарицидных свойств природной серы, итогом которого стали рекомендации по использованию ее препаратов (комовая сера, порошок) в борьбе с паутиными клещами и мучнистой росой на ряде сельскохозяйственных культур (Угрюмов, 1933; 1935).

Учитывая зарубежный опыт, специалисты ВИЗР изучили эффективность ряда производных фтора в борьбе с грызущими вредителями. В качестве перспективных заменителей препаратов мышьяка были рекомендованы кремнефтористый натрий, ТП и фтористый натрий, П, не уступающие им по эффективности и менее опасные для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 187 и около 50 мг/кг, соответственно) (Угрюмов, 1930; Романович, 1931). Необходимость замены препаратов мышьяка, помимо высокой их опасности для теплокровных, была продиктована также экономическими соображениями, так как они закупались за рубежом или изготавливались из импортного сырья, цены на которое постоянно росли из-за незначительных запасов этого вещества в мире. Предлагаемые в качестве их заменителей препараты фтора были более дешевыми, так как производились из отечественного сырья (Романович, 1931).

В первой половине 30 гг. большой объем работ был выполнен ВИЗР по изучению нефтяных минеральных масел из разных месторождений страны в борьбе с вредителями плодовых культур (Вышелеская, Зархин, 1931; Немирицкий, 1931; 1935; Петров, 1931; Богдарина, 1935; Иванова, 1937, 1939; Крайтер, 1939). В результате этих исследований была определена зависимость инсектицидных и фитотоксических свойств масел от их состава и физико-химических характеристик, разработана классификация масел по их пригодности для зимних, весенних и летних опрыскиваний, предложены для этих целей марки масел заводского изготовления. Установлена пригодность эмульсий трансформаторного, веретенного и солярового масел для обработок в летний период против вредителей, как наиболее безопасных для вегетирующих растений. Оказалось, что наиболее эффективным и безопасным для растений сроком использования минеральных масел в качестве овицидов и скелцидов (средства против червецов и щитовок) является ранневесенний период до распускания почек плодовых культур. Полученные данные послужили основанием для включения в ассортимент пестицидов эмульсий минеральных масел для борьбы с зимующим запасом тлей, медяниц, клещей, щитовок, в том числе и с карантинным объектом калифорнийской щитовкой *Aspidiotus perniciosus* Comst., против которой они были более эффективны, чем ДНОК (Корчагин, 1936; Иванова, 1939).

Помимо минеральных масел ассортимент этих лет включал ряд углеводородов, в частности, хлорпикрин, Ж для фумигации, главным образом складов, мельниц,

теплиц и парников против зимующих в них различных фаз развития ряда вредителей и фитопатогенов (Парфентьев, 1925) и зеленое жидкое мыло (смесь калиевых солей жирных кислот), заменившее мыльно-керосиновую эмульсию, которая, как показали исследования, способна вызывать ожоги растений (Богдарина, 1935). Была также разработана и рекомендована технология использования сероводорода для обеззараживания зернохранилищ и продовольственного зерна от комплекса вредителей (Холоднюк, 1936; Эдельман, 1936).

Значительное внимание в эти годы учеными ВИЗР было уделено изучению инсектицидов растительного происхождения. Прежде всего, были продолжены начатые в 1928–1929 гг. исследования инсектицидных свойств различных препаратов никотина, полученных не кустарным способом в виде водных вытяжек из листьев растений, а из отходов табачного производства фабричным путем со стандартным содержанием в них никотина в виде серно-кислой соли (никотин-сульфат). Было установлено, что никотин-сульфат в два раза токсичнее химически чистого и «сырого» никотина при действии на разные виды тлей. В то же время никотин-сульфат, как и никотин, оказался чрезвычайно сильным нервнопаралитическим ядом для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 46 и 50 мг/кг, соответственно). Сравнительная оценка эффективности водных вытяжек никотина и 40% препарата никотин-сульфата, со сниженным более чем в 2 раза его содержанием, в борьбе с тлями на груше и персике, а также грушевым клопиком *Tingis pyri* F. и грушевой медяницей *Psylla pyri* L. на груше в Крыму выявила их равноценный защитный эффект. Положительные результаты этих исследований позволили включить в ассортимент в борьбе с сосущими вредителями плодового сада препарат 40% никотин-сульфата, Ж, как менее опасный для теплокровных в сравнении с табачными экстрактами или препаратами никотина, полученными фабричным путем (Угрюмов, Вышелеская, 1931). В ассортимент тех лет был включен также 40% анабазин-сульфат, Ж – отечественный препарат алкалоида анабазина, выделенного из ежовника безлистного (*Anabasis aphylla* L.) ( $LD_{50}$  для крыс 210 мг/кг), в качестве заменителя никотина, не уступающего ему по эффективности, менее опасного для теплокровных и перспективного для производства из-за больших запасов растительного сырья в стране (Новый препарат ..., 1933; Немирицкий и др., 1933; Савельев, Иконенен, 1933).

В начале 20 века были начаты исследования инсектицидных свойств еще одного препарата растительного происхождения – пиретрума, порошка цветков различных видов ромашек р. *Pyrethrum*, известного с глубокой древности в качестве средства борьбы с бытовыми и кровососущими насекомыми. Было установлено, что действующим веществом пиретрума являются пиретрины, представленные в нем шестью эфирами циклопропановых кислот хризантемовой и пиретриновой (пиретрины I и II, цинаризины I и II, жасмолины I и II). Однако высокие инсектицидные свойства пиретрума, определяемые наличием циклопропанового кольца, связаны, в основном, с пиретрином I. После расшифровки химической структуры пиретринов в 30 гг. в мире началось производство и широкое использование препаратов пиретрума в виде порошков или масляных экстрактов для борьбы с вредителями

сельскохозяйственных культур (Петров, 1931а). Оказалось, что из всех видов растений этого рода наиболее богаты пиретринами цветки далматской ромашки *Pyrethrum cinerariaefolium* Трев., эндемика Далмации, которая многие годы была поставщиком пиретрума в разные страны мира, пока этот вид растений не стал культивироваться в Японии, США и России.

Изучение ромашек р. *Pyrethrum*, произрастающих в России, позволило выявить на Кавказе крупнолистную ромашку *P. macrophyllum* (Walds & Kit) Willd, не уступающую по содержанию пиретринов далматской ромашке, выращиваемой в России в Крыму и в степной зоне Кавказа (Петров, Иконен, 1931). Это создало сырьевую базу для производства пиретрума в стране. Специалисты ВИЗР оценили биологическую эффективность препаратов пиретрума и рекомендовали его в качестве средства борьбы с вредителями овощных культур (Исаченко, Горицкая, 1931; Нестерчук, 1936).

Достоинствами пиретрума, как и других растительных инсектицидов, являлись острая начальная токсичность для фитофагов и отсутствие фитотоксических свойств (Романович, 1932). Ограничением для использования пиретрума являлась высокая стоимость его препаратов, особенно масляных экстрактов, получаемых путем извлечения пиретринов из соцветий ромашек органическими

растворителями. К недостаткам пиретрума относилась также быстрая деградация его токсических свойств под влиянием ультрафиолетовых лучей, что требовало применения высоких норм. По экономическим соображениям был рекомендован порошок пиретрума, который получали высушиванием соцветий ромашек и тщательным их перемалыванием.

Таким образом, в результате проведенных в 30 гг. исследований ассортимент средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур на начало 40 гг. был представлен 18 препаратами (17 действующих веществ) (табл. 1). Это были пестициды I поколения, к которым предъявлялось единственное требование – высокая биологическая эффективность, способствующая сохранению урожая защищаемых культур в периоды массового размножения вредителей. Однако эффективность рекомендованных средств борьбы зачастую была неудовлетворительной, несмотря на высокие нормы применения большинства из них (до 10 и более кг/га), что вело к увеличению кратности обработок, проявлению фитотоксичности и опасности отравления животных и человека. В итоге в этот период возникло еще одно, предъявляемое к пестицидам требование – персистентность, т.е. длительность токсического действия средств борьбы для вредных членистоногих.

Таблица 1. Изменения в ассортименте химических средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур в России с 1940 по 2000 г.

Химический класс (группа) включенных в ассортимент препаратов	Число препаратов /действующих веществ (д. в.)			
	1940 г.	1960 г.	1980 г.	2000 г.
Неорганические	10/9	6/5	5/3	3/1
Растительного происхождения	3/3	2/2	–	–
Углеводороды	4/4	5/5	8/8	1/1
Хлорорганические		11/4	22/10	–
Фосфорорганические		5/5	56/31	21/10
Металлосодержащие соединения		3/3	3/2	9/2
Карбаматы			3/3	8/5
Броморганические соединения			3/2	1/1
Органические соединения серы		1/1	5/3	5/3
Нитропроизводные	1/1	1/1	5/3	1/1
Пиретроиды			9/5	43/13
Производные мочевины				4/4
Неоникотиноиды				4/3
<i>Производные пиразола:</i>				
Фенокспиразолы				1/1
Фенилпиразолы				4/1
<i>Производные токсинов актиномицетов:</i>				
Авермектины				1/1
<i>Производные пиридина:</i>				
Пиридазины				1/1
<i>Азины:</i>				
Тетразины				1/1
Хиназолины				1/1
Комбинированные препараты			8	6
<b>Всего</b>	18/17	34/26	127/70	115/50
<b>Средний класс опасности</b>	2.1	2.0	2.92	2.76
<b>Средняя LD<sub>50</sub> для крыс, мг/кг</b>	384.3	369.3	944.3	1170.6
<b>Средняя норма применения препарата, кг/га</b>	14.435	15.350	13.246	3.570
<b>Средняя норма применения д.в., кг/га</b>	7.85	12.591	4.556	0.408
<b>Токсическая нагрузка/га (число LD<sub>50</sub> в норме применения д.в.)</b>	20437	34559	4825	349

### Период 40–50 годы

Все усилия страны в послевоенный период были направлены на восстановление народного хозяйства и основной задачей, стоящей перед защитой растений, как одной из составляющих систем выращивания сельскохозяйственных культур, являлось повышение их урожая. Решение этой задачи стало возможным благодаря качественными и количественным изменениям, произошедшим в ассортименте химических средств борьбы с вредителями тех лет в результате включения в его состав эффективных препаратов II поколения – веществ принципиально другого происхождения – органического синтеза.

Появление в ассортименте средств борьбы с вредными членистоногими органических препаратов ознаменовало новый этап в развитии химического метода защиты растений, так как послевоенные 40 гг. и следующие за ними 50 гг. характеризовались значительными достижениями в области органической химии. В нашей стране, как и в мире, было синтезировано большое число пестицидов из разных классов химических соединений. Широкому использованию пестицидов органического синтеза в сельскохозяйственной практике способствовали их высокая токсичность и продолжительность токсического эффекта, безвредность для растений и сравнительно низкая стоимость по сравнению с неорганическими или растительными препаратами (Сазонов, 1959).

Первыми органическими инсектицидами, которые стали широко применяться в сельском хозяйстве во второй половине 40 гг. были хлорорганические соединения (ХОС) – ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) и ГХЦГ (гексахлорциклогексан или гексахлоран), полученные путем фотохимического хлорирования природных углеводородов. Широкий спектр действия, наличие высокой контактно-кишечной активности, а у гексахлорана еще и фумигантной, и значительная персистентность в сочетании со средней токсичностью для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 250–400 и 300–500 мг/кг, соответственно) делали их перспективными заменителями применявшихся в те годы высокотоксичных контактных (никотин-сульфат, анабазин-сульфат) и кишечных (препараты фтора, мышьяка, бария) инсектицидов. Разные формы препаратов ДДТ и ГХЦГ в виде дустов, минерально-масляных эмульсий, порошков и технических продуктов позволяли использовать их для опыливания или опрыскивания вегетирующих растений, внесения в почву или в виде аэрозолей для обработки зернохранилищ против широкого круга вредителей. В 50 гг. препараты ДДТ и ГХЦГ заняли лидирующее положение в ассортименте средств борьбы с вредителями различных полевых культур, садов, ягодников, с саранчовыми и почвообитающими членистоногими (Сазонов, 1948; Гар, Беззуб, 1955; Пайкин, Галахов, 1959; Пославский и др., 1961).

Высокоэффективными средствами борьбы с грызущими вредителями, особенно с обыкновенным свекловичным долгоносиком, превосходящими по защитному эффекту препараты ДДТ, оказались хлорорганические инсектициды полихлоркамфен, КЭ (токсафен) и полихлорпинен, КЭ (хлортен, стробан), полученные путем фотохимического или каталитического хлорирования терпенов ( $\alpha$ -камфеновой и  $\alpha$ -пиненовой фракций скипидара).

В конце 40 – начале 50 гг. были синтезированы соединения еще одной группы хлорорганических препаратов – диенового синтеза, такие как гептахлор, КЭ, СП, Д (д. в. гептахлор), тиодан, КЭ, СП, (д. в. эндосульфат), алдрин и др. (Вольфсон и др., 1958), которые характеризовались высокой эффективностью в борьбе с различными видами вредителей (Гар, 1958; Пайкин, Галахов, 1959; Сазонов, 1959; Гранин, 1961). Однако использованию большинства из этих инсектицидов в практике препятствовала их высокая токсичность для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс в пределах 10–65 мг/кг). Исключение составляли только полихлорпинен и гептахлор (значения  $LD_{50}$  для крыс обоих – 350 мг/кг).

В эти же годы НИУИФ (Научный институт по удобрениям и инсектофунгицидам) был создан высокоэффективный контактный акарицид эфирсульфонат, СП (хлорированный эфир *n*-хлорбензолсульфоновой кислоты) (Вольфсон и др., 1958а). Фактически это был первый специфический акарицид, характеризующийся низкой токсичностью для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс более 2000 мг/кг), высокой активностью в отношении личинок растительноядных клещей, продолжительностью защитного действия не менее 3 недель. В 1955 г. эфирсульфонат был рекомендован для применения в борьбе с разными видами клещей в плодовых садах (Бочарова и др., 1958; Пайкин, Галахов, 1959).

Большой объем исследований в 50 гг. был выполнен НИУИФ по созданию в качестве средств борьбы с вредителями представителей нового класса химических соединений – фосфорорганических (ФОС), являющихся эфирами различных кислот фосфора (фосфорной, тиофосфорной, дитиофосфорной и др.) (Мельников, 1953). Соединения этого химического класса являются типичными нейротоксическими ядами, механизм молекулярного действия которых заключается в ингибировании активности фермента ацетилхолинэстераза (АХЭ), что приводило к нарушению синаптической передачи нервного импульса, параличу и быстрой гибели членистоногих (Metcalf, March, 1949).

Помимо высокой начальной токсичности для членистоногих ФОС характеризовались также широким спектром действия на различные виды сосущих и грызущих вредителей, против которых хлорированные углеводороды были менее токсичны. Первыми рекомендованными к применению ФОС были контактные инсектоакарициды тиофос, КЭ (д.в. паратион) и его метиловый аналог метафос, СП, КЭ, Д (д.в. метилпаратион), которые обладали высокой начальной токсичностью для вредителей, но кратковременным защитным эффектом, что делало возможным их применение на различных сельскохозяйственных культурах незадолго до уборки урожая (Сазонов, 1959). Однако оба инсектоакарицида относились к I классу опасности для теплокровных животных ( $LD_{50}$  для крыс 6.4 и 15–20 мг/кг, соответственно).

Среди большого числа синтезированных в те годы ФОС наибольший интерес для практического использования представляли соединения, обладающие внутрирастительным (системным) действием. Передвигаясь по сосудистой системе, эти соединения способны интоксцировать обработанные растения, т.е. делать их токсичными для вредных членистоногих на продолжительный

срок (от месяца и более) (Мельников, Мандельбаум, 1958). Первым среди системных соединений, прошедших широкие исследования, был меркаптофос, КЭ (д.в. систокс), проявивший высокую биологическую эффективность в борьбе с клещами и другими сосущими вредителями на хлопчатнике, цитрусовых культурах и яблоне на протяжении 1–1.5 месяцев (Пайкин, Галахов, 1959). В 1956 г. меркаптофос, КЭ был рекомендован для производственного применения. Позднее меркаптофос был заменен на метиловый аналог метилмеркаптофос, КЭ (д.в. метилсистокс), как менее опасный для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 30 и 105 мг/кг, соответственно), на ряде культур, в частности, на хлопчатнике, на котором оба инсектоакарицида применяли в особо больших объемах с помощью авиации.

Одним из эффективных инсектоакарицидов системного действия тех лет являлся октаметил, КЭ (д.в. октаметилтетрамид пиродифосфорной кислоты). Широкие производственные испытания в разных почвенно-климатических зонах СССР выявили, что октаметил обладает длительным (более 2 месяцев) токсическим действием на многие виды клещей, тлей, медяниц, червецов при опрыскивании цитрусовых и плодовых культур, капусты, сахарной свеклы, хлопчатника, самшита (Покровский, 1958). Однако большим недостатком этого эффективного инсектоакарицида являлась высокая токсичность для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 9.1–12 мг/кг).

В результате проведенных исследований в начале 60 гг. ассортимент средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур был представлен 34 препаратами на основе 26 действующих веществ (Госхимкомиссия при МСХ СССР, 1960). Наряду с основными представителями ассортимента 40 гг., за исключением сероуглерода и хлористого бария, в него вошли хлорорганические препараты ДДТ, гексахлоран и полихлорпинен; фосфорорганические соединения тиофос, метафос, октаметил, меркаптофос и метилмеркаптофос; углеводороды дихлорэтан, Ж и метилбромид, Газ а также цианплав, (д. в. цианид кальция) в виде порошка (П) и гранул (Г) для обеззараживания помещений, хранящейся продукции, семян и растений от вредителей. Число углеводородов в ассортименте пополнилось также за счет концентрата эмульсии антраценового масла (КЭАМ), продукта переработки каменноугольного дегтя, которая оказалась более эффективной в борьбе с зимующим запасом вредителей плодовых культур, чем нефтяные масла (Покровский, 1955). В ассортимент были включены ртутьсодержащий инсектофунгицид меркуран, П для опудривания семян в борьбе с проволочниками и ложнопроволочниками, а также с семенной инфекцией зерновых культур, и фосфид цинка, П для борьбы с обыкновенной медведкой *Gryllotalpa gryllotalpa* L. и грызунами способом отравленных приманок.

Несмотря на существенное увеличение числа препаратов, сформированный ассортимент не обеспечивал решения многих проблем защиты растений в связи с тем, что 18 из 26 включенных в него токсикантов являлись СДЯВ или высокотоксичными для теплокровных соединениями. В этой связи значение класса опасности рекомендованных соединений оставалось на уровне 1940 г., при сниженном значении средней  $LD_{50}$  (табл.1). В результате включения в ассортимент ряда инсектицидов в виде дустов и порошков резко возросли показатели средних норм применения

препаратов и их действующих веществ, что привело, к увеличению токсической нагрузки/га в 1.7 раза по сравнению с 1940 г. (табл. 1). Неблагоприятные агроэкотоксикологические характеристики значительно ограничивали использование рекомендованных пестицидов в практике из-за опасности отравлений людей и различных животных не только при проведении обработок, но и в результате загрязнения водоемов и рек, продуктов питания и кормов токсическими веществами.

#### Период 60–70 годы

Ситуация коренным образом стала меняться в 60 гг., когда в стране началось планомерное изыскание среди синтезированных отечественных или зарубежных соединений эффективных средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур с улучшенными санитарно-гигиеническими характеристиками. С этой целью Постановлением Совета Министров (июль 1960 г.) при МСХ СССР была утверждена Государственная комиссия по химическим средствам борьбы с вредителями, болезнями и сорняками (Госхимкомиссия). В задачи этой структуры вменялось решение вопросов применения в сельском хозяйстве страны новых перспективных пестицидов и снятия с производства устаревших, мало эффективных препаратов; утверждение планов проведения Государственных испытаний новых химических средств борьбы мирового ассортимента и по их итогам рекомендации для применения в практике эффективных пестицидов. Для проведения Государственных испытаний пестицидов при ВАСХНИЛ была создана географическая сеть из 45 токсикологических лабораторий, основной задачей которых являлась оценка биологической и экономической эффективности новых пестицидов применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям регионов (Постановление Правительства и приказ по МСХ СССР № 37 от 16 марта 1960 г.). Согласно этому Постановлению, контроль за деятельностью токсикологических лабораторий, методическое обеспечение и проведение испытаний пестицидов были возложены на ВИЗР.

В эти же годы были созданы Комитет по изучению и регламентации пестицидов и в 1964 г. ВНИИ гигиены и токсикологии пестицидов, полимеров и пластических масс (ВНИИГИНТОКС) при Минздраве СССР. Созданием этих организаций было положено начало всесторонней токсиколо-гигиенической оценке изучаемых пестицидов и разработке на ее основе санитарно-гигиенических регламентов их применения по показателям содержания допустимых микроколичеств токсических веществ в сельскохозяйственной продукции, воздухе рабочей зоны и атмосфере, запрещению использования высокотоксичных пестицидов с высокой степенью кумуляции в животных тканях и в окружающей среде. К пестицидам стали предъявлять новое требование – безопасность для теплокровных животных и человека.

С учетом этого требования в 60–70 гг. вновь созданные структурные подразделения ВАСХНИЛ и Минздрава СССР стали проводить целенаправленные исследования по совершенствованию средств борьбы с вредителями, в результате которых удалось кардинальным образом перестроить существующий на начало 60 гг. их ассортимент. Они шли по пути отбора высокоэффективных препаратов в борьбе с вредителями и с улучшенными

санитарно-гигиеническими характеристиками для теплокровных животных и человека. Результатом этих исследований было как ограничение или запрещение использования высокотоксичных и кумулятивных пестицидов, так и жесткая регламентация их остаточных количеств в сельскохозяйственной продукции (Сазонов, Козлова, 1970). Прежде всего, были запрещены для применения вещества, относящиеся к I и II классам опасности для теплокровных (тиофос, октаметил, препараты мышьяка и фтора, хлорид бария). Особые требования стали предъявлять к такому показателю, как персистентность, которая у широко применявшихся многие годы хлорорганических соединений была обусловлена их высокой химической стабильностью в сочетании со слабой растворимостью в воде (Гар, 1970), что вело к накоплению токсических веществ в почве и сельскохозяйственной продукции, создавало условия для хронических отравлений теплокровных животных.

В этой связи из ассортимента были исключены высокотоксичные, способные накапливаться в разных средах и вызывать отдаленные последствия препараты диенового синтеза, период полураспада которых в почве колебался от 2 до 5 лет (Мельников, 1990). Из группы диеновых инсектицидов в ассортименте были оставлены гептахлор, КЭ и тиодан, КЭ, СП, но их применение было строго ограничено. Гептахлор был рекомендован только для предпосевной обработки семян сахарной свеклы и кукурузы против комплекса почвообитающих вредителей; тиодан – для обработки маточных неплодоносящих посадок ягодников против земляничного (*Tarsonemus fragariae* Zimm. = *T. pallidus* Banks) и смородинного почкового (*Cecidophyopsis ribis* Westw.) клещей, семенников крестоцветных культур, люцерны и клевера против комплекса вредителей.

В качестве заменителя этих инсектицидов в ассортимент был включен дилор, СП ( $\beta$ -дегидрогептахлор), который, в отличие от своего исходного продукта гептахлора, был малотоксичен для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс более 5000 мг/кг) и обладал слабыми кумулятивными свойствами. Регистрационные испытания выявили высокую эффективность дилора в борьбе с обыкновенным и серым (*Tanymecus palliatus* F.) свекловичными долгоносиками, колорадским жуком (*Leptinotarsa decemlineata* Say), хлопковой совкой (*Heliothis armigera* Hbn.), листовой формой виноградной филлоксеры, долгоносиками на люцерне. Дилор был рекомендован для применения на культурах, где указанные вредители имели экономическое значение.

Ограничено было также использование хлорированных терпенов и препаратов ГХЦГ с низким (12%) содержанием в техническом продукте действующего вещества – гамма-изомера (единственного активного изомера из 8, в нем присутствующих). Использование препаратов ГХЦГ было разрешено только в неплодоносящих садах, против почвообитающих и подгрызающих вредителей всходов ряда культур, саранчовых, листовой формы филлоксеры на посадочном материале виноградной лозы с установлением на обрабатываемых площадях карантинного режима для выпаса скота, сенокошения и скармливания травы, попадающей под обработки. В качестве заменителя ГХЦГ в ассортимент были введены препараты очищенного гамма-изомера с 99% его содержанием в техническом продукте. Учитывая практическое отсутствие кумулятивных свойств у гамма-изомера (коэффициент кумуляции

более 10), его препараты в виде Г, СП, ММЭ начали постепенно вытеснять препараты ГХЦГ на всех культурах, где они использовались. При этом была рекомендована для применения новая и более экологичная форма гамма-изомера – 2 и 4% гранулы.

В 1971 г. в СССР было запрещено применение препаратов ДДТ, который, несмотря на среднюю токсичность для теплокровных, обладал высокой химической стабильностью (период полураспада в почве 4 года) и способностью накапливаться в разных объектах окружающей среды, в том числе и в тканях животных, вызывая серьезные экологические и медицинские последствия. О негативных проблемах, возникающих при использовании ДДТ, в мировой литературе был накоплен огромный, как ни об одном другом инсектициде, фактический материал. Это явилось основанием для проведения в разных странах мира интенсивных исследований по поиску эффективных заменителей ДДТ в борьбе с вредителями различных культур, на которых этот инсектицид многие годы использовался.

Одним из первых заменителей ДДТ в ассортимент был включен севин, СП (д.в.1-нафтил-N-метилкарбамат), полученный в результате изучения инсектицидных свойств ряда замещенных фенил-N-метилпроизводных карбаминной кислоты (Kolbezen et al., 1954). Севин был первым инсектицидом из класса карбаматов, обладающим по данным большого числа исследователей широким спектром контактно-кишечной активности в отношении насекомых из отрядов чешуекрылых, жесткокрылых, равнокрылых хоботных и др. По гигиеническим показателям севин относился к III классу опасности для теплокровных животных ( $LD_{50}$  для крыс 540–700 мг/кг при слабо выраженных кумулятивных свойствах). Результаты испытаний севина в разных странах, включая США, выявили его высокую, не уступающую ДДТ эффективность в борьбе с вредителями хлопчатника, овощных, пасленовых, плодовых культур (Haynes et al, 1957; Madsen, Hoyt, 1958; Shorey et al., 1962).

В результате широких государственных испытаний в нашей стране севин был рекомендован для применения на хлопчатнике, кукурузе, картофеле и яблоне в борьбе с несколькими видами совок, стеблевым кукурузным мотыльком (*Ostrinia nubilalis* Hbn.), колорадским жуком, яблонной плодовой жоржкой (*Cydia pomonella* L.) и с разными видами листоверток, в том числе с резистентными к хлор- и фосфорорганическим инсектицидам популяциями этих вредителей. Однако наблюдалось быстрое развитие перекрестной резистентности к севину в резистентных к ФОС популяциях вредителей, так как механизм его действия на членистоногих также связан с ингибированием АХЭ (Casida, 1963). Помимо этого, у севина, как и у ДДТ, отсутствовала акарицидная активность и после его применения наблюдалось массовое размножение растительных клещей. В многочисленной литературе по этому поводу высказывались мнения, что эти вспышки являются как следствием нарушения хозяино-паразитарных отношений в агробиоценозах в результате уничтожения обими инсектицидами акарифагов (природных регуляторов численности клещей), так и в стимуляции ими жизнедеятельности вредителей опосредованно через растения или в результате прямого влияния токсикантов на их биотический потенциал. Указанные недостатки требовали особой

тактики включения севина в системы борьбы с вредителями для замены ДДТ.

В качестве заменителей ДДТ в ассортимент были также включены производные различных кислот фосфора (тио- и дитиофосфаты, фосфонаты), характеризующиеся контактным и трансэпидермальным токсическим действием на членистоногих. Не сохраняясь продолжительно на поверхности растений, контактные ФОС быстро проникают в растения, но, в отличие от системных препаратов, не передвигаются по их сосудистой системе, а локализируются в кутикуле или паренхиме листьев, что позволяет уничтожать фитофагов, питающихся на их нижней стороне (Сифорова, 1972; Гар, 1978). Благодаря этому контактные ФОС обладали персистентным действием на членистоногих, что позволяло эффективно использовать их в борьбе с комплексами сосущих и грызущих вредителей на различных культурах. Необходимо отметить, что у большинства рекомендованных для применения ФОС нередко контактные свойства сочетались также с кишечными или системными, например, рогор, КЭ, Г (д. в. фосфамид); антио, КЭ (д. в. формотион), амифос, КЭ (д. в. амифос) и др. Некоторые из этих соединений, например, ДДВФ КЭ, Г (д. в. дихлорфос) или актеллик, КЭ (д. в. пиримифосметил), характеризовались наличием фумигантной активности, что позволяло применять их не только для наземных обработок растений, но и в качестве фумигантов.

Как положительный момент необходимо отметить, что включение в ассортимент контактных органофосфатов значительно улучшило его санитарно-гигиенические характеристики, так как эти препараты разлагаются в разных средах до нетоксичных соединений в течение одного

вегетационного сезона, что резко снижало их опасность для теплокровных. Так из 29 действующих веществ этих инсектицидов только метилпаратион (д. в. метафоса) относился к СДЯВ, действующие вещества инсектицидов ДДВФ; фозалон, КЭ, СП (д. в. золон, бензофосфат), базудин, КЭ, СП, Г (д. в. диазинон), дурсбан, КЭ, Г (д. в. хлорпирифос), примидид, Г (д. в. пиримифосэтил), цидиал, КЭ (д. в. фентоат) и фталофос, КЭ, СП (д. в. имидан) ко II классу опасности для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс в пределах 60–170 мг/кг), остальные соединения – к III или IV классам опасности. Особо следует отметить инсектициды актеллик, КЭ; нексион, КЭ (д. в. бромфос) и гардону, СП (д. в. тетрачлорвинфос), значения  $LD_{50}$  действующих веществ которых для крыс составляли 2050–5000 мг/кг.

Для обработки посевов различных культур новым прогрессивным способом – УМО (ультрамалообъемное опрыскивание) в ассортимент тех лет были включены такие ФОС, как диазинон, карбофос (д. в. малатион), рицифон (д. в. трихлорфон), селекрон (д. в. профенфос) и фозалон в виде растворов для УМО (табл. 2). Растворы для УМО представляли собой масляные концентраты, которыми опрыскивали посевы с помощью специальных распылителей с расходом рабочего состава до 5 л/га. Это позволяло повысить производительность труда и другие технико-экономические показатели обработок. Особенно это было необходимо при обработках больших площадей зерновых культур и хлопчатника в сжатые сроки, когда вредители (вредная черепашка, зерновая совка, хлопковая совка, тли и др.) находились в наиболее уязвимых для действия инсектицидов фазах развития, что обеспечивало высокий защитный эффект.

Таблица 2. Совершенствование форм препаратов инсектицидов и акарицидов, применяемых в 1960–1990 гг.

Форма препарата	Количество препаратов по годам		
	1960 г.	1980 г.	2000 г.
Дуст (Д)	3	3	2
Порошок (П)	10	6	2
Смачивающийся порошок (СП)	3	31	10
Водорастворимый порошок (ВРП, РП)		2	2
Водорастворимый концентрат (ВРК, ВК)			1
Водная эмульсия (ВЭ)			4
Концентрат эмульсии (КЭ)	6	47	52
Минерально-масляная эмульсия (ММЭ)	3	10	
Концентрат суспензии (КС, ФЛО)			5
Микрокапсулированная суспензия (МКС)			1
Суспензионный концентрат (СК)			3
Паста (ПС)	2	1	
Текущая паста (ТПС)			4
Гранулы (Г)		9	7
Водорастворимые гранулы (ВРГ, ВГ)			1
Водно-диспергируемые гранулы (ВДГ)			3
Жидкость (Ж)	4		
Водный раствор (ВР)			1
Раствор для УМО		6	2
Коллоидный раствор (КОЛР)			1
Брикеты, твердые брикеты, (Б, ТБ)			1
Таблетки (ТАБ)		1	8
Шашки, пластины, карандаши, сетка (Ш, ПЛ, К, С)		3	4
Технический продукт (ТП)	2	7	
Газ	1	1	1
<b>Всего</b>	<b>34</b>	<b>127</b>	<b>115</b>

Большим достижением в развитии ассортимента в 70 гг. явилось его пополнение инсектицидами нового химического класса – пиретроидов, появившихся в те годы на мировом рынке пестицидов. Синтетические пиретроиды, являясь производными хризантемовой кислоты, по химической структуре сходны со структурой природных пиретринов. Низкая фотостабильность пиретринов при наличии высокой инсектицидной активности послужила основанием для исследований связи их химической структуры с биологической активностью, результатом которых явилась замена ненасыщенных группировок их молекул на более стабильные насыщенные. Модификация как кислотной, так и спиртовой части эфиров хризантемовой кислоты позволила специалистам Ротамстедской станции (Англия) синтезировать стойкие к солнечной радиации и окислению соединения (Ellioth, 1976; Ellioth et al., 1978). Многие из этих соединений получили признание в мире в качестве высоко эффективных средств борьбы с вредными членистоногими.

Синтетические пиретроиды благодаря фотостабильности, характеризуются относительно длительным токсическим действием (3–4 недели) в полевых условиях при сохранении высоких инсектицидных свойств своих растительных прототипов. Большим достоинством синтетических пиретроидов перед инсектицидами других химических классов были высокая эффективность в низких нормах применения (0.2–0.7 л/га) и деградация в течение 1.5–2 месяцев в разных средах до нетоксичных метаболитов (Короткова, Промоненков, 1977). Одними из первых в ассортименте появились препараты биоресметрина (биоресметрин, КЭ; изатрин КЭ), практически безвредного для теплокровных вещества ( $LD_{50}$  для крыс более 7000 мг/кг). Эти препараты были высокотоксичны для вредных членистоногих (тлей, трипсов, белокрылок, гусениц, жуков), но обладали кратковременным действием в полевых условиях в результате быстрой деградации под воздействием ультрафиолетовых лучей. По этой причине использование препаратов биоресметрина было ограничено ягодниками и культурами защищенного грунта, продукция которых используется непосредственно в пищу.

Позднее в ассортимент были включены препараты пиретроидов, созданные на основе 4 действующих веществ – перметрина (амбуш КЭ, корсар, КЭ), цимбуша (циперметрин, КЭ; рипкорд, КЭ), фенвалерата (сумицидин, КЭ) и дельтаметрина (децис, КЭ), которые, в отличие от биоресметрина, характеризовались фотостабильностью, средней и малой опасностью для теплокровных (III–IV класс гигиенической классификации) и эффективностью против широкого круга вредителей полевых, овощных и плодовых культур. Высокий защитный эффект этих пиретроидов был обусловлен наличием у них ярко выраженных контактно-кишечных, репеллентных и антифидантных свойств, что приводило к резкому снижению численности вредителей как в обрабатываемом, так и последующем за ним поколении. Кроме того, пиретроиды вызывают у членистоногих быстродействующий нокдаун-эффект (валящий с ног), связанный со спецификой действия на их нервную систему.

Пиретроиды относятся к сильным нейротоксическим ядам. Механизм действия пиретроидов, как ДДТ и его аналогов, связан с блокированием ионного транспорта в

мембранах нервных клеток членистоногих в результате связывания с рецепторами их  $Na^+$  каналов. Не случайно, наблюдалось быстрое развитие резистентности в популяциях вредителей, которые ранее подвергались интенсивным обработкам ДДТ (колорадский жук, разные виды совок, листовертки и др.).

Действующие вещества трех включенных в ассортимент пиретроидов (циперметрин, перметрин, фенвалерат) представляли собой смеси оптических изомеров с разной степенью активности для членистоногих, например, у перметрина их число составляло 4, у циперметрина достигало 8. Только дельтаметрин состоял из одного изомера, что обеспечивало постоянство его состава и, соответственно, эффективности в борьбе с насекомыми. Дельтаметрин превосходил их по токсичности для вредителей и эффективности в борьбе с ними в более низких нормах применения (5–25 г д.в./га), но он был высоко токсичен для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 135 мг/кг). Однако это не было ограничением для широкого использования созданного на его основе препарата децис, КЭ, который применялся на 27 культурах против 50 видов вредных членистоногих.

Пиретроиды быстро завоевали популярность в качестве средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур, что способствовало быстрому росту их производства. Если в 1976 г. доля пиретроидов составляла 1% от всего мирового производства инсектицидов, то в 1981 г. – 14%. Причем из произведенных в мире 2.5 тыс. т их действующих веществ на долю фенвалерата приходилось 1050, перметрина – 860, циперметрина – 380, дельтаметрина – 100 тыс. т (Грапов, Мельников, 1984).

Появление синтетических пиретроидов на арене защиты растений ознаменовало новый этап в развитии химического метода, так как их внедрение в сельскохозяйственную практику позволило перейти на применение препаратов в низких нормах (0.2–0.7 л/га) в сравнение с применявшимися ранее инсектицидами, что способствовало значительному снижению пестицидной нагрузки на обрабатываемые агробиоценозы. Более того, использование пиретроидов значительно расширило возможности борьбы с вредителями хлопчатника, картофеля, сахарной свеклы, плодовых и овощных и др. культур, в популяциях которых в те годы активно формировалась резистентность к хлор- и фосфорорганическим инсектицидам (Смирнова, 1980). Однако к недостаткам включенных в ассортимент пиретроидов относилась их высокая токсичность для энтомофагов и отсутствие акарицидных свойств, в связи с чем на фонах с их применением, как с ДДТ и севином, наблюдались вспышки размножения растительноядных клещей.

На формирование ассортимента 60–70 гг. существенное влияние оказала концепция интегрированной борьбы (ИБ) – Integrated Control, сформулированная в 50 гг. американскими исследователями (Stern et al., 1959) и получившая признание в 70 гг. во всем мире в виде программ Интегрированного Управления Вредителями (Integrated Pest Management – IPM). Одним из положений этой концепции, базирующейся на фундаментальных биоценологических исследованиях, являлось максимальное сохранение полезных компонентов агробиоценозов (опылителей, хищных и паразитических членистоногих, почвенной микрофлоры) за счет резкого сокращения кратности применения

пестицидов в результате проведения обработок по экономическим порогам вредоносности (ЭПВ) и использования селективных (избирательно действующих только на объекты борьбы) средств. В этой связи появилось требование, предъявляемое к пестицидам в 70 гг. – безопасность для полезных членистоногих агробиоценозов, что диктовало необходимость поиска селективных токсикантов.

Поскольку большинство включенных в ассортимент пиретроидов являлись контактными инсектицидами и применялись для опрыскивания растений в виде концентратов суспензий или эмульсий в низких, по сравнению с опыливанием, нормах применения с помощью наземной аппаратуры, появилась возможность снизить объемы их авиационного использования на многих культурах. Это способствовало снижению загрязнения агробиоценозов и окружающей среды токсическими веществами и сохранению энтомофагов, опылителей и медоносных пчел, несмотря на их высокую токсичность для этих членистоногих.

Сохранению полезных насекомых на полях способствовало также появление в ассортименте тех лет гранулированных препаратов, в частности, ряда широко применявшихся ФОС (базудин, волатон, дурсбан, примидид, хлорофос, фосфамид) (табл. 2), благодаря значительному снижению их контактов с инсектицидами при внесении гранул в сравнение с опрыскиванием растений. Внесение гранулированных инсектицидов на поверхность или в почву позволяло решать проблемы борьбы с почвообитающими вредителями (подгрызающие совки, проволочники, ложнопроволочники) и с сосущими вредителями всходов (тли, клещи, внутрисклеблевые мухи), а обработка кукурузы гранулами хлорофоса, попадающими за пазухи листьев, обеспечивала защиту этой культуры от такого опасного вредителя, как стеблевой кукурузный мотылек.

Учитывая новое требование безопасности пестицидов для энтомофагов, ассортимент 70 гг. пополнился селективными афицидами из класса карбаматов – диметилкарбаматом контактного действия пиримором, СП (д. в. пиримикарб), высокотоксичным для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 147 мг/кг), и фенилкарбаматом контактно-системного действия кронетоном, КЭ, Г (д. в. этиофенкарб), среднетоксичным для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 411–499 мг/кг). Оба инсектицида были рекомендованы в борьбе с различными видами тлей на картофеле, овощных, плодовых, цитрусовых и др. культурах, в том числе и с переносчиками вирусных заболеваний путем опрыскивания растений, а кронетон еще и путем внесения в почву в виде гранул. В ассортименте инсектицидов тех лет присутствовал также специфический афицид из класса дитиофосфатов – сайфос, СП, П (д. в. меназон), малопасный для теплокровных инсектицид контактно-системного действия ( $LD_{50}$  для крыс 1950 мг/кг), рекомендованный в борьбе с тлями – переносчиками вирусной инфекции, чаще всего, способом предпосевной обработки семян.

В 60–70 гг. на многих культурах большое значение приобрела резистентность вредных членистоногих к ФОС, как следствие их интенсивного, многолетнего применения. Наиболее остро эта проблема обострялась с растительноядными клещами на хлопчатнике, в плодовых садах и на культурах защищенного грунта (Смирнова, 1972). В борьбе с резистентными к ФОС популяциями клещей был испытан и рекомендован к применению ряд специфических

акарицидов из разных классов химических соединений. К их числу относились хлорорганические препараты кельтан, КЭ, СП (д. в. хлорэтанол) и дикофол, КЭ, СП (д. в. дикофол), эфир дибромбензиловой кислоты неорон, КЭ (д. в. бромпропилат), токсичные для подвижных фаз развития клещей; а также оловоорганическое производное пликтран, СП (д. в. цигексатин), обладающее ларвицидным и овицидным действием на клещей. Акарицидными свойствами в отношении всех фаз развития клещей обладали включенные в ассортимент динитрофенолсодержащие препараты динобутон (акрекс СП, изофен, СП) и смесевые препараты мильбекс, СП – смесь димита (д. в. хлорфенилметилкарбинол) и азосульфида (1:2); акартан, КЭ – смесь кельтана и фунгицида каратана, СП (д. в. динокапа) (2:1); митран, СП – смесь димита и эфирсульфоната (1:2), также ИСО – смесь полисульфидов кальция.

Указанные акарициды были малотоксичны для теплокровных и энтомофагов, и высокоэффективны в борьбе с резистентными к ФОС популяциями клещей. На их основании ВИЗР были разработаны системы чередования препаратов разного механизма действия на различных культурах для преодоления сформировавшейся резистентности к ФОС в популяциях клещей или торможения ее развития к любому интенсивно применяемому акарициду (Смирнова и др., 1972).

Помимо перечисленных выше инсектицидов и акарицидов ассортимент тех лет существенно пополнился новыми средствами борьбы с зимующим запасом вредителей и возбудителей заболеваний плодовых деревьев и ягодников. Одним из них был нитрафен, ПС, относящийся, как и ДНОК, к производным нитрофенола и рекомендованный для ранневесенних и осенних обработок против комплекса зимующих фаз развития вредителей и возбудителей заболеваний (парша яблони, пятнистости). Нитрафен несколько уступал ДНОК по эффективности, но был перспективен для применения в виду меньшей опасности для теплокровных животных ( $LD_{50}$  для крыс 895 мг/кг).

Были также рекомендованы такие малоопасные для теплокровных смесевые препараты, как нитроэмульсия (7.5% нитрафена в дизельном топливе,  $LD_{50}$  для крыс 1350 мг/кг), высоко эффективная в борьбе со щитовками и ложнощитовками на различных плодовых деревьях; трихлороль-5, КЭ ( $LD_{50}$  для крыс 2000 мг/кг), содержащий в своем составе 5% инсектицида трихлорметафос-3 и 92% нефтяного не фитоцидного масла, что позволяло эффективно бороться с яйцами и отрождающимися из них личинками клещей, медяниц, листоверток, молей в период от распускания почек до выдвигания соцветий плодовых деревьев, не вызывая их ожогов; олеокуприт, Э (75% нефтяного масла +15% медной соли нафтеновых кислот,  $LD_{50}$  для крыс более 1000 мг/кг) – опрыскивание до начала распускания почек против зимующих фаз развития вредителей и возбудителей заболеваний плодовых деревьев (парша яблони, мучнистая роса).

Помимо этого, в ассортимент были включены препараты № 30, 30а, 30м, 30с и 30сс, представляющие собой 76% концентраты эмульсий минеральных масел для опрыскивания плодовых и цитрусовых культур, виноградной лозы и ягодников не только весной до распускания почек в борьбе с зимующим запасом тлей, клещей, медяниц, кокцид, листоверток, но и со щитовками в летний период,

благодаря содержанию в них трансформаторного и других летних масел, не вызывающих ожогов листьев (№ 30, 30а, 30м).

Фумиганты в составе ассортимента 70 гг. были представлены метилбромидом, ТП, метиллихлоридом, ТП (д. в. хлористый металл), фостоксидом, Г, ТАБ (д. в. фосфид AL), сероуглеродом, Э, препаратами 242, ТП (д. в. хлорпикрин) и дихлорэтаном, ТП, относящихся к СДЯВ, в связи с чем они рекомендовались, в основном, для дезинсекции складских помещений или хранящегося зерна для защиты от амбарных вредителей. Состав этих фумигантов был пополнен также отечественным препаратом гексахлорбутадием, ТП (д. в. перхлордивинил) в качестве средства борьбы с корневой формой филлоксеры на виноградной лозе. Гексахлорбутадием был перспективен для применения, так как отличался от дихлорэтана и сероуглерода, рекомендованных для борьбы, наряду с вредителями запасов, и против этого объекта, меньшей опасностью для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 165 мг/кг, коэффициент кумуляции 2.5) и более низкими нормами внесения.

Таким образом, в результате двадцатилетнего изучения мирового ассортимента инсектицидов и акарицидов сетью токсикологических лабораторий ВИЗР и лабораторий ВНИИГИНТОКС на начало 80 гг. был сформирован эффективный ассортимент средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур, представленный 127 препаратами на основе 70 действующих веществ (Список..., 1982–1985). В составе этого ассортимента преобладали ФОС (56 препаратов, 31 д.в.), далее шли хлорорганические соединения (22 препарата, 10 д.в.), пиретроиды (9 препаратов, 5 д.в.) и 8 комбинированных препаратов; остальные 34 препарата составляли неорганические соединения, углеводороды, карбаматы, органические соединения серы и др. (табл. 1).

Значительная часть препаратов ассортимента начала 80 гг. относилась к средне- и малоопасным для теплокровных соединениям со слабо выраженными кумулятивными свойствами (деградация до нетоксичных продуктов в течение вегетационного сезона). В этой связи его гигиенические и агроэкотоксикологические показатели существенно улучшились относительно начала 60 гг. Прежде всего, с 2.0 до 2.92 изменился класс его опасности и с 316.3 до 944.3 мг/кг возросло значение средней величины  $LD_{50}$  для теплокровных (табл. 1). Резко снизились средние значения норм применения препаратов и их действующих веществ на гектар обрабатываемой площади и, соответственно, более, чем в 8 раз уменьшилась токсическая нагрузка на гектар (табл. 1).

С помощью сформированного ассортимента средств борьбы начала 80 гг. решался ряд фитосанитарных проблем на зерновых, хлопчатнике, плодовых, цитрусовых и др. культурах, однако он нуждался в дальнейшем совершенствовании, несмотря на улучшенные гигиенические и агроэкологические показатели входивших в его состав инсектицидов и акарицидов. Прежде всего, это касалось содержания в ассортименте ряда морально устаревших и высокотоксичных препаратов широкого спектра действия, применявшихся в высоких нормах и вызывающих негативные последствия медицинского и экологического характера. Доминирование в ассортименте ФОС приводило к их интенсивному использованию и способствовало развитию

резистентности в популяциях грызущих вредителей, против которых отсутствовали специфические инсектициды и только 21% составляли специфические акарициды и афициды. Практически, не было препаратов для обработки семян, обладающих системной активностью, которые позволяли бы решать вопросы борьбы с почвообитающими вредителями и сосущими вредителями всходов.

#### **Период 80–90 годы**

Дальнейшее совершенствование ассортимента средств борьбы с вредителями в тот период было направлено на решение обозначенных выше проблем. При этом, особое внимание уделялось поиску селективных действующих веществ из новых классов химических соединений с низкими нормами применения в более прогрессивных и безопасных для теплокровных и окружающей среды формах.

Прежде всего, для применения были запрещены фосфорорганические препараты, относящиеся к I–II классу гигиенической опасности для теплокровных (ДДВФ, КЭ; дурсбан, КЭ; метафос, КЭ, СП; метилмеркаптофос, КЭ; примицид, Г) или с выявленными отдаленными последствиями (сайфос, СП, П; хлорофос, СП, ТП; трихлорметафос-3, КЭ; фталафос, КЭ, СП; этафос, КЭ). В результате этих преобразований число представителей класса ФОС снизилось, по сравнению с началом 80 гг., на 40%. В то же время в ассортименте появились более безопасные формы диметоата, очищенного от вредных примесей (Би-58 Новый, КЭ; данадим, КЭ). Из-за отдаленных негативных последствий (канцерогенность, гонадотропность, эмбриотоксичность и др.) из ассортимента были удалены хлорорганические препараты гексахлорбутадием, ТП; гептахлор, КЭ; дилор, СП; кельтан, КЭ, СП и тиодан, СП; карбамат севин, СП; КЭАМ, а также специфические акарициды – препараты динобутана (акрекс, СП; динобутон, СП) и соединение олова пликтран, СП.

В качестве заменителей средств борьбы с клещами в ассортимент были включены акарициды нового поколения, в частности, производное органической серы ниссоран, СП, СК (д. в. гексатиазокс) и препарат тетралина аполло, КС (д. в. клофентизин). Оба токсиканта, не оказывая прямого токсического действия на паутиных клещей, являлись высокоэффективными средствами борьбы с ними, так как нарушали их метаморфоз, стерилизуя самок и снижая жизнеспособность отложенных яиц (Попов, 2004). В ассортимент был также включен акарицид из классов азинов хиназолин демитан, СК (д. в. феназахин), действующий на все фазы развития клещей. Перечисленные акарициды были средне или малоопасны для теплокровных и энтомофагов, эффективны в борьбе с клещами в низких нормах (0.1–0.6 л, кг/га) и представляли интерес для использования в программах интегрированной борьбы.

Из ассортимента были также исключены смесевые препараты, содержащие запрещенные для применения компоненты (акартан, КЭ; митран, СП; фосфаман, Г; олеокуприт, Э; трихлороль-5, КЭ). Вместе с тем для борьбы с наземными и почвообитающими вредителями многих сельскохозяйственных культур в нем появились комбинированные препараты ФОС с дельтаметрином (децис-квик, КЭ; бифетрин, КЭ) и циперметрином (нурелл-Д, КЭ; ципи Плюс, КЭ), а также карбаматы фурадан, ТПС, Г и адифур, ТПС (д. в. карбофуран), обладающие системной активностью. Благодаря высокой эффективности препараты

карбофурана позволяли защищать всходы сахарной свеклы от комплекса вредителей, пшеницы от хлебной жужелицы, кукурузы от проволочников, хлопчатника от подгрызающих совок, рапса, капусты и горчицы от крестоцветных блошек. Высокая токсичность карбофурана для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 100 мг/кг) накладывала определенные ограничения на его использование, так как требовала для проведения обработок семян специальных герметических установок в заводских условиях. Проблема была решена после появления в ассортименте карбамата промет 400 в виде микрокапсулированной суспензии (МКС). Действующее вещество промета фуратиокарб относится к I классу опасности для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 43 мг/кг), однако заключение в полимерные оболочки делало его малоопасным для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 3000 мг/кг) (Маркел, 1991). Это позволяло обрабатывать семена различных культур препаратами фуратиокарба промет, МКС и рапкол ТЗ, П (комбинация фуратиокарба с фунгицидами тиabendазол и металаксил) на обычных машинах для протравливания.

Одним из направлений совершенствования ассортимента 80–90 гг. явилось значительное увеличение в нем числа пиретроидов за счет пополнения препаратами III поколения, полученных либо выделением из рацемических смесей существующих пиретроидов наиболее активных оптических изомеров, либо направленным синтезом их изомеров определенной конфигурации. Эти изомеры были в 1.5–2 раза более токсичны для насекомых, чем исходные вещества, что позволило разработать на их основе эффективные препараты по типу дециса со сниженным в 2–5 раз содержанием активного начала. Так были получены пиретроиды карате, КЭ (д. в. лямбда-изомер цигалотрина), маврик, ВЭ (д. в. тау-изомер флювалината), данитол, КЭ, ФЛО (д. в. альфа-изомер фенпропатрина); препараты фастак, КЭ; кинмикс, КЭ и фьюри ВЭ (д. в. альфа-, бета- и зета-изомеры циперметрина, соответственно); талстар, КЭ (д. в. бифентрин), бульдок, КЭ (д. в. бета-изомер цифлутрина), суми-альфа, КЭ (д. в. эсфенвалерат – альфа-изомер фенвалерата). Инсектициды данитол, карате, маврик, талстар обладали акарицидной активностью, что способствовало снижению кратности применения инсектоакарицидов. В тоже время, произошедшие изменения в ассортименте пиретроидов привели к интенсивности их использования для защиты многих культур от вредителей и развитию к ним резистентности в популяциях вредной черепашки, хлопковой совки, колорадского жука и ряда других вредителей (Сухорученко, 1997).

Обновление ассортимента инсектицидов и акарицидов происходило также путем целенаправленного поиска токсикантов, действующих на новые мишени в организме членистоногих. Так в 90 гг. в ассортименте появился высокоэффективный, контактно-кишечный инсектицид с наличием системной активности из нового химического класса фенилпиразолов – фипронил, относящийся ко II классу опасности для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 100 мг/кг). Однако, низкие нормы применения фипронила (3–25 г д.в. /га) снижали его опасность для теплокровных и позволяли использовать его препараты адонис, КЭ и регент, ВДГ способом опрыскивания в борьбе с саранчовыми, вредной черепашкой, хлебной жужелицей (*Zabrus tenebrioides* Goeze), пьявицей (*Oulema melanopus* L.),

колорадским жуком, или препарат космос, КС для предпосевной обработки семян кукурузы, подсолнечника и сахарной свеклы против проволочников. Фипронил относится к нейротоксическим соединениям, но в отличие от традиционных инсектицидов блокирует ГАВА (ГАМК – гамма-аминомасляная кислота) рецепторы хлоридных каналов мембран нервных клеток членистоногих, что нарушает передачу нервного импульса и приводит к их гибели. Это позволяет использовать препараты фипронила в борьбе с резистентными к ФОС, карбаматам и пиретроидам популяциями вредителей.

Еще одним, включенным в ассортимент соединений, действующим на ГАВА-рецепторы хлоридных каналов нервной системы насекомых, был специфический акарицид абамектин. Этот акарицид является синтетическим аналогом продукта жизнедеятельности почвенного актиномицета *Streptomyces avermitilis*, давшего название новому классу соединений – авермектинам. В отличие от фипронила, абамектин действует как агонист нейромедиатора ГАВА на другой сайт ГАВА-рецепторов хлоридных каналов, что исключает возникновение перекрестной резистентности между этими токсикантами. Абамектин относится к I классу опасности для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 11.8 мг/кг), но незначительное (18 г/л) содержание активного начала в созданном на его основе препарате вертимек, КЭ значительно снижало опасность токсиканта для теплокровных. Это позволило рекомендовать вертимек для борьбы с обыкновенным паутиным клещом (*Tetranychus urticae* Koch.) в защищенном грунте на горшечных цветочных культурах и розе.

Наряду с абамектином, в ассортименте этих лет появились высокотоксичные для насекомых, оригинальные действующие вещества тиоциклам и бенсултап – производные нерестиоксина, выделенного из морского кольчатого червя *Lumbrineris heteropoda* Day. Природный нерестиоксин относится к I классу опасности для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 1.8 мг/кг), но в результате модификации его молекулы соединения тиоциклам и бенсултап, относящиеся к дибензотиосульфатам, оказались в сотни раз менее токсичны для теплокровных, чем природный нерестиоксин (Грапов, Мельников, 1984). На основе этих токсикантов были разработаны эффективные инсектициды эвисект, Г и банкол, СП. Наиболее широкое применение в практике получил банкол, как малоопасный для теплокровных инсектицид ( $LD_{50}$  крыс 1105–1120 мг/кг), обладающий длительным действием на колорадского жука, хлебную жужелицу, рапсового цветоеда (*Meligethes aeneus* Fabr.), корневого люцернового долгоносика (*Otiorynchus ligustici* L.). Персистентность этого инсектицида объясняется его превращениями в насекомых в нерестиоксин и его сульфоксид, оказывающих сильное токсическое действие на их организм.

В 90 гг. в мире были достигнуты значительные успехи в области изучения биохимических и физиологических механизмов регуляции таких, свойственных только членистоногим, процессов их жизнедеятельности, как диапауза, метаморфоз, линька. Это позволило подойти к созданию эффективных, отвечающих требованиям высокой селективности и экологической безопасности средств борьбы с вредными членистоногими, имитирующих активность природных соединений, влияющих на эти процессы

(Джекобсон, 1976; Буров, Тютерева, 1998). Путем встречного синтеза идентифицированных природных соединений были созданы такие регуляторы роста и развития членистоногих (РРР), как аналоги природных гормонов, в частности ювенильного, так и ингибиторы синтеза хитина, вызывающие нарушение процесса его образования.

По химическому составу эти соединения относились к карбаматам, хлорированным или фторированным производным мочевины, или к соединениям смешанных химических классов, но, в отличие от традиционных нейротоксических пестицидов, для них характерно нарушение процесса онтогенеза членистоногих при отсутствии прямого токсического действия на их организм в рекомендуемых дозах и высокая видоспецифичность действия (Буров, Сазонов, 1987). Вследствие этих особенностей, наблюдается целый ряд ответных реакций организма членистоногих на воздействие РРР, что приводит к нарушению их развития и жизнедеятельности на протяжении нескольких этапов онтогенеза и разнообразию вызываемых ими эффектов (гибель во время линьки или при переходе из одной фазы в другую; появление нежизнеспособных уродливых особей, стерильных имаго и яиц и т.п.).

Включение в ассортимент средств борьбы с вредителями 90 гг. ювеноидов: карбамата инсегар ВДГ (д. в. феноксикарб) и феноксифениловый эфир адмирал, КЭ (д. в. пирпроксифен); ингибиторов синтеза хитина: производных мочевины димилин, СП (д.в. дифлубензурон); сонет, КЭ (д.в. гексафлумурон) и матч, КЭ (д. в. люфенурон), а также специфических акарицидов ниссоран, аполло и феноксипиразола оргус, СК (д. в. фенпироксимат) пополнило его еще одной группой токсикантов, эффективных против вредителей в низких нормах применения (0.1–0.6 л, кг/га). Отличающийся от нейротоксических соединений механизм действия этих соединений обуславливал их избирательность в отношении колорадского жука, листоверток, белокрылок, саранчовых, паутиных клещей при практической безопасности для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс – 2000–5000 и более мг/кг) и энтомофагов. Это сделало РРР перспективными средствами для использования в программах интегрированного управления вредными видами. Необходимо отметить, что с включением в ассортимент РРР в нем впервые появились селективные в отношении грызущих насекомых препараты, что позволяло

эффективно использовать их в борьбе с резистентными к ФОС и пиретроидам популяциями вредителей (Сухорученко и др., 2000).

Конец 90 гг. ознаменовался появлением на мировом рынке инсектицидов нового класса химических соединений – неоникотиноидов. Как и пиретроиды, эти инсектициды были получены в результате расшифровки строения природных токсинов растительного (никотин) и животного (эпабатин – токсин ядовитой пустынной жабы) происхождения и обнаружения инсектицидных свойств у фрагментов этих токсинов, содержащих 6-хлорникотиновую группу. Аналоговый синтез соединений на основании этих фрагментов выявил нестабильность первых неоникотиноидов, но модификации входящего в их молекулу нитрометиленового гетероцикла повысило их стабильность и позволило химическим фирмам создать ряд блестящих инсектицидов.

Как и большинство современных инсектицидов, неоникотиноиды являются нейротоксическими соединениями, но отличаются от них мишенью действия на нервной системе насекомых. Подобно никотину, неоникотиноиды взаимодействуют с никотиновыми рецепторами постсинаптических мембран нервных клеток насекомых, в связи с чем эффективны против резистентных к большинству инсектицидов популяций членистоногих (Yamamoto, 1996; Buckingham, 1997). Неоникотиноиды – контактно-кишечные инсектициды, широкого спектра действия, обладающие системной активностью (Matsuda, Takahashi, 1996), что позволяет использовать их для обработок как растений, так и посадочного материала. Они характеризуются средней или низкой токсичностью для теплокровных ( $LD_{50}$  для крыс 480–1563 мг/кг), опылителей, энтомофагов и рыб, но высоко токсичны в отношении вредителей.

В результате широких регистрационных испытаний в разных почвенно-климатических зонах страны инсектициды моспилан, РП (д. в. ацетамиприд); актара ВДГ (д. в. тиаметоксам) и конфидор, ВРК (д. в. имидаклоприд), выявили высокую биологическую эффективность в нормах 0.15–0.5 кг/га против резистентных к пиретроидам и ФОС популяций колорадского жука, вредной черепашки и др. вредителей. Это позволило включить изученные неоникотиноиды в ассортимент пестицидов и быстро внедрить их в практику.

### Заключение

Сформированный на начало 21 века ассортимент средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур в России был представлен 115 препаратами на основе 50 действующих веществ (Государственный каталог пестицидов..., 2000). В сравнение с началом 80 гг. в этом ассортименте произошли существенные количественные и качественные изменения. Доминирующее положение в нем заняли пиретроиды (43 препаратов, 13 д. в.), оттеснив на второе место ФОС (21 препарат, 10 д. в.) и карбаматы (8 препаратов, 5 д. в.) (табл. 1). Это следует рассматривать как положительный момент, учитывая средние показатели опасности пиретроидов для теплокровных и низкие нормы их применения. Далее следуют органические производные серы, мочевины и неоникотиноиды. Перечисленные препараты составляют в сумме 72.6% от общего числа зарегистрированных средств борьбы, остальные 27.4%

– отдельные представители новых классов химических соединений – азинов, тетразинов, авермектинов, феноксифениловых эфиров и других препаратов, в том числе 6 комбинированных (табл. 1).

Расчеты показали, что средний класс опасности входящих в ассортимент 2000 г. соединений близок к таковому 80 г. (табл. 1). Но значительное его пополнение избирательно действующими соединениями способствовало снижению токсичности включенных в него соединений для теплокровных, так как среднее значение величины их  $LD_{50}$  для крыс увеличилось с 944.3 до 1170.6 мг/кг. Произошло также резкое снижение норм применения препаратов и их действующих веществ на гектар защищаемой площади и, соответственно, величины токсической нагрузки в 13.6 раза, по сравнению с началом 80 гг. Благодаря положительным агроэкотоксикологическим и гигиеническим

показателям, многие инсектициды и акарициды ассортимента начала 2000 гг. активно использовали в последующие годы в борьбе с комплексами доминантных вредителей на таких пестицидоёмких культурах, как зерновые, плодовые, картофель, сахарная свекла.

Считаем своим долгом назвать имена энтомотоксикологов ВИЗР, отдавших много сил созданию и развитию химического метода защиты растений в России в 20 веке, в том числе формированию ассортимента химических

средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур: Угрюмова Г.Д., Додонова Б.А. Немирицкого Б.Г., Крайтера А.Д., Сазонова П.В., Галахова П.Н, Чigareва Г.А., Пайкина Д.М., Козловой Е.Н., Ивановой Н.А., Шабановой М.П., Смирновой А.А., Новожилова К.В., Старостина С.П., Савченко К.Н., Чихачевой Ю.Н., Тарасовой Л.А., Кириловой М.Н., Толстой Ю.С., Курдюкова В.В. и многих других, памяти которых авторы посвятили эту статью.

### Библиографический список (References)

- Богдарина АА (1935) Изучение ожога на плодовых культурах при опрыскивании эмульсиями минеральных масел. *Труды по защите растений* 3(4):7–18
- Бочарова ЛП, Попов ПВ, Украинец НС (1958) Эфиры сульфокислот как акарициды. Органические инсектофунгициды и гербициды. М.: Госхимиздат. 257–261
- Болотов А (1786) О земляных блохах. *Экономический магазин* 28. 139, 155, 167
- Буров ВН, Сазонов АП (1987) Биологически активные вещества в защите растений. М.: ВО Агропромиздат. 198 с.
- Буров ВН, Тютюрев СЛ (1998) Пестициды XXI: от биоцидов к регуляторам. Материалы совещания. Поиск и использование. Тезисы докладов. СПб. 3–5
- Ван дер Маркел Х (1991) Инсектициды для обработки семян. Симпозиум фирмы Циба-Гейги АГ «Обработка семян как часть комплексной защиты растений». Крымская область. 17–21
- Вольфсон ЛГ, Володкович СД, Мельников НН, Молчанов АН, Сапожков СН (1958) Хлорсодержащие инсектициды хлориндан и гептахлор. Органические инсектофунгициды и гербициды. М.: Госхимиздат. 187–201
- Вольфсон ЛГ, Володкович СД, Мельников НН, Рублева ИМ (1958а) Синтез хлорфениловых эфиров сульфокислот. Органические инсектофунгициды и гербициды. М.: Госхимиздат. 248–252
- Волков АН, ред (1933) Новый препарат — анабазин — лучшее средство в борьбе с сосущими и некоторыми грызущими вредными насекомыми. Л.: Институт защиты растений ВАСХНИЛ. 11 с.
- Вышелесская НС, Зархин ММ (1931) Мыла нафтеновых кислот и нефтяные эмульсии в борьбе со щитовками на чае. *Труды по защите растений*. Л.: ВАСХНИЛ. 3(1):215–231
- Гар КА, Беззуб КЕ (1955) Испытание гексахлорана как средства против личинок шелкоунов (проволочных червей). Органические инсектофунгициды. М.: Госхимиздат. 54–167
- Гар КА (1958) О производственных испытаниях 65%-ного концентрата хлортена. Органические инсектофунгициды и гербициды. М.: Госхимиздат. 208–230
- Гар КА (1963) Методы испытания токсичности и эффективности инсектицидов. М.: Изд. сельскохозяйственной литературы и плакатов. 288 с.
- Гар КА (1970) Химические средства для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур. М.: Россельхозиздат. 208 с.
- Гар КА (1978) Химические средства защиты сельскохозяйственных культур. М.: Россельхозиздат. 143 с.
- Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (2000) Инсектициды, акарициды, нематоды и родентициды. М.: Госхимкомиссия РФ. 1–68
- Госхимкомиссия при МСХ СССР (1960) Химические средства борьбы с вредителями, болезнями и сорняками, рекомендуемые на 1961 г. 1. Инсектициды и акарициды. *Бюллетень МСХ СССР* 1:23–37
- Гранин ЕФ (1961) Эффективность эмульсий гептахлора и полихлорпинена против свекловичных долгоносиков. Химические средства защиты растений. М.: Госхимиздат. 56–45
- Грапов АФ, Мельников НН (1984) Современные инсектициды и акарициды. *Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева* 29(1):40–53
- Джекобсон М (1976) Половые феромоны насекомых. М.: Мир. 391с.
- Долженко ВИ, Буркова ЛА, Иванова ГП, Белых ЕБ (2008) Новые технологии применения современных инсектицидов для защиты овощных культур. Сборник: Прогрессивные технологии применения химических средств защиты растений с целью предупреждения и ликвидации вредных организмов. СПб. 8–17
- Иванова НА (1937) Итоги научно-исследовательских работ ВИЗР за 1936 г. ч. II. Л.:421
- Иванова НА (1939) Материалы IV пленума защиты сельскохозяйственных растений ВАСХНИЛ. М. 59
- Иванова НА (1961) Методические указания по проведению производственных и полевых испытаний новых инсектицидов и акарицидов в плодовом саду. Л.: ВАСХНИЛ ВИЗР. 46 с.
- Исаченко ВБ, Горицкая ОВ (1931) Некоторые данные токсикологического анализа пиретра. *Труды по защите растений*. Л.: ВАСХНИЛ 3(1):165–174
- Комов И (1788) О земледелии. М. 378 с.
- Крайтер АД (1939) Материалы IV пленума защиты сельскохозяйственных растений ВАСХНИЛ. М. 5
- Короткова ОА, Промоненков ВК (1977) Пестициды и окружающая среда: пиретрины и пиретроиды. *Химия в сельском хозяйстве* 6:31–39
- Коротких ГИ (1926) Первая авиационная экспедиция по борьбе с саранчой. *Защита растений от вредителей. Бюллетень Постоянного Бюро Всероссийских Энтомо-Фитопатологических Съездов*. Л. 3(6):479–532
- Корчагин ВН (1936) Итоги научно-исследовательских работ ВИЗР за 1935 г. Л.: ВАСХНИЛ. 261
- Крестовников АН, Парфентьев ИА (1926) Изучение токсических кислот мышьяковой и мышьяковистой кислот. *Защита растений от вредителей. Бюллетень Постоянного Бюро Всероссийских Энтомо-Фитопатологических Съездов*. Л. 3(6):454–462

- Мельников НН (1953) Органические соединения фосфора как инсектициды. *Успехи химии* 22(3):253–278
- Мельников НН, Мандельбаум ЯА (1958) Препараты меркаптофос (внуран) и его аналоги и гомологи. Органические инсектоfungициды и гербициды. М.: Госхимиздат. 7–13
- Мельников НН (1990) Пестициды и окружающая среда. *Агрoхимия* 12:71–94
- Методические указания по испытанию инсектицидов, акарицидов и моллюскоцидов в растениеводстве» (1986). Под ред. член-кор. ВАСХНИЛ К.В. Новожилова, канд. наук А.А. Смирновой, К.Н. Савченко, Г.И. Сухорученко, Ю.С. Толстовой. М.: Госагропром СССР, ВПНО «Союз-сельхозхимия, ВИЗР: 279 с.
- Немирицкий БГ (1931) Нефтяные масла и полисульфиды в борьбе с сосущими насекомыми зимой. Нефтяные масла и нефтепродукты в борьбе с вредителями растений. *Труды по защите растений* 3(1):201–214
- Немирицкий БГ (1935) Итоги научно-исследовательских работ ВИЗР за 1934 г. Л. 5
- Нестерчук АИ (1936) Пиретрум в борьбе с вредителями овощных культур в 1935 г. Итоги научно-исследовательских работ ВИЗР. Л.: ВАСХНИЛ. 459–461
- Новожилов КВ, Смирнова АА, Савченко КН, Сухорученко ГИ, Толстова ЮС, ред (1986) Методические указания по испытанию инсектицидов, акарицидов и моллюскоцидов в растениеводстве. М.: Госагропром СССР. 279 с.
- Пайкин ДМ, Галахов ПН (1959) Итоги и дальнейшие задачи работ по новым ядохимикатам для сельскохозяйственного производства. Гигиена, токсикология и клиника новых инсектоfungицидов. *Труды 1 Всесоюзной научной конференции по гигиене и токсикологии инсектоfungицидов. Киев 25–29 июня 1957 г.* М.: Медгиз. 38–43
- Парфентьев ИА (1925) Опыты по дезинсекции элеваторов хлорпикрином. *Защита растений от вредителей. Бюллетень Постоянного Бюро Всероссийских Энтомо-Фитопатологических Съездов.* Л.2 (2–4)
- Парфентьев ИА (1927) Борьба с вредителями хлебопродуктов. М.: Государственное техническое изд. 56 с.
- Перечни опасных и особо опасных для растений и растительной продукции вредных организмов (2013). Материалы III Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем». СПб. 3:459–463
- Петров АД (1931) Проблема отбора минеральных масел для целей борьбы с вредителями сельского хозяйства. *Труды по защите растений.* Л.: ВАСХНИЛ. 3(1):189–199
- Петров АД (1931а) О методе химического контроля содержания действующего начала в пиретре. *Труды по защите растений.* Л.: ВАСХНИЛ. 3(1):155–158
- Петров АД Иконен ОВ (1931) О содержании пиретрина в разных видах пиретра. *Труды по защите растений.* Л.: ВАСХНИЛ. 3(1):159–164
- Покровский ЕА (1955) Концентрированная эмульсия антраценового масла (КЭАМ) - препарат для борьбы с вредителями в зимующей стадии их развития. Дусты, эмульсии и суспензии ДДТ и ГХЦГ. М.: Госхимиздат. 174–186
- Покровский ЕА (1958) Препарат внутрирастительного действия - октаметилтетраамид пирофосфорной кислоты. Органические инсектоfungициды и гербициды. М.: Госхимиздат. 130–144
- Попов СЯ (2004) Применение гормональных акарицидов в экологизированных программах интегрированной защиты: риск и дивиденды. Химический метод защиты растений. Состояние и перспективы повышения экологической безопасности. Материалы международной научно-практической конференции 6–20 декабря 2000 г. СПб. 252–254
- Пославский ЮМ, Голубева ЗЗ, Гар КА (1961) Применение комбинированного дуста ДД с хлорированными терпенами против хлопковой совки. Химические средства защиты растений. М.: Госхимиздат. 81–83
- Романович ИК (1931) Соединения фтора как инсектициды. *Защита растений* 8(4):351–374
- Романович ИК (1932) К вопросу о растворимости инсектицидов и фунгицидов. *Защита растений* 2:41–52
- Савельев А., Иконен Е (1933) Соли анабазина, никотина и пиперидина. *Сборник ВИЗРа* 6:85–86
- Сазонов ПВ (1948) Новые препараты ДДТ и ГХЦГ для борьбы с вредителями овощных культур. Лениздат. 52 с.
- Сазонов ПВ (1959) Состояние и перспективы развития химического метода защиты растений в СССР. Гигиена, токсикология и клиника новых инсектоfungицидов. Труды 1 Всесоюзной научной конференции по гигиене и токсикологии инсектоfungицидов. Киев 25–2 июня 1957 г. М.: Медгиз. 31–37
- Сазонов ПВ (1972) Факторы эффективности гранулированных инсектицидов. *Труды ВИЗР.* Л. 35:23–43
- Сазонов ПВ, Кобрин ББ (1963) Стратегия химической защиты от вредителей. *Труды Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений.* Л.: Сельхозиздат. 17:21–47
- Сазонов ПВ, Козлова ЕН (1970) Использование инсектицидов в защите растений и сохранение полезных организмов. Тезисы докладов научно-методического совещания 23–26 июня 1970 г. по проблеме «Токсикологические исследования средств защиты растений и их применение с учетом сохранения сельскохозяйственных животных и полезных природных организмов» (СЭВ). 48–53
- Сифорова ТА (1972) О трансэпидермальной токсичности нефосфорорганических акарицидов для *Tetranychus urticae*. Краткие тезисы докладов третьего совещания по резистентности вредителей к химическим средствам защиты растений 25 декабря 1972 г. Л.: ВАСХНИЛ. ВИЗР. 75–78
- Смирнова АА (1980) Современное состояние устойчивости вредных организмов к пестицидам в условиях СССР. Состояние и перспективы развития научных исследований по предотвращению резистентности у вредителей, возбудителей растений и сорняков к пестицидам и разработка эффективных мер борьбы с бактериальными болезнями растений. Тезисы докладов Пятого Всесоюзного совещания 3–5 октября 1980 г. Ереван. Л.: ВАСХНИЛ. ВИЗР. 3–7
- Смирнова АА, Корнилов ВГ, Сухорученко ГИ (1972) Устойчивость вредителей сельскохозяйственных культур к химическим средствам защиты растений в условиях Советского Союза и меры ее преодоления на примере паутиных клещей. Краткие тезисы докладов третьего

- совещания по резистентности вредителей к химическим средствам защиты растений 25 декабря 1972 г. Л.: ВАСХНИЛ. ВИЗР. 78–83
- Соколов НН (1901) Насекомые и другие животные, наносящие вред в сельском хозяйстве. III. Маврский (готтентотский) клоп (*Eurygaster maurus* F.) или черепашка. СПб.: Изд. Министерства Земледелия. 1–84
- Список химических и биологических средств с вредителями, болезнями растений и сорняками и регуляторами роста растений, разрешенных для применения в сельском хозяйстве на 1982–1985 гг. (1982) Часть I. Инсектициды, акарициды, моллюскоциды. М.: Госхимкомиссия МСХ СССР. 5–92
- Сухорученко ГИ (1997) Современное положение с резистентностью вредителей сельскохозяйственных культур к пестицидам. *Сборник трудов Всероссийского съезда по защите растений*. СПб.: ВИЗР. 281–286
- Сухорученко ГИ, Долженко ВИ, Васильева ТИ, Иванов СГ, Зверев АА (2000) Проблема резистентности колорадского жука к современным инсектицидам. Современные системы защиты и новые направления в повышении устойчивости картофеля к колорадскому жуку. М.: Наука. 93–99
- Угрюмов ГД (1926) Научно-исследовательская лаборатория отравляющих веществ Отдела защиты растений, ее задачи и деятельность. *Защита растений от вредителей*. Л. 3(6):449–459
- Угрюмов ГД (1930) Препараты фтора как замена соединений мышьяка в борьбе с вредителями сельского хозяйства. *Удобрение и Урожай* 2 (7–8):657–659
- Угрюмов ГД (1933) Сера – ее свойство и применение. *Сборник трудов ВИЗР*. Л. 7:107–11
- Угрюмов ГД (1935) Новое в изучении препаратов серы, как акарицидов и их стандартизация. Доклад на конференции САИЗР по защите хлопчатника от вредителей и болезней. Ташкент: Изд. ОЗРА НКЗ Уз ССР. 27 с.
- Угрюмов ГД, Вышелеская НС (1931) Исследование инсектицидного действия препаратов никотина. *Труды по защите растений*. Л.: ВАСХНИЛ 3(1):115–145
- Холоднюк ИЛ (1936) Испытание сероводорода для обеззараживания фузариозных семян пшеницы. Итоги научно-исследовательских работ ВИЗР. Л.: ВАСХНИЛ. 415–416
- Эдельман НМ (1936) Производственное освоение сероводородного метода в борьбе с амбарными вредителями. Итоги научно-исследовательских работ ВИЗР. Л.: ВАСХНИЛ. 422–423
- Buckingham S, Lapiéd B, Carronic H, Sftelle F (1997) Imidacloprid actions on insect neuronal acetylcholine receptors *J Exp Bio* 2000 (21):2685–2692
- Casida JE (1963) Mode of action of carbamates. *Ann Rev Entomol* 8:39–58
- Ellioth M (1976) Chemistry, biochemistry and insecticidal action of natural and synthetic pyrethroids. *Pestic Sci* 7(6):223–244
- Ellioth M, Janes NF, Potter G (1978) The future of pyrethroids insect control. *Ann. Re.v Entomol* 23: 443–469
- Haynes HL, Lambrech JA, Moorefield HH (1957) Insecticidal properties and characteristics of 1-naphthylN-methylcarbavate. *Contribs. Boyce Thompson Inst.* 18(11):507–513
- Kolbezen MJ, Metcalf RL, Fukuto TR (1954) Insecticidal activity of carbamate cholinesterase inhibitors. *J Agr. and Food Chem* 2(17):864–870
- Madsen HF, Hoyt SC (1958) Investigations with new insecticides for codling moth control. *J. Econ Entomol* 51 (4):422–424
- Matsuda M, Takahashi H (1996) Mospilan (acetamiprid, Ni-25) – a new systemic insecticide. *Agrochemic Japan*. 68: 20–21
- Metcalf RL, March RB (1949) Studies of the mode of action of parathion and its derivatives and their toxicity to insects. *J. Econ Entomol* 42(5):721–728
- Shorey HH, Reynolds HT, Anderson LD (1962) Effect of zectran, sevin and other new carbamate insecticides upon insect populations found on vegetable and field crops in Southern California. *J. Econ Entomol* 55(1):5–11
- Stern VM, Smith RF, van den Bosch R, Hagen HS (1959) The integrated of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Part II. The integrated control concept. *Hilgardia* 29(2):81–101
- Yamamoto I (1996) Neonicotinoids. Mode of action and selectivity. *Agrochemica Japan* 68:14–15

#### Translation of Russian References

- Bogdarina AA (1935) [The study of burns on fruit crops due to spraying with emulsions of mineral oils] *Trudy po zashchite rasteniy* [Plant Protection Works] 3(4):7–18 (In Russian)
- Bocharova LP, Popov PV, Ukrainets NS (1958) *Efiry sulfokislot kak akaritsidy*. *Organicheskie insektofungitsidy i gerbitsidy* [Sulfonic acid esters as acaricides. Organic insectofungicides and herbicides] Moscow: Goskhimizdat. 257–261 (In Russian)
- Bolotov A (1786) *O zemlyanykh blokhakh*. *Ekonomicheskij magazin* [About earthen fleas. Economic store] 28. 139, 155, 167 (In Russian)
- Burov VN, Sazonov AP (1987) *Biologicheskii aktivnyye veshchestva v zashchite rasteniy* [Biologically active substances in plant protection] Moscow: Agropromizdat. 198 p. (In Russian)
- Burov VN, Tyuterev SL (1998) [Pesticides XXI: from biocides to regulators]. *Materialy soveshchaniya. Poisk i ispolzovanie biologicheskii aktivnykh veshchestv v zashchite rasteniy: sostoyanie i perspektivy* [Meeting materials. Search and use of biologically active substances in plant protection: state and prospects] October 19–20, 1998 Abstracts. St.Petersburg. 3–5 (In Russian)
- Van der Markel H (1991) [Insecticides for seed treatment] *Simpozium firmy Ciba-Geigy AG "Obrabotka semyan kak chast kompleksnoy zashchity rasteniy"* [Symposium of the company Ciba-Geigy AG "Seed treatment as part of integrated plant protection"] Crimean region. 17–21 (In Russian)
- Volfson LG, Volodkovich SD, Melnikov NN, Molchanov AN, Sapozhkov SN (1958) *Hlorsoderzhashchie insektitsidy khlorindan i heptakhlor*. *Organicheskie insektofungitsidy i gerbitsidy* [Chlorine-containing chlorindan and heptachlor chlorine-containing insecticides. Organic insectofungicides

- and herbicides] Moscow: Goskhimizdat. 187–201 (In Russian)
- Volfson LG, Volodkovich SD, Melnikov NN, Rubleva IM (1958 a) *Sintez khlorfenilovykh efirov sulfokislota. Organicheskie insektofungitsidy i gerbitsy* [Synthesis of chlorophenyl ethers of sulfonic acids. Organic insectofungicides and herbicides] Moscow: Goskhimizdat. 248–252 (In Russian)
- Volkov AN, red (1933) *Novyy preparat — anabazin — luchshee sredstvo v borbe s sosushchimi i nekotorymi gryzushchimi vrednymi nasekomymi* [Anabazine, the new drug, is the best remedy in the fight against sucking and some gnawing harmful insects]. Leningrad: Institute for Plant Protection. 11 p. (In Russian)
- Vyshelesskaya NS, Zarkhin MM (1931) [Soaps of naphthenic acids and oil emulsions in the fight against shields on tea] *Trudy po zashchite rasteniy* [Plant Protection Works] Leningrad: VASKHNIL. 3 (1): 215–231 (In Russian)
- Gar KA, Bezzub KE (1955) *Ispytanie geksaklorana kak sredstva protiv lichinok shchelkunov (provolochnykh chervev). Organicheskie insektofungitsidy* [Trials of hexachloran as measure against nutcrackers (wireworms) larvae. Organic insectofungicides]. Moscow: Goskhimizdat. 54–167 (In Russian)
- Gar KA (1958) *O proizvodstvennykh ispytaniyakh 65%-nogo kontsentrata khlorortena. Organicheskie insektofungitsidy i gerbitsidy* [On production testing of 65% chlortene concentrate. Organic insectofungicides and herbicides]. Moscow: Goskhimizdat. 208–230 (In Russian)
- Gar KA (1963) *Metody ispytaniya toksichnosti i effektivnosti insektsidov* [Test methods for the toxicity and effectiveness of insecticides]. Moscow: Publishing agricultural literature tours and posters. 288 p. (In Russian)
- Gar KA (1970) *Khimicheskie sredstva dlya borby s vreditelyami i boleznyami sel'skokhozyajstvennykh kultur* [Chemical products for pest and crop disease control]. Moscow: Rosselkhozizdat. 208 p (In Russian)
- Gar KA (1978) *Himicheskie sredstva zashchity sel'skokhozyaystvennykh kultur* [Chemical crop protection products]. Moscow: Rosselkhozizdat. 143 p. (In Russian)
- Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrohimiKatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii (2000) Insektitsidy, akaritsidy, nematicidy i rodenticidy* [State catalog of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation (2000) Insecticides, acaricides, nematicides and rodenticides]. Moscow: State Chemical Commission of the Russian Federation. 1–68 (In Russian)
- Goskhimkomissiya pri MSKH SSSR (1960) Khimicheskie sredstva borby s vreditelyami, boleznyami i sornyakami, rekomenduemye na 1961. 1. Insektitsidy i akaritsidy* [State Chemical Commission under the Ministry of Agriculture of the USSR (1960) Chemical pest, disease and weed control agents recommended for 1961. 1. Insecticides and acaricides]. *Bulletin of the Ministry of Agriculture of the USSR* 1: 23–37 (In Russian)
- Granin EF (1961) *Effektivnost emulsii heptakhlora i polikhlorpinena protiv sveklovichnykh dolgonosikov. Khimicheskie sredstva zashchity rasteniy* [The effectiveness of emulsions of heptachlor and polychlorpinene against beet weevils. Chemical plant protection products]. Moscow: Goskhimizdat. 56–45 (In Russian)
- Grapov AF, Melnikov NN (1984) [Modern insecticides and acaricides]. *Zhurnal Vsesoyuznogo khimicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva [Journal of the All-Union Chemical Society. D.I. Mendeleev]*. 29 (1): 40–53 29(1):40–53
- Dzhekobson M (1976) *Polovyye feromony nasekomykh*. [Sexual pheromones of insects]. Moscow: MIR. 391 p. (In Russian)
- Dolzhenko VI, Burkova LA, Ivanova GP, Belykh EB (2008) *Novyye tekhnologii primeneniya sovremennykh insektsidov dlya zashchity ovoshchnykh kultur* [[New technologies for the use of modern insecticides to protect vegetable crops]. *Sbornik: Progressivnyye tekhnologii primeneniya himicheskikh sredstv zashchity rasteniy s cel'yu uprezhdeniya i likvidacii vrednykh organizmov* [Collection: Progressive technologies for the use of chemical plant protection products in order to prevent and eliminate pests.] St.Petersburg. 8–17 (In Russian)
- Edelman NM (1936) *Proizvodstvennoe osvoenie serovodorodnogo metoda v borbe s ambarnymi vreditelyami. Itogi nauchno-issledovatel'skikh rabot VIZR* [Industrial development of the hydrogen sulfide method in the control of barn pests. Results of scientific and research work VIZR]. Leningrad: VASKHNIL 422–423 (In Russian)
- Ivanova NA (1937) *Itogi nauchno-issledovatel'skikh rabot VIZR za 1936* [The results of research work in VIZR for 1936]. Part II. L.: 421 (In Russian)
- Ivanova NA (1939) *Materialy IV plenuma zashchity sel'skokhozyaystvennykh rasteniy* [Materials of the IV plenum of the agricultural plants protection]. Moscow. 59 (In Russian)
- Ivanova NA (1961) *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu proizvodstvennykh i polevykh ispytaniy novykh insektsidov i akaritsidov v plodovom sadu* [Guidelines for the production and field testing of new insecticides and acaricides in the orchard]. Leningrad: VASKHNIL. VIZR. 46 p. (In Russian)
- Isachenko VB, Gorickaya OV (1931) [Some data of toxicological analysis of fever] *Trudy po zashchite rasteniy* [Plant Protection Works] Leningrad: VASKHNIL 3 (1): 165–174 (In Russian)
- Kholodnyuk IL (1936) *Ispytanie serovodoroda dlya obezrazhivaniya fuzarioznykh semyan pshenicy. Itogi nauchno-issledovatel'skikh rabot VIZR* [A hydrogen sulfide test for the disinfection of Fusarium wheat seeds. The results of research work VIZR]. Leningrad: VASKHNIL. 415–416 (In Russian)
- Komov I (1788) *O zemledelii* [About farming] Moscow: 378 p. (In Russian)
- Krajter AD (1939) *Materialy IV plenuma zashchity sel'skokhozyaystvennykh rasteniy* [Materials of the IV plenum of the agricultural plants protection] Moscow: 5 (In Russian)
- Korotkova OA, Promonenkov VK (1977) [Pesticides and the environment: pyrethrins and pyrethroids] *Khimiya v sel'skom khozyaystve [Chemistry in agriculture]*. 6: 31–39 (In Russian)
- Korotkih GI (1926) [The first locust control air expedition] *Zashchita rasteniy ot vrediteley. Byulleten Postoyannogo Byuro Vserossiyskikh Entomo-Fitopatologicheskikh Syezdov* [Plant protection from pests. Bulletin of the Permanent Bureau of the All-Russian Entomo-Phytopathological Congresses] Leningrad. 3 (6): 479–532 (In Russian)

- Korchagin VN (1936) *Itogi nauchno-issledovatel'skikh rabot VIZR za 1935* [The results of research work VIZR for 1935]. Leningrad: VASKHNIL. 261 (In Russian)
- Krestovnikov AN, Parfentev IA (1926) [The study of toxic acids of arsenic and arsenious acids] *Zashchita rasteniy ot vreditel'ey. Byulleten Postoyannogo Byuro Vserossijskikh Entomo-Fitopatologicheskikh Sezdov*. Leningrad. 3 (6): 454–462 (In Russian)
- Melnikov NN (1953) [Organic phosphorus compounds as insecticides] *Uspekhi khimii* [Success of chemistry]. 22(3):253–278 (In Russian)
- Melnikov NN, Mandelbaum YAA (1958) *Preparaty merkaptofos (vnuran) i ego analogi i gomologi. Organicheskie insektofungitsidy i gerbitsidy* [Preparations mercaptophos (vnuran) and its analogues and homologues. Organic insectofungicides and herbicides]. Moscow: Goskhimizdat. 7–13 (In Russian)
- Melnikov NN (1990) [Pesticides and the environment] *Agrokimiya* [Agricultural chemistry] 12: 71–94 (In Russian)
- Nemiritskiy BG (1931) [Petroleum oils and polysulfides in the fight against sucking insects in winter. Petroleum oils and petroleum products in the fight against plant pests] *Trudy po zashchite rasteniy* [Plant Protection Works] 3 (1): 201–214 (In Russian)
- Nemiritskiy BG (1935) *Itogi nauchno-issledovatel'skikh rabot VIZR za 1934* [The results of research work VIZR for 1934]. Leningrad. 5 (In Russian)
- Nesterchuk AI (1936) *Piretrum v borbe s vreditel'ymi ovoshchnykh kultur v 1935. Itogi nauchno-issledovatel'skikh rabot VIZR* [Pyrethrum in the fight against vegetable pests in 1935. Results of scientific research work VIZR]. Leningrad: VASKHNIL. 459–461 (In Russian)
- Novozhilov KV, Smirnova AA, Savchenko KN, Suhoruchenko GI, Tolstova YS, red (1986) *Metodicheskie ukazaniya po ispytaniyu insektitsidov, akaritsidov i molluskotsidov v rasteniyevodstve* [Guidelines for testing insecticides, acaricides and molluscicides in crop production]. Moscow: Gosagroprom of the USSR. 279 p. (In Russian)
- Paykin DM, Galakhov PN (1959) [Results and further tasks of work on new pesticides for agricultural production. Hygiene, toxicology and clinic of new insectofungicides] *Trudy I Vsesoyuznoy nauchnoy konferentsii po gigiene i toksikologii insektofungitsidov* [Proceedings of the 1st All-Union Scientific Conference on Hygiene and Toxicology of Insectofungicides]. Kiev June 25–29, 1957 Moscow: Medgiz. 38–43 (In Russian)
- Parfentev IA (1925) [Experiments on the disinfection of elevators with chloropicrin] *Zashchita rasteniy ot vreditel'ey. Byulleten Postoyannogo Byuro Vserossijskikh Entomo-Fitopatologicheskikh Sezdov* [Plant protection from pests. Bulletin of the Permanent Bureau of the All-Russian Entomo-Phytopathological Congresses]. Leningrad. 2 (2–4) (In Russian)
- Parfentev IA (1927) *Borba s vreditel'ymi khlebobproduktov* [Pest control of bakery products]. Moscow: State Technical Publishing House. 56 p. (In Russian)
- [Lists of hazardous and highly hazardous pests to plants and plant products (2013)] *Materialy III Vserossiyskogo sezda po zashchite rasteniy "Fitosanitarnaya optimizatsiya agroekosistem"* [Materials of the III All-Russian Congress on Plant Protection "Phytopathological optimization of agroecosystems"]. St. Petersburg. 3: 459–463 (In Russian)
- Petrov AD (1931) [The problem of the selection of mineral oils for agricultural pest control] *Trudy po zashchite rasteniy* [Plant Protection Works]. Leningrad: VASKHNIL. 3 (1): 189–199
- Petrov AD (1931 a) [On the method of chemical control of the content of the active principle in the fever.] *Trudy po zashchite rasteniy* [Plant Protection Works]. Leningrad: VASKHNIL. 3 (1): 155–158 (In Russian)
- Petrov AD, Ikonen OV (1931) [On the amounts of pyrethrin in different types of pyrethra] *Trudy po zashchite rasteniy* [Plant Protection Works] Leningrad: VASKHNIL 3 (1): 159–164 (In Russian)
- Petrov AD, Rejherdt AN, Isachenko VB (1929) [To the question of the use of chloropicrin for disinfection of warehouse and residential premises] *Izvestiya po prikladnoy entomologii*. [News on applied entomology] Leningrad. 4 (1): 131–150. (In Russian)
- Pokrovskiy EA (1955) *Kontsentriruyemaya emulsiya antracenovogo masla (KE'AM) - preparat dlya borby s vreditel'ymi v zimuyushchey stadii ikh razvitiya. Dusty, emulsii i suspenzii DDT i GKHTSG*. [Concentrated Anthracene Oil Emulsion (CEAM) is control drug for pests in the winter stage of their development. Dusts, emulsions and suspensions of DDT and HCH]. Moscow: Goskhimizdat. 174–186 (In Russian)
- Pokrovskiy EA (1958) *Preparat vnutrirastitel'nogo deystviya - oktametiltetramid pirofosfornoj kisloty. Organicheskie insektofungitsidy i gerbitsidy* [Systemic drug - octamethyltetramide pyrophosphoric acid. Organic insectofungicides and herbicides]. Moscow: Goskhimizdat. 130–144 (In Russian)
- Popov SYA (2004) [The use of hormonal acaricides in environmentally-friendly integrated protection programs: risk and dividends]. *Khimicheskiy metod zashchity rasteniy. Sostoyanie i perspektivy povysheniya ekologicheskoy bezopasnosti. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 6–20 dekabrya 2004* [Chemical method of plant protection. Status and prospects of improving environmental safety. Materials of the international scientific-practical conference December 6–20, 2004] St. Petersburg. 252–254 (In Russian)
- Porchinskiy IA (1905) [Sulfur carbon in the fight against the most important insects and arachnids harming grain and flour]. *Trudy Byuro po entomologii. Uchenyj Komitet Ministerstva Zemledeliya i Gos. imushchestva. Departament Zemledeliya* [Proceedings of the Entomology Bureau. Scientific Committee of the Ministry of Agriculture and the State property. Department of Agriculture] (In Russian)
- Poslavskiy YM, Golubeva ZZ, Gar KA (1961) *Primenenie kombinirovannogo dusta DD s khlorirovannymi terpenami protiv chlopkovoy sovki. Khimicheskie sredstva zashchity rasteniy* [The use of a combined dust DD with chlorinated terpenes against a cotton scoop. Chemical plant protection products]. Moscow: Goskhimizdat. 81–83 (In Russian)
- Romanovich IK (1931) [Fluorine compounds as insecticides] *Zashchita rasteniy* [Plant Protection]. 8 (4): 351–374 (In Russian)

- Romanovich IK (1932) [On the solubility of insecticides and fungicides] *Zashchita rasteniy* [Plant Protection]. 2:41–52 (In Russian)
- Savelev A., Ikonen E (1933) [Salts of anabazine, nicotine and piperidine]. *Sbornik VIZRa* [VIZR collection]. 6:85–86 (In Russian)
- Sazonov PV (1948) *Novye preparaty DDT i GKHTSG dlya borby s vreditel'nyimi ovoshchnykh kultur*. [New drugs DDT and HCH for pest control of vegetable crops]. Lenizdat. 52 p. (In Russian)
- Sazonov PV (1959) [Status and development prospects of the chemical method of plant protection in the USSR. Hygiene, toxicology and the clinic of new insectofungicides] *Trudy I Vsesoyuznoy nauchnoy konferentsii po gigiene i toksikologii insektofungitsidov*. [Proceedings of the 1st All-Union Scientific Conference on Hygiene and Toxicology of Insectofungicides]. Kiev June 25–29, 1957. Moscow: Medgiz. 31–37 (In Russian)
- Sazonov PV, Kozlova EN (1970) [The use of insecticides in plant protection and the preservation of beneficial organisms.] *Tezisy dokladov nauchno-metodicheskogo soveshchaniya 23–26 iyunya 1970 po probleme «Toksikologicheskie issledovaniya sredstv zashchity rasteniy i ikh primeneniye s uchetom sokhraneniya selskokhozyaystvennykh zhitovnykh i poleznykh prirodnykh organizmov» (SEV)* [Abstracts of the scientific and methodological meeting on June 23–26, 1970 on the problem “Toxicological studies of plant protection products and their application, taking into account the conservation of farm animals and beneficial natural organisms” (CMEA)]. 48–53 (In Russian)
- Siforova TA (1972) *O transepidermalnoy toksichnosti nefosfororganicheskikh akaritsidov dlya Tetranychus urticae. Kratkie tezisy dokladov tret'ego soveshchaniya po rezistentnosti vreditel'ey k khimicheskim sredstvam zashchity rasteniy 25 dekabrya 1972* [About transepidermal toxicity of non-organophosphorus acaricides for *Tetranychus urticae*. Brief abstracts of the reports of the third meeting on pest resistance to chemical plant protection products on December 25, 1972]. Leningrad: VASKHNIL. VIZR. 75–78 (In Russian)
- Smirnova AA (1980) *Sovremennoe sostoyanie ustoychivosti vrednykh organizmov k pestitsidam v usloviyakh SSSR. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya nauchnykh issledovaniy po predotvrashcheniyu rezistentnosti u vreditel'ey, vzbuditeley bolezney rasteniy i sornyakov k pestitsidam i razrabotka effektivnykh mer borby s bakterialnymi boleznyami rasteniy. Tezisy dokladov Pyatogo Vsesoyuznogo soveshchaniya 3–5 oktyabrya 1980. Erevan*. [The current state of pest resistance to pesticides in the USSR. Status and prospects of the scientific research development on the prevention of resistance of pests, pathogens of plants and weeds to pesticides and the development of effective measures to combat bacterial plant diseases. Abstracts of the Fifth All-Union Conference October 3–5, Yerevan]. Leningrad: VASKHNIL. VIZR. 3–7 (In Russian)
- Smirnova AA, Kornilov VG, Sukhoruchenko GI (1972) *Ustoychivost vreditel'ey selskokhozyaystvennykh kultur k khimicheskim sredstvam zashchity rasteniy v usloviyakh Sovetskogo Soyuzha i mery ee preodoleniya na primere pautinnykh kleshchey. Kratkie tezisy dokladov tret'ego soveshchaniya po rezistentnosti vreditel'ey k khimicheskim sredstvam zashchity rasteniy 25 dekabrya 1972*. [Resistance of crop pests to chemical plant protection products in the Soviet Union and measures to overcome it using spider mites as an example. Brief abstracts of the reports of the third meeting on pest resistance to chemical plant protection products December 25, 1972] Leningrad: VASKHNIL. VIZR. 78–83 (In Russian)
- Sokolov NN (1901) *Nasekomye i drugie zhitovnye, nanosyashchie vred v selskom khozyaystve. III. Mavrskiy (gottentotskiy) klop (Eurygaster maurus F.) ili cherepashka*. [Insects and other animals harmful in agriculture. III. Moorish (Hottentot) bug (*Eurygaster maurus* F.) or bug]. St.Petersburg: Publ. Ministry of Agriculture. 1–84 (In Russian)
- Spisok khimicheskikh i biologicheskikh sredstv s vreditel'nyimi, boleznyami rasteniy i sornyakami i regul'yatorami rosta rasteniy, razreshennykh dlya primeneniya v selskom khozyaystve na 1982–1985. (1982) Chast I. Insektitsidy, akaritsidy, mollyuskotsidy*. [The list of chemical and biological agents with pests, plant diseases and weeds and plant growth regulators, approved for use in agriculture for 1982–1985. (1982) Part I. Insecticides, acaricides, molluscicides. Moscow: State Chemical Commission of the Ministry of Agriculture of the USSR]. 5–92 (In Russian)
- Sukhoruchenko GI (1997) [The current state of crop pest resistance to pesticides.] *Sbornik trudov Vserossiyskogo sezda po zashchite rasteniy*. [Proceedings of the All-Russian Congress on Plant Protection]. St.Petersburg: VIZR. 281–286 (In Russian)
- Sukhoruchenko GI, Dolzhenko VI, Vasileva TI, Ivanov SG, Zverev AA (2000) *Problema rezistentnosti koloradskogo zhuka k sovremennym insektitsidam. Sovremennyye sistemy zashchity i novye napravleniya v povyshenii ustoychivosti kartofelya k koloradskomu zhuku*. [The problem of resistance of the Colorado potato beetle to modern insecticides. Modern protection systems and new directions in increasing the resistance of potatoes to the Colorado potato beetle]. Moscow: Science. 93–99 (In Russian)
- Ugryumov GD (1926) [Research Laboratory of Poisoning Substances of the Plant Protection Department, its tasks and activities.] *Zashchita rasteniy ot vreditel'ey*. [Plant protection from pests]. Leningrad. 3 (6): 449–459 (In Russian)
- Ugryumov GD (1930) [Fluorine preparations as a substitute for arsenic compounds in the control of agricultural pests]. *Udobrenie i Urozhay* [Fertilizer and Harvest]. 2 (7–8): 657–659
- Ugryumov GD (1933) [Property and application of sulfur] *Sbornik trudov VIZR* [Collection of works VIZR]. L. 7: 107–11 (In Russian)
- Ugryumov GD (1935) *Novoe v izuchenii preparatov sery, kak akaritsidov i ih standartizatsiya. Doklad na konferentsii SAIZR po zashchite khlopatnika ot vreditel'ey i bolezney* [New in the study of sulfur drugs as acaricides and their standardization. Report at the CAIZR conference on the protection of cotton from pests and diseases]. Tashkent: Publ. OZRA NKZ Uz SSR. 27 p. (In Russian)
- Ugryumov GD, Vyshel'sskaya NS (1931) [Study of the insecticidal effect of nicotine preparations] *Trudy po zashchite rasteniy* [Plant Protection Works]. Leningrad: VASKHNIL 3 (1): 115–145 (In Russian)

## THE ASSORTMENT FORMATION OF CHEMICAL MEANS OF PEST CONTROL IN THE XX CENTURY

G.I. Sukhoruchenko\*, L.A. Burkova, G.P. Ivanova, T.I. Vasilyeva, O.V. Dolzhenko, S.G. Ivanov, V.I. Dolzhenko  
*All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia*

*\*corresponding author, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru*

The article summarizes the results of research on the formation of the pest control chemicals assortment and methods of their application on various crops in Russia in the 20st century. It is shown that development of the assortment occurred in several stages, each connected with solution of plant protection problems of a given period of time, technical possibilities and requirements to the pesticides substantiated by development of theoretical bases of plant protection. In 20–30ies, when main crop protection goal was suppression of outbreaks of locusts, beet webworm, grain beetles, Sunn pest, beet weevil etc., inorganic, plant-derived and organic products of natural origin, belonging to highly potent toxic compounds, were applied in the high dosages. In 40–60ies, products of organic synthesis (chlorinated hydrocarbons and terpenes, diene compounds, organophosphates, carbamates), highly effective for pest control, but also highly toxic to human and animals prevailed. In this regard, requirements to pesticides were imposed considering safety for warm-blooded animals, as well as for beneficial components of agricultural ecosystems and environment. As a result, the insecticide assortment in 80–90ies was mainly based on the chemical classes of pyrethroids, benzoylureas, phenylpyrazoles and neonicotinoids, which are moderately dangerous for warm-blooded animals and entomophages, used at low rates and decomposed in environment over one season. Considerable attention was paid to the search for environmentally friendly forms of these drugs.

**Keywords:** pests, insecticides, acaricides, pesticide formulations, biological efficacy, selectivity, ecological safety

*Received: 06.11.2019*

*Accepted: 05.03.2020*

## НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В.П. Якушев, В.В. Якушев, С.Ю. Блохина\*

*Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург*

\* *ответственный за переписку, e-mail: sblokhina@agrophys.ru*

В работе представлен подход, обеспечивающий построение базы знаний и создание на ее основе интеллектуальной системы поддержки плановых технологических решений, а также генерацию производственно-технологического спектра оперативных возможностей и оптимальных предложений по прецизионному управлению урожайностью с учётом складывающихся в заданном хозяйстве почвенно-климатических и хозяйственно-экономических условий. При реализации подхода используется логико-лингвистический аппарат для представления и обработки агротехнологических знаний. Формализация предметной области, определение основных сущностей и взаимосвязей между понятиями осуществляются с помощью специализированных конструкций модели описания технологических операций и производственных правил. В результате агротехнологические знания представляются в единообразной структурированной форме, пригодной для хранения и компьютерной обработки. Созданный в Агрофизическом научно-исследовательском институте (АФИ) прототип интеллектуальной системы апробирован в ходе полевых сравнительных исследований, в рамках которых изучались технологии различной интенсивности, в том числе технология точного земледелия. Отличительной особенностью точного земледелия является дифференцированный подход к расчету и внесению средств химизации в зависимости от показателей плодородия полей и состояния посевов. Анализ полученных результатов показал, что использование интеллектуальной системы при выработке оперативных технологических приемов привело к существенному повышению качества яровой пшеницы, снижению агрохимической нагрузки на окружающую среду на 35–60%, а также увеличению окупаемости удобрений и средств защиты растений в 1.5–1.7 раза на фоне значительного роста урожайности. Апробация интеллектуальной системы осуществлялась на основе интеграции с отечественным бортовым оборудованием (ООО «Системы точного земледелия», г. Новосибирск) и робототехническими агрегатами на базе машин РМУ-8000 (Щучинский ремонтный завод, Беларусь) и Amazone (Евротехника, г. Самара). Данный отечественный комплекс продемонстрирован АФИ на агропромышленной выставке «Всероссийский День поля-2019», прошедшей в Ленинградской области.

**Ключевые слова:** точное земледелие, интеллектуальные системы, базы данных, базы знаний, математические модели, электронные карты-задания, данные дистанционного зондирования Земли, оптические характеристики посевов

*Поступила в редакцию: 04.12.2019*

*Принята к печати: 21.01.2020*

### Современное состояние и проблемы внедрения точного земледелия

Необходимость внедрения цифровых технологий точного земледелия (ТЗ) в производство растениеводческой продукции в настоящее время не вызывает сомнений (Walter et al., 2017). В то же время даже в странах с развитым сельским хозяйством масштабное внедрение технологий ТЗ сдерживается из-за отсутствия на рынке интеллектуальных систем (ИС) поддержки выработки и реализации агротехнологических решений, созданных на основе разнородных данных и проблемно-ориентированных знаний. Реализация инновационной стратегии развития России должна изменить роль науки и технологий в экономической политике государства и, в частности, обеспечить переход к высокопродуктивному, ресурсосберегающему и экологически чистому производству в сельском хозяйстве. Инновационный вариант производства сельскохозяйственной продукции должен базироваться на внедрении цифровых технологий и платформенных решений «умного сельского хозяйства». Наиболее соответствующей принципам «умного сельского хозяйства» является цифровая технология точного земледелия, в основе научной концепции которой лежит представление о практически повсеместном существовании в пределах

каждого сельскохозяйственного поля природной и (или) антропогенной пространственно-временной неоднородности, которую необходимо количественно учитывать при планировании и выполнении различных агроприёмов. Как показывает международный и отечественный опыт, применение ТЗ без создания интеллектуальных систем (ИС) поддержки принятия агротехнологических решений не позволяет эффективно использовать весь потенциал данного инновационного направления аграрной науки (Reichardt, Jurgens, 2009; Aker, 2011; Fountas et al., 2015; Якушев, 2016; Kuehne et al., 2017; Scherer et al., 2018). Производители, как правило, затрудняются с принятием решений по причине недостаточного осознания экономического эффекта от использования методов ТЗ (Long et al., 2016; Paustian, Theuvsen, 2017; Bramley, Ouzman 2019; Kernecker et al., 2020) сложности их адаптации к условиям конкретного хозяйства (Grifn et al., 2017; Miller et al., 2019), а также значительного количества разнородной информации и сложности выбора на её основе оптимального агротехнологического мероприятия (Tey, Brindal, 2012; Wolfert et al., 2017). Отсутствие ИС, отечественной роботизированной сельскохозяйственной техники и надежных

измерительных и вычислительных комплексов информационного обеспечения системы поддержки принятия оптимальных решений (включая недорогостоящие методы распознавания и выделения границ пространственной и временной неоднородности посевов и среды их обитания) является одной из основных причин, сдерживающих развитие ТЗ в России.

Для построения ИС необходимо создать электронную базу агротехнологических знаний (БЗ) и обеспечить надлежащее наполнение базы данных (БД) достоверной пространственно-атрибутивной информацией о хозяйствующем субъекте. В компьютер должны быть внесены базовые агрономические сведения и алгоритмы выработки технологических решений применительно к почвенно-климатическим и экономическим условиям конкретного сельскохозяйственного предприятия. Традиционная практика получения, обработки и представления пространственно-распределенной информации, а также ее полнота и достоверность не соответствуют требуемому уровню технологий ТЗ. Необходимы мобильные и стационарные средства сопряженного наземного и дистанционного мониторинга почвенно-климатических условий, новые методы планирования и проведения прецизионных полевых опытов, а также надёжный инструментарий оценки агроэкологического состояния посевов и среды их обитания. Перспективным масштабируемым

ресурсом информационного обеспечения систем ТЗ являются аэрокосмические данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Данные ДЗЗ уже сегодня позволяют существенно повысить качество и увеличить масштабы информационного обеспечения сельского хозяйства. Указанные вопросы в настоящее время активно обсуждаются на различных научных мероприятиях и конференциях, а также в публикациях (Лупян и др., 2011, 2018; Павлюшин, Лысов, 2019; Шпанёв, 2019). При этом отмечается, что следует развивать методы и технологии использования информации, получаемой на основе данных дистанционного зондирования, для оценки различных характеристик сельскохозяйственных земель и посевов, необходимых для выработки и принятия решений с помощью ИС. Необходимо также создание новых технологий и информационных систем, обеспечивающих возможность работы с данными дистанционного мониторинга на различных уровнях. Всё отмеченное выше в совокупности составляет основу научно-технической платформы, обеспечивающей международную конкурентоспособность разработок в области построения и реализации ИС для сельского хозяйства, а также генерацию научно обоснованных технологий прецизионного управления производством растениеводческой продукции с учетом сложившихся на заданном сельскохозяйственном предприятии и прогнозируемых погодных, почвенных и экономических условий.

#### **Методологические аспекты построения интеллектуальных систем и задача автоматизации процесса выработки агротехнологических решений в земледелии**

Как правило, при решении задач с помощью компьютера используются традиционный подход и так называемые новые информационные технологии. В рамках традиционного подхода разработчик должен сформулировать задачу, составить алгоритм решения, соответствующую программу для ЭВМ и решить её. Такой подход целесообразен в случаях, когда проблема уже исследована математически и существуют надежные сходящиеся алгоритмы её решения. Наличие четкого алгоритма является обязательным условием для использования традиционного подхода при решении задачи с помощью ЭВМ. В то же время существует необходимость решения большого количества плохо формализуемых задач. Алгоритмов решения таких задач либо не существует, либо их можно найти только, например, в результате человеко-машинного взаимодействия или при помощи методов машинного обучения. Использование человеко-машинной системы для решения плохо формализуемых задач более перспективно, так как существует множество неформальных задач, которые человек способен решить. Необходимо, чтобы компьютер оказывал помощь человеку в решении таких задач. Компьютерное решение задач основывается на новых информационных технологиях, теоретической базой которых являются разработки в области искусственного интеллекта (Гаврилова, Муромцев, 2008; Аллайдин, 2017; Kang, Wang, 2017; Eli-Chukwu, 2019).

Исторически теоретические разработки в области искусственного интеллекта ведутся в двух основных направлениях. Первое направление ориентировано на разработку интеллектуальных машин и программ без вхождения в специфику предметной области, путем моделирования их биологического прототипа – человеческого интеллекта.

Основные усилия направлены на решения, позволяющие имитировать когнитивные функции человека и получать при выполнении тех или иных задач результаты, сопоставимые как минимум с результатами интеллектуальной деятельности человека. Данное направление включает в себя IT-инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе с использованием методов машинного обучения), а также сервисы по обработке данных и поиску решений.

Второе направление связано с разработкой методов и приёмов решения плохо формализуемых задач на ЭВМ, ориентированных на специфику той или иной предметной области. Создаваемые при этом специализированные методы, способы и системы предназначены для работы с частью сложных математических и логических функций, позволяющих частично автоматизировать интеллектуальную деятельность человека при решении им конкретных задач, возникающих в данной предметной области. Наибольший интерес в рамках данного направления представляют экспертные системы, которые основаны на знаниях, используемых в конкретной предметной области для решения различных задач, в том числе плохо формализуемых. Основным достоинством экспертных систем является возможность накопления знаний и сохранения их в течение длительного времени. В отличие от человека, экспертные системы объективно подходят к любой информации, что улучшает качество проводимой экспертизы, а при решении задач, требующих обработки большого количества данных, вероятность возникновения ошибки при переборе крайне мала. Структура типовой экспертной системы состоит из базы данных (БД), базы знаний (БЗ), подсистемы вывода (множества правил и алгоритмов, по которым

осуществляется решение конкретных задач), подсистемы приобретения знаний и диалогового интерфейса.

Центральным блоком экспертной ИС выработки решений в определенной предметной области является БЗ, на которой основаны её «интеллектуальные способности». Новые информационные технологии, базирующиеся на применении методологии искусственного интеллекта, позволяют создавать прикладные системы, обеспечивающие формализованное описание, накопление и использование знаний для решения практических задач. Однако применение новых технологий для создания баз знаний в различных предметных областях является сугубо индивидуальным процессом, а эффективных универсальных подходов на сегодняшний день не существует. Поэтому для автоматизации процесса выработки агротехнических решений в земледелии необходимо разработать методы представления, формализации и хранения знаний, а также алгоритмы управления процессом их обработки в соответствии с определенными правилами, которые ЭВМ может автономно использовать в механизмах логического вывода (Якушев, Якушев, 2007; Полуэктов, 1991).

Система представления знаний является одним из ключевых понятий в экспертных ИС. При определении разработчиками правил представления знаний необходимо, чтобы они подходили для описания связей между понятиями, объектами и их характеристиками, которые в совокупности формируют структуру той или иной предметной области и определяют эффективность ИС. Построению правил предшествует этап всестороннего анализа знаний и определения возможных методов их системного применения в конкретной предметной области. В данном случае к предметной области относятся технологические операции, сельскохозяйственные культуры и сорта, сельскохозяйственные поля, сроки возделывания на них культур, агропотребования и различные характеристики технологических операций (типы машин, количество и виды агрохимических средств, применяемых в земледелии). В то же время для рассматриваемых понятий и объектов характерны многочисленные количественные и качественные параметры, совокупность которых в конечном счете и определяет данное понятие и объект. Формирование технологии возделывания сельскохозяйственной культуры на конкретном поле подразумевает необходимость учета значительного количества разнородных данных: агрохимических, агрофизических, технологических, биологических, агрометеорологических, экономических и других. Процесс возделывания сельскохозяйственных культур заключается в некоторой последовательности выполнения отдельных технологических операций. К ним относятся различные виды обработки почвы, внесение удобрений, сев (посадка), защита посевов от вредителей, уборка урожая. Каждая операция проводится в определенный календарный период, а её выполнение (или отказ от нее) зависит от конкретных условий. Первый тип условий определяется климатической зоной, видом полевой культуры, особенностями сорта, типом почвы и её разновидностью по агрофизическим и агрохимическим свойствам, второй – ситуацией, сложившейся в конкретный год и период вегетации (погодные условия, влагозапас, наличие вредных организмов, состояние посевов и т.д.). От

перечисленных условий в значительной степени зависят нормы технологического воздействия при выполнении операции на заданном сельскохозяйственном поле. Это особенно важно при использовании технологии точного земледелия, в рамках которой указанные нормы могут корректироваться в ходе выполнения тех или иных технологических операций в зависимости от внутривидовой неоднородности. Создаваемые в Агрофизическом институте математические динамические модели продукционного процесса, текущей и прогнозной оценки состояния посевов и среды их обитания позволяют в ряде случаев расчетным путем определить условия, необходимые для установления сроков и интенсивности технологических операций. Такой подход имеет очевидное преимущество, так как при помощи математических моделей можно не только осуществить расчет необходимых ресурсов и показателей, характеризующих текущее состояние посевов и (или) почвы, но и спрогнозировать его на две-три недели вперед, что позволяет своевременно подготовиться к изменениям в управлении продукционным процессом возделывания сельскохозяйственных культур (подготовка необходимой техники, удобрений, средств защиты растений и т.п.) (Баденко и др., 2017; Якушев, 2010).

Из изложенного выше следует, что специфика предметной области ИС для поддержки агротехнологических решений заключается, с одной стороны, в большом количестве описательных (декларативных) знаний, основанных на многолетнем опыте, закреплённом в законах и традициях практического земледелия и обобщенном в многочисленных инструкциях, методических и технологических указаниях. С другой стороны, наряду с декларативными знаниями предметная область ИС для генерации агротехнологических решений может включать в себя процедурные знания, для получения которых используются математические модели. Процедурные знания представляются в виде компьютерных моделей различной сложности и назначения, оформленных в виде отдельных программных модулей. В связи с этим наибольшие трудности при разработке ИС поддержки агротехнологических решений вызывает процесс их компьютерной реализации, эффективность которого зависит от структуры представления знаний для электронной обработки.

Таким образом, с учетом специфики предметной области необходимо разработать гибридную модель сопряженного описания и представления декларативных и процедурных знаний для последующей компьютерной обработки и создать инструментальные средства автоматизации данного процесса. Далее будет рассмотрен предложенный авторами подход к описанию предметной области ИС для земледелия, основанный на достижениях новых информационных технологий. Это аппарат искусственного интеллекта, который включает не только традиционные математические, но также логические и логико-лингвистические модели, для создания которых может использоваться естественный язык предметного специалиста. Это позволяет значительно расширить круг задач, которые могут быть формализованы. Информация, необходимая для их решения, будет структурирована, что потенциально обеспечит возможность развития инструментария генерации агротехнологий как продукта научных знаний.

### Система представления и обработки агротехнологических знаний

Для представления знаний, необходимых для синтеза агротехнологических решений, предлагается использовать следующие простые конструкции и их логические комбинации:

$$\langle \text{Атрибут} \rangle [\langle \text{Атрибут} \rangle] \dots [\langle \text{Атрибут} \rangle]; \quad (1)$$

$$\langle \text{Атрибут} \rangle (\text{Условия}) [\langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})]] \dots [\langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})]]; \quad (2)$$

$$\langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})] \wedge \langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})] \wedge \dots \wedge \langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})]]; \quad (3)$$

$$\langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})] \vee \langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})] \vee \dots \vee \langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})]]; \quad (4)$$

$$\{ \langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})] \wedge \langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})] \wedge \dots \wedge \langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})] \} \vee \dots \vee \{ \langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})] \wedge \langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})] \wedge \dots \wedge \langle \text{Атрибут} \rangle [(\text{Условия})] \}; \quad (5)$$

Введенные в (1)–(5) обозначения имеют следующий смысл: «Атрибут» – наименование поля из базы данных или значение поля в базе данных. В каждой из конструкций (1)–(5) для описания могут быть использованы любые атрибуты базы данных, в общем случае ограничений нет.

«[ ]» – содержимое в квадратных скобках является обязательной конструкцией для описания знаний; «V» – логическое «или»; «^» – логическое «и»; «>» – данный знак ставится в конце той или иной конструкции; «( )»; «{ }» – соответственно простые и фигурные скобки, которые в сочетании с «^» и «V» используются для записи «сложных» конструкций, составленных из комбинации простых, например (5).

«Условия» – производные правила. В общем случае они представляют собой арифметические, логические условия, выражения или их комбинации. Данная конструкция также может использоваться для обращения к математической модели, оформленной в виде отдельного программного модуля, или к встроенной непосредственно в описание знаний специальной процедуре для простых вычислений.

При описании агротехнологических знаний предусмотрены три формы записи «Условия»:

$$\text{ЕСЛИ}(\text{Выр.1}) \quad (6)$$

$$\text{ЕСЛИ}(\text{Выр.1}) \text{ ТО Выр.2, ..., [Выр.2]} \quad (7)$$

$$\text{Выр.2, ..., [Выр.2]}; \quad (8)$$

**Выр. 1** = «Ариф.» V «Лог.» V «Вн. прог.»

**Выр. 2** = («Атрибут» = «Ариф.») V «Вн. прог.»

«Ариф.» – арифметическое выражение – функция  $R(A_{ij})$  значений атрибутов из БД, где  $R=R_1+\dots+R_n$  – схема БД;  $A_{ij}$  – названия атрибутов в БД;  $ij$  – пары чисел, определяющие адрес атрибута из БД;  $i$  – номер таблицы (файла) в схеме БД;  $j$  – порядковый номер столбца в таблице; при составлении арифметических выражений используются числовые константы, а также арифметические операторы сравнения: «=», «>», «<», «>», «<», «<=», «>»;

«Лог.» – логическое выражение; для его составления в общем случае используются комбинации из

арифметических выражений, логических операторов «и», «или», «не», логических констант «истинно», «ложно», а также буквенно-цифровых констант;

«Вн. прог.» – обращение к подпрограмме, которое имеет вид – «имя программы» ( $A_{ij}$ ); «Атрибут» = «Ариф.», ..., «Атрибут» = «Ариф.»/  $A_{ij}$  – адреса атрибутов в БД, куда будут помещены результаты счета той или иной модели;

Рассмотрим подробнее применение в структурах (2)–(5) конструкции описания знаний – «(Условия)». Как определено выше, структура «(Условия)» в общем случае имеет три типа записи (6), (7) и (8).

Если при описании какого-либо факта, объекта или значения из БД применяется запись типа (6), то это значит, что рассматриваемое правило будет включено в БЗ только при обязательном выполнении условия, содержащегося в выражении «Выр.1». В качестве примера рассмотрим конструкцию «Известкование» (Если «РН»  $\leq$  4.5). Приведенная запись означает, что агротехнологическая операция «Известкование» будет включена в перечень планируемых на заданном поле операций при величине кислотности (РН), не превышающей 4.5.

При применении в описании конструкции типа (7) включение в БЗ агротехнологических знаний в виде правил происходит аналогично предыдущему случаю, однако в то же время в БЗ включается дополнительный расчетный параметр (параметры), который представлен выражением типа «Выр. 2», например: «Известкование» (Если «РН»  $\leq$  4.5), то «Норма внесения известки» = «8 тонн/га».

В случае, если при описании знаний используется запись типа (8), соответствующие правила включаются в БЗ безусловно. Кроме того, включается один или несколько расчетных параметров, например:

$$\begin{aligned} \text{«Внесение мин. удобрений» («Потребность в азоте»} &= 75 - 4 * \text{«Пру»} + 0.1 * \text{«Пру»} * \text{«Пру»}; \\ \text{«Потребность в фосфоре»} &= 3 * \text{«Пру»} - 30; \\ \text{«Потребность в калии»} &= 2 * \text{«Пру»} - 16); \end{aligned}$$

Здесь «Пру» – программируемый урожай (в ц/га), а приведенные зависимости для расчета доз удобрений получены в результате обобщения результатов большого количества полевых опытов, проведенных в Гатчинском районе. Их использование возможно при определенных условиях, поэтому можно воспользоваться конструкцией (7) и таким образом более строго описать применение данных зависимостей:

$$\begin{aligned} \text{«Внесение мин. удобрений» (ЕСЛИ «Адрес поля»} &= \text{«Гатчинский район»} \wedge \text{«Культура»} = \text{«Ячмень»} \wedge \\ \text{«Р}_2\text{O}_3 \geq 15 \wedge \text{K}_2\text{O} \geq 15 \text{ ТО «Потребность в азоте»} &= 75 - 4 * \text{«Пру»} + 0.1 * \text{«Пру»} * \text{«Пру»}; \\ \text{«Потребность в фосфоре»} &= 3 * \text{«Пру»} - 30; \\ \text{«Потребность в калии»} &= 2 * \text{«Пру»} - 16); \end{aligned}$$

В данном случае агротехнологическая операция «Внесение мин. удобрений» будет включена в перечень планируемых на заданном поле операций, если только поле расположено в Гатчинском районе, на нем возделывается ячмень, а содержание фосфора и калия в почве составляет не менее 15 мг/100 г почвы. Кроме того, будет рассчитана потребность в минеральных удобрениях для указанных

условий в соответствии с вычислительной процедурой, встроенной в описание данного правила.

Обычно расчет параметра, характеризующего ту или иную компоненту агротехнологии, оформляется в виде специального программного модуля (математической модели). В данном случае при описании рассматриваемой компоненты агротехнологии используется вариант «**Вн. прог.**». Приведем пример. Пусть имеется универсальная подпрограмма расчета доз минеральных удобрений, которая называется «**Расчет удобрений**». Положим, что расчеты доз азотных, фосфорных и калийных удобрений будут помещены в БД с именами атрибутов «**N**», «**P**», «**K**» соответственно. Тогда соответствующая запись будет иметь вид:

**«Внесение мин. удобрений» («Расчет удобрений» (N, P, K); «Потребность в азоте» = «N»; «Потребность в фосфоре» = «P»; «Потребность в калии» = «K»).**

Приведенные примеры представления знаний с использованием различных типов записей («**Условия**») и структура самих конструкций (1) – (5) показывают, что существует достаточно широкий набор средств, позволяющих описывать декларативные и процедурные знания одновременно. При этом соответствующее описание может быть «привязано» к технологическим операциям, их характеристикам, а через них непосредственно к конкретному полю, культуре, сорту. Данное обстоятельство является чрезвычайно важным, так как предлагаемая система представления знаний позволяет описывать любые компоненты технологических операций и, следовательно, агротехнологии в целом. Под моделью агротехнологии здесь понимается описание последовательности технологических операций, каждой из которых в общем случае соответствуют условия выполнения и выбора операций, сроки проведения, те или иные агротребования и используемые сельскохозяйственные машины.

Технологическую схему возделывания сельскохозяйственной культуры на конкретном поле можно рассматривать как многошаговый процесс управления, осуществляемого в течение определённого промежутка времени, например вегетационного периода. Поэтому для планирования агротехнологических мероприятий, например на предстоящий вегетационный сезон, можно использовать следующую модель описания агротехнологических операций:

**: «Наименование операции» [(Условия)];  
 [«Агротребования» [(Условия)]]; «Сроки  
 проведения» [(Условия)]; {«Тип машины»  
 [(Условия)] A «Тип агрегата» [(Условия)]  
 V ... V («Тип машины» [(Условия)] A «Тип  
 агрегата» [(Условия)]};;** (9)

где символом « : » начинается и заканчивается описание агротехнологической операции.

Предложенная выше модель (9) описания агротехнологической операции является одним из шаблонов, на основе которого в дальнейшем описываются конкретные технологические приемы, которые могут быть выполнены в те или иные сроки при помощи тех или иных сельскохозяйственных машин в зависимости от складывающихся условий. Следует иметь в виду, что, изменяя структуру шаблона и степень детализации представления агротехнологических

знаний, можно управлять процессом наполнения БЗ для решения тех или иных задач. Гибкость конструирования шаблонов и их структуры обеспечивает включение в описание различных комбинаций первичных структур представления знаний (1) – (5). Структура шаблона допускает использование, причем в любой комбинации, атрибутивной информации из БД, отражающей многочисленные компоненты агротехнологической операции, а также возможность реализации вычислительной процедуры, встроенной непосредственно в одну или несколько конструкций шаблона, или вызова по необходимости внешней процедуры в виде отдельно оформленной программы (математической модели). Рассматриваемая возможность представления агротехнологических знаний позволяет включить в БЗ наряду с прикладными моделями базовую модель продуктивности агроэкосистем, разработанную в АФИ (Якушев, 2010). Диапазон применения прикладных моделей может быть очень широким. Например, их целесообразно использовать для выделения однородных единиц управления на сельскохозяйственном поле и расчета норм внесения на них удобрений и средств защиты растений. Сочетание инструментальных (измерительных) и вычислительных средств (прикладных моделей) может обеспечить решение данной наиболее сложной научной и информационной проблемы точного земледелия. Базовая модель может быть адаптирована для определения областей применимости уже разработанных прикладных моделей и оценки входящих в них эмпирических коэффициентов, также она является основой для выработки новых специализированных моделей. В частности, модель позволяет учитывать баланс основных составляющих энерго-массообмена в системе «почва-растение-атмосфера», что дает возможность количественно описать процессы накопления, трансформации и выноса из системы основных элементов питания, а также процесс формирования урожая в онтогенезе от сева до уборки. Это позволяет оценить влияние на процесс производства агротехнических мероприятий, сроков их проведения и складывающейся в текущем сезоне метеорологической обстановки.

Следует подчеркнуть, что использование шаблонов типа (9) для описания БЗ позволяет создать на новых принципах программно-математический аппарат обработки знаний. Это вытекает из того, что структура шаблона определяет функциональные возможности БЗ и направляет процесс вычислений, т.к. в шаблонах описания агротехнологических операций в общем случае алгоритмически прописан механизм их выбора для конкретных условий, указаны те или иные сроки проведения данных мероприятий, сформулированы правила определения соответствующих агротребований, а также может быть задан порядок подбора подходящих и имеющихся в хозяйстве машин, агрегатов и других ресурсов. Таким образом, процесс обработки знаний определяется не жестким алгоритмом, заложенным как обычно в компьютерную программу, а структурой конкретного шаблона, с помощью которого была описана технологическая операция (2).

Важно отметить, что предложенная модель описания технологических операций в соответствии с шаблоном типа (9) напоминает встречающиеся в специальной литературе фреймвые модели (Гаврилова, 2008; Алпайдин, 2017), для которых также характерна жесткая

алгоритмическая структура представления знаний. Фреймы (рамки или шаблоны) по определению – «Имя фрейма» («Имя слота», ..., «Имя слота»). Значениями слота могут быть числа, выражения, условия, ссылки, тексты и т.п. При наполнении фрейма ему и слотам присваиваются конкретные имена и значения. Теория фреймов в настоящее время используется для описания знаний в сложных прикладных системах, таких как теория научных

концепций. Однако универсальные инструкции по применению фреймов в ИС на сегодняшний день отсутствуют. По мере развития данной теории и методов машинного обучения можно ожидать, что соответствующие результаты будут применяться для совершенствования системы представления и обработки агротехнологических знаний в точном земледелии.

### Прототип интеллектуальной системы и некоторые результаты его применения в точном земледелии

В АФИ создан и в настоящее время совершенствуется прототип ИС (рис. 1), основой которого являются рассмотренные выше конструкции представления и формализации агротехнологических знаний. Наряду с базами данных и знаний комплекс включает в себя функциональные блоки: интерфейсы экспертного и пользовательского

уровней, интерфейсы приема/передачи данных с/между бортовыми, полевыми и стационарными компьютерами, ГИС-инструменты, подключаемые программные модули (Якушев и др., 2019; Якушев и др., 2018; Конев и др., 2018; Якушев и др., 2017).



Рисунок 1. Прототип интеллектуальной системы поддержки принятия агротехнологических решений

На экспертном уровне формируются базовые агротехнологии, технологические адаптеры, подключаемые к ИС математические модели, оформленные в виде отдельных программных модулей, а также осуществляется наполнение БД нормативной и справочной информацией, используемой для создания БЗ. Пользователи (агрономы или руководители), являющиеся конечными потребителями тех агротехнологических декларативных и процедурных знаний, которые были формализованы на экспертном уровне, получают возможность генерировать адаптивные агроприемы для собственных полей с учётом актуальной информации о хозяйстве. Актуальная информация — это основные массивы данных (паспорта полей, сведения о семенном фонде, технике, агрохимикатах, финансах, метеоусловиях, кадрах и других ресурсах), необходимых для генерации адаптивных агротехнологий.

Пользователю предоставляется возможность не только автоматизации процесса генерации адаптивных агротехнологий для собственных полей, но и корректировки на этапе планирования параметров адаптации агротехнологий (добавления или исключения тех или иных агроприемов, увеличения/снижения норм внесения и т. д.). Интерфейс редактирования агротехнологий позволяет

пользователю моделировать различные варианты агромероприятий на предстоящий период и выбрать в конечном итоге оптимальный пакет агротехнологий для всех полей хозяйства.

Отличительной особенностью рассматриваемого прототипа является поддержка технологий точного земледелия, заключающаяся в создании электронных контуров полей и пространственно-ориентированных картосхем по агрохимическим и агрофизическим показателям, управлению дифференцированным внесением агрохимикатов, работе со спутниковыми и аэрофотоснимками, импорте карт урожайности, картосхем и другой информации при помощи различных протоколов обмена данными с бортовыми компьютерами сельхозтехники и мобильных комплексов. Функционал системы поддерживает возможность использования различных математических моделей и предлагает гибкий инструментарий для формализации знаний, генерации и представления результатов, в том числе с помощью ГИС-технологий. В частности, разработанный в АФИ геоинформационный модуль ГИС-АФИ, интегрированный в систему, позволяет получать, хранить, анализировать и визуализировать пространственно-ориентированные данные, привязанные к координатам с помощью

GPS/ГЛОНАСС-приемников (рис. 2), а также создавать для сельскохозяйственной техники, оснащенной бортовыми компьютерами и GPS/ГЛОНАСС-приемниками, карты-задания на дифференцированное выполнение агротехнических операций с учетом местонахождения техники на поле (рис. 3). Геоинформационная база необходима

для осуществления внесения минеральных удобрений, средств защиты растений и других агрохимикатов по технологии точного земледелия, а программное приложение ГИС-АФИ поддерживает все основные форматы данных, что позволяет импортировать/экспортировать ГИС-данные в/из различных источников.

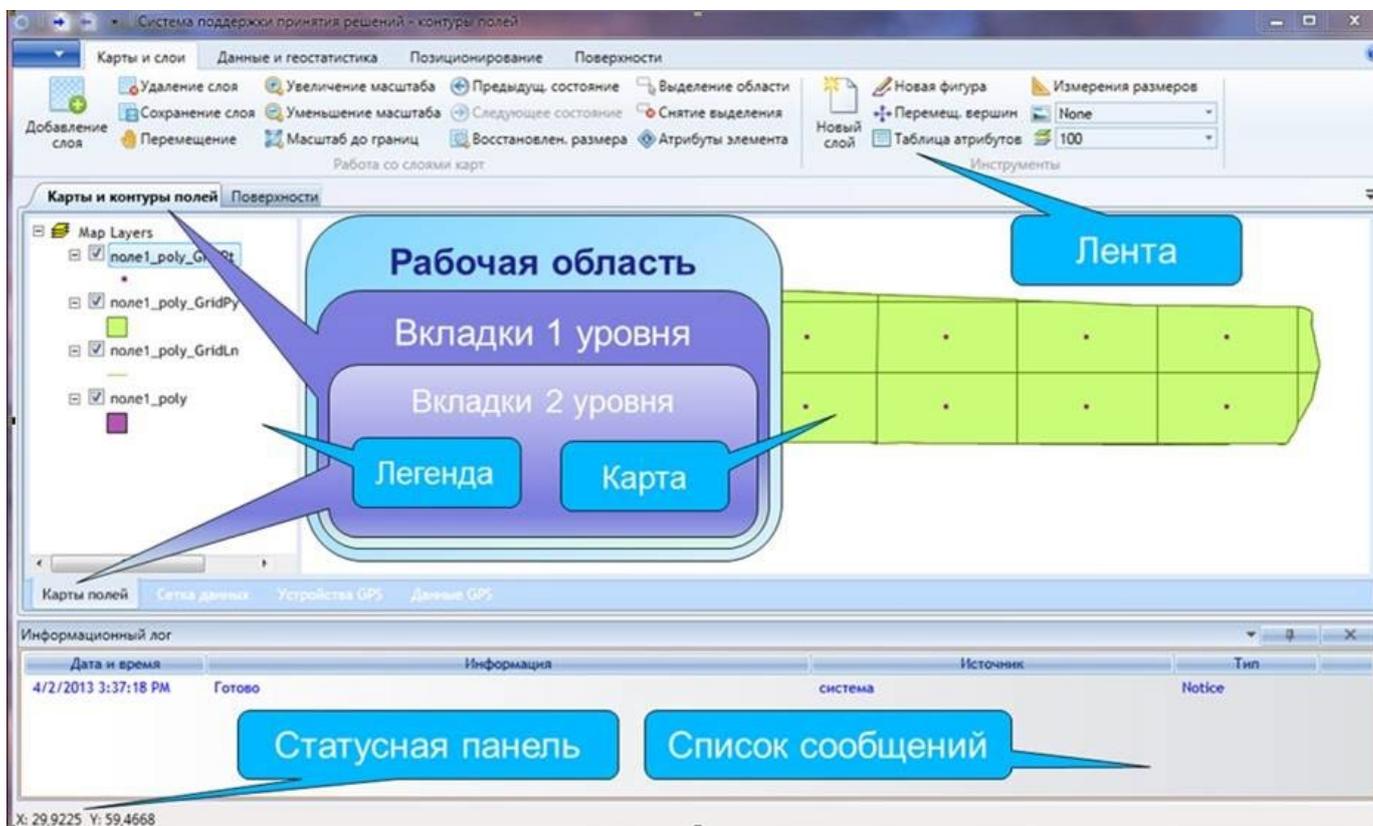


Рисунок 2. Главное окно приложения ГИС-АФИ

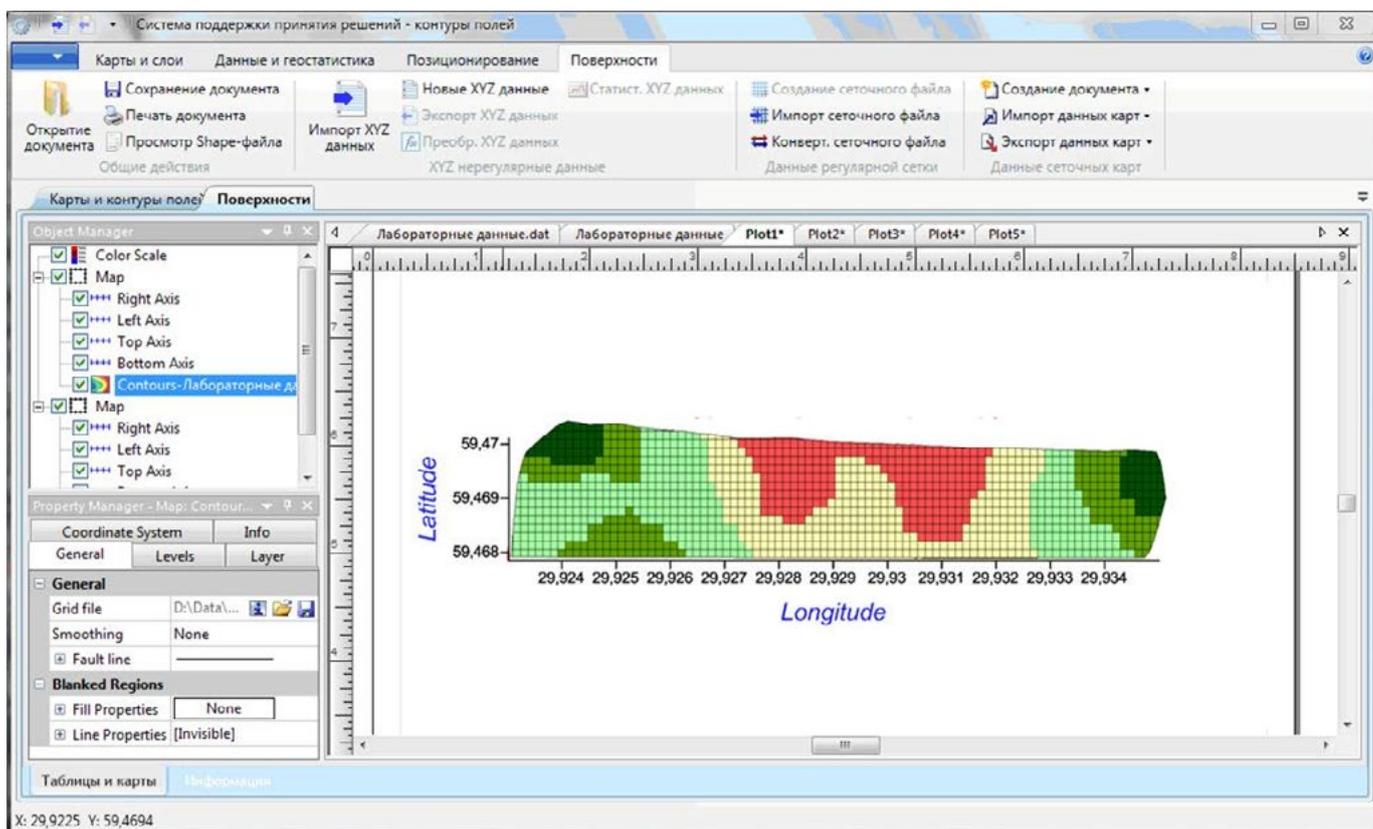


Рисунок 3. Карта-задание, полученная в результате обработки данных по дозам внесения удобрений

Апробация ИС проводилась на полигоне АФИ. Изучалось несколько вариантов технологий различной интенсивности: экстенсивная технология (контрольный вариант), в рамках которой проводятся только основные агротехнические мероприятия без дополнительных затрат; высокоинтенсивная технология, предусматривающая внесение удобрений и средств защиты растений в дозах, полностью удовлетворяющих потребность посева в период вегетации; точное земледелие, отличительной особенностью которого является дифференцированный подход к расчёту и внесению средств химизации в зависимости от показателей плодородия полей и состояния посевов. Сравнительный анализ показал, что применение интеллектуальной системы при выработке оперативных технологических приемов способствовало существенно повышению качества яровой пшеницы, снижению на 35–60% агрохимической нагрузки на окружающую среду, а также увеличению в 1.5–1.7 раза окупаемости удобрений и средств защиты растений на фоне существенного роста урожайности. При этом сокращение объёма применяемых азотных удобрений в варианте «точное земледелие» было достигнуто в основном за счёт проведения дифференцированных подкормок в вегетационный период (Якушев, Якушев, 2018; Матвеев и др., 2019).

На рис. 4 представлен процесс азотной подкормки яровой пшеницы с помощью N-сенсора, установленного на крыше трактора (режим «on-line»). Существенный недостаток применения N-сенсора заключается в необходимости выполнения большого объёма калибровочных работ. Важным ограничением также является высокая стоимость прибора.

В связи с целесообразностью поиска альтернативы для проведения азотных подкормок на опытных полях были заложены тестовые площадки (Митрофанова и др., 2016). Тестовые площадки представляют собой участки поля с



Рисунок 4. Азотная подкормка посевов на полигоне АФИ с помощью N-Sensor

различными дозами азотных удобрений в диапазоне от нуля до максимальной величины, которые вносятся с целью получения планируемой урожайности. В результате на тестовых площадках складываются различные, но известные условия азотного питания растений и, соответственно, посевы отличаются по оптическим характеристикам. Таким образом, на тестовых площадках моделируется весь спектр условий азотного питания растений: от дефицита до близкого к оптимальному (рис. 5). Дистанционное обследование посевов осуществлялось с помощью беспилотных летательных аппаратов самолётного и вертолётного типов, разработанных инженерами АФИ. На них размещались цифровые камеры для получения аэрофотографий посевов в видимой и инфракрасной областях спектра электромагнитного излучения. На каждой аэрофотографии поля отображались тестовые площадки с известной дозой внесённых азотных удобрений. Средние значения колориметрических (цветовых) характеристик посева на каждой из тестовых площадок являются эталонными. Посредством сравнения с ними характеристик остальных

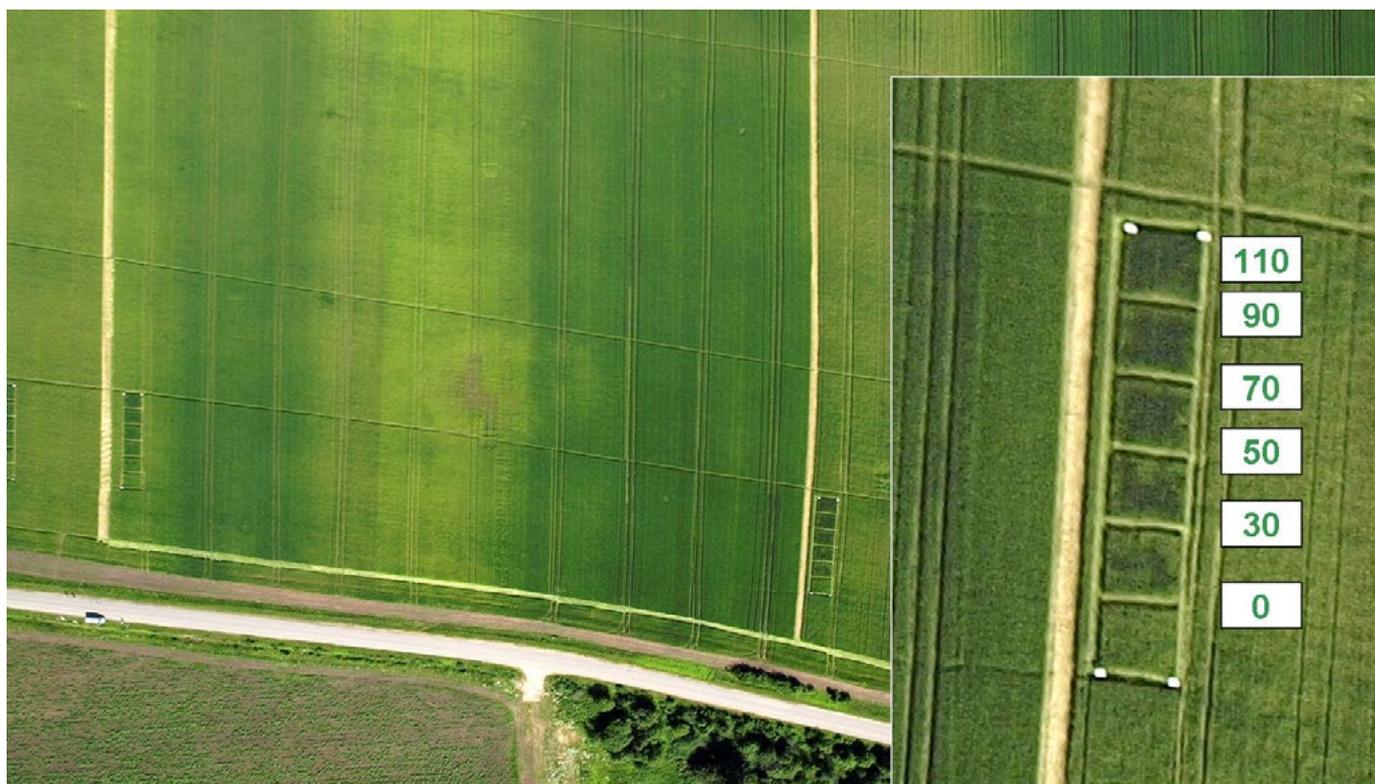


Рисунок 5. Тестовые площадки

зон поля проводится оценка потребности растений в азоте. Выделение участков поля, на которых необходимо осуществить внесение азотных удобрений, выполнялось с помощью созданного специалистами АФИ автоматизированного метода построения калибровочных кривых по колориметрическим характеристикам аэрофотографий посевов (рис.6) (Буре и др., 2018). Такой подход позволяет провести оценку обеспеченности растений азотом на любом участке поля и составить электронную карту-задание на прецизионное внесение азотных удобрений, которая загружается в бортовой компьютер агрегата (рис. 7). Это доступный, недорогостоящий и достаточно точный метод мониторинга посевов, оценки их потребности в азотном питании и прецизионного внесения удобрений (рис. 8).



Рисунок 8. Азотная подкормка посевов на полигоне АФИ на основе карты-задания без использования N-Sensor

### Аэрофотография посева пшеницы

Для выделенного желтым прямоугольником фрагмента поля приведены значения  $\Delta E$ , характеризующие отличия колориметрических характеристик растительного покрова на эталонной тестовой площадке (доза азота 210 кг/га) и различных участках поля внутри выделенной зоны (g12–j17).



### Калибровочная кривая для определения обеспеченности растений азотом по колориметрическим характеристикам посева пшеницы

Оценка обеспеченности растений азотом по величине  $\Delta E$  для участков поля, выделенных желтой рамкой: J16 – коричневый, h15 – фиолетовый, g12 – синий.

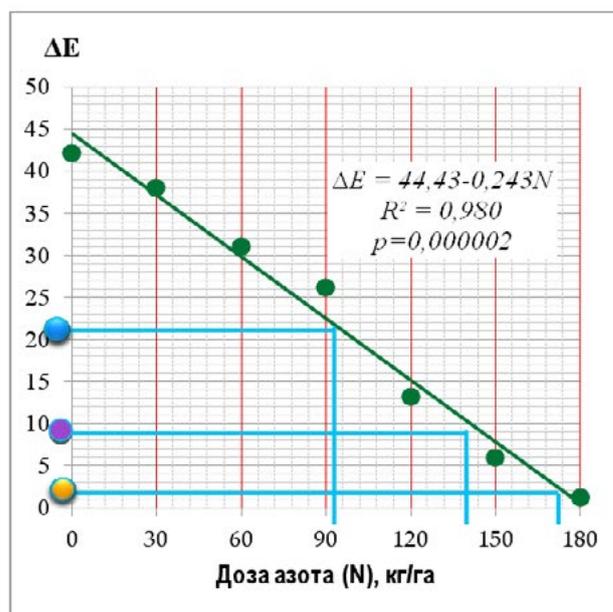


Рисунок 6. Инструменты интерпретации данных дистанционного зондирования (метод АФИ)

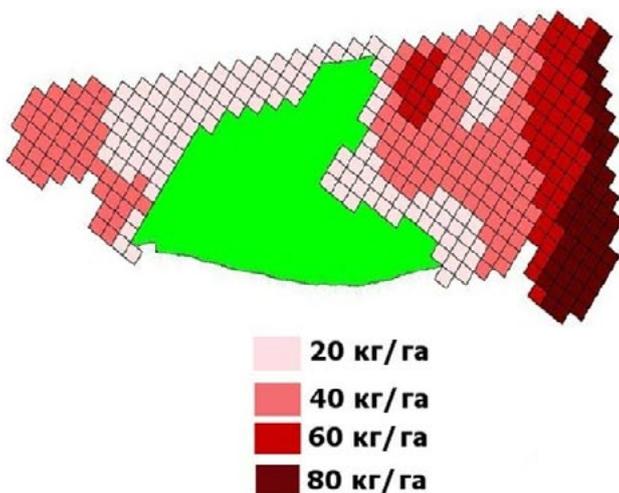


Рисунок 7. Карта-задание и бортовое оборудование агрегата для прецизионной азотной подкормки посевов

Важно отметить, что при апробации ИС использовался навигационный комплекс «Агронавигатор плюс» (разработка ООО «Системы точного земледелия», г. Новосибирск), оснащенный приемником спутниковых навигационных сигналов системы ГЛОНАСС и обеспечивающий субметровую точность вождения техники. В полевом эксперименте были задействованы две машины — РМУ-8000 (Щучинский ремонтный завод, Беларусь) и Amazone

(Евротехника, г. Самара), укомплектованные электронным оборудованием для автоматического управления дозирующими элементами, а в качестве управляющего компьютера также использовался навигационный комплекс «Агронавигатор плюс». Данный комплекс продемонстрирован АФИ на агропромышленной выставке «Всероссийский день поля-2019», прошедшей в Ленинградской области.

### Библиографический список (References)

- Алпайдин Э (2017) Машинное обучение: новый искусственный интеллект. Пер. с англ. М.: Издательская группа «Точка». 208 с.
- Баденко ВЛ, Топаж АГ, Якушев ВВ и др. (2017) Имитационная модель агроэкосистемы как инструмент теоретических исследований. *Сельскохозяйственная биология*. 52(3):437–445. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.437rus>
- Буре ВМ, Митрофанов ЕП, Митрофанова ОА и др. (2018) Выделение однородных зон сельскохозяйственного поля для закладки опытов с помощью беспилотного летательного аппарата. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления*. 14(2):145–150
- Гаврилова ТА, Муромцев ДИ (2008) Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы. Санкт-Петербург: Высшая школа менеджмента СПбГУ. 488 с.
- Конев АВ, Ломакин ВС, Матвеев ДА и др. (2018) Структура представления производственных процессов в системе поддержки принятия агротехнологических решений. *Агрофизика*. 1:24–36.
- Лупян ЕА, Бурцев МА, Прошин АА, Кобец ДА (2018) Развитие подходов к построению информационных систем дистанционного мониторинга. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 15(3):53–66. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-3-53-66>
- Лупян ЕА, Мазуров АА, Назиров РР, Прошин АА и др. (2011) Технологии построения информационных систем дистанционного мониторинга. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 8(1):26–43.
- Матвеев ДА, Якушев ВВ, Якушев ВП (2019) Прецизионное управление азотным режимом яровой пшеницы на основе дистанционного зондирования посевов. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса* 16(3):79–86. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-79-86>
- Митрофанова ОА, Буре ВМ, Канаш ЕВ (2016) Математический модуль для автоматизации колориметрического метода оценки обеспеченности растений азотом. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления* 1:85–91.
- Павлюшин ВА, Лысов АК (2019) Фитосанитарная безопасность агроэкосистем и дистанционный фитосанитарный мониторинг в защите растений. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 16(3):69–78. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-69-78>
- Полуэктов РА (1991) Динамические модели агроэкосистем. Л.: Гидрометеиздат. 312 с.
- Шпанев АМ (2019) Экспериментальная база для дистанционного зондирования фитосанитарного состояния агроэкосистем на Северо-Западе РФ. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса* 16(3): 61–68. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-61-68>
- Якушев ВВ (2010) Интеллектуальные системы управления для ресурсосберегающих технологий точного земледелия. *Экологические системы и приборы* 7: 26–33.
- Якушев ВВ (2016) Точное земледелие: теория и практика. СПб.: АФИ. 364 с.
- Якушев ВП, Дубенок НН, Лупян ЕА (2019) Опыт применения и перспективы развития технологий дистанционного зондирования Земли для сельского хозяйства. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса* 16(3):11–23. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-11-23>
- Якушев ВП, Лекомцев ПВ, Воропаев ВВ (2017) Дифференцированное применение средств химизации при выращивании яровой пшеницы. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки* 4:13–17.
- Якушев ВП, Якушев ВВ (2007) Информационное обеспечение точного земледелия. СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН. 384 с.
- Якушев ВП, Якушев ВВ (2018) Перспективы «умного сельского хозяйства» в России. *Вестник РАН* 88(9):773–784.
- Якушев ВП, Якушев ВВ, Конев АВ и др. (2018) О совершенствовании реализации агротехнологических решений в точном земледелии. *Вестник российской сельскохозяйственной науки* 1:13–17.
- Aker JC (2011) Dial “A” for agriculture: a review of information and communication technologies for agricultural extension in developing countries. *Agric Econ* 42(6):631–647. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2011.00545.x>
- Bramley RGV, Ouzman J (2019) Farmer attitudes to the use of sensors and automation in fertilizer decision-making: nitrogen fertilization in the Australian grains sector. *Precis Agric* 20(1):157–175. <https://doi.org/10.1007/s11119-018-9589-y>
- Eli-Chukwu NC (2019) Applications of Artificial Intelligence in Agriculture: A Review. *Eng Technol Appl Sci Res* 9(4):4377–4383.
- Fountas S, Carli G, Sorensen CG, Tsiropoulos Z et al (2015) Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Comp Electron Agric* 115:40–50. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.05.011>
- Grifn TW, Miller NJ, Bergtold J, Shanoyan A et al (2017) Farm’s sequence of adoption of information-intensive

- precision agricultural technology. *Appl Eng Agr* 33(4):521–527. <https://doi.org/10.13031/aea.12228>
- Kang MZ, Wang FY (2017) From parallel plants to smart plants: intelligent control and management for plant growth. *IEEE-CAA J Automatica Sinica* 4(2):161–166. <https://doi.org/10.1109/JAS.2017.7510487>
- Kernecker M, Knierim A, Wurbs A, Kraus T, Borges F et al (2020) Experience versus expectation: farmers' perceptions of smart farming technologies for cropping systems across Europe. *Precis Agric* 21(1):34–50. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09651-z>
- Kuehne G, Llewellyn R, Pannell DJ, Wilkinson R et al (2017) Predicting farmer uptake of new agricultural practices: A tool for research, extension and policy. *Agric Syst* 156:115–125. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.06.007>
- Long TB, Blok V, Coninx I (2016) Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy. *J Clean Prod* 112:9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.044>
- Miller NJ, Griffin TW, Ciampitti IA, Sharda A (2019) Farm adoption of embodied knowledge and information intensive precision agriculture technology bundles. *Precis Agric* 20(2):348–361. <https://doi.org/10.1007/s11119-018-9611-4>
- Paustian M, Theuvsen L (2017) Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. *Precis Agric* 18(5):701–716. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9482-5>
- Reichardt M, Jurgens C (2009) Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups. *Precis Agric* 10(1):73–94. <https://doi.org/10.1007/s11119-008-9101-1>
- Scherer LA, Verburg PH, Schulp CJE (2018) Opportunities for sustainable intensification in European agriculture. *Global Environ Chang* 48:43–55. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.009>
- Tey YS, Brindal M (2012) Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precis Agric* 13(6):713–730. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9273-6>
- Walter A, Finger R, Huber R, Buchmann N (2017) Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proc Nat Acad Sci USA* 114(24):6148–6150. <https://doi.org/10.1073/pnas.1707462114>
- Wolfert S, Ge L, Verdouw C, Bogaardt, M-J (2017) Big data in smart farming: A review. *Agric Syst* 153:69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

#### Translation of Russian References

- Alpaydin E (2017) *Mashinnoye obucheniye: novyye iskusstvennyy intellekt* [Machine learning: new artificial intellect]. Per. s angl. Moskva: Izdatelskaya gruppa «Tochka». 208 p. (In Russian)
- Badenko VL, Topazh AG, Yakushev VV et al. (2017) [Crop models as research and interpretative tools]. *Selskokhozyaystvennaya biologiya* 52(3):437–445 (In Russian) <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.3.437rus>
- Bure VM, Mitrofanov YEP, Mitrofanova OA et al. (2018) [Selection of homogeneous zones of agricultural field for performing experiments using unmanned aerial vehicle]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Protsessy upravleniya*. 14(2):145–150 (In Russian) <https://doi.org/10.21638/11702/spbu10.2018.206>
- Gavrilova TA, Muromtsev DI (2008) *Intellektualnyye tekhnologii v menedzhmente: instrumenty i sistemy* [Intelligent technologies in management: tools and systems]. St. Petersburg: Vysshaya shkola menedzhmenta SPbGU. 488 p. (In Russian)
- Konev AV, Lomakin VS, Matveyenko DA et al. (2018) [The structure of production processes in the agrotechnical decision support system]. *Agrofizika* 1:24–36 (In Russian) <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2018.01.04>
- Lupyan YeA, Burtsev MA, Proshin AA, Kobets DA (2018) [Development of the concepts for remote monitoring information systems]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* 15(3):53–66 (In Russian) <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-3-53-66>
- Lupyan YeA, Mazurov AA, Nazirov RR, Proshin AA et al. (2011) [Technologies for building remote monitoring information systems]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* 8(1):26–43 (In Russian)
- Matveyenko DA, Yakushev VV, Yakushev VP (2019) [Precision management of the nitrogen status of spring wheat crops based on remote sensing data]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* 16(3):79–86 (In Russian) <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-79-86>
- Mitrofanova OA, Bure VM, Kanash YeV (2016) [Math module to automate the colorimetric method for estimating nitrogen status of plants]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Protsessy upravleniya* 1:85–91 (In Russian)
- Pavlyushin VA, Lysov AK (2019) [Phytosanitary safety of agroecological systems and remote phytosanitary monitoring in plant protection]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* 16(3):69–78 (In Russian) <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-69-78>
- Poluektov RA (1991) *Dinamicheskiye modeli agroekosistem* [Dynamic models of agroecosystems]. L.: Gidrometeoizdat. 312 p. (In Russian)
- Shpanev AM (2019) [Experimental basis for remote sensing of phytosanitary condition of agroecosystems in the North-West of the Russian Federation]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* 16(3):61–68. (In Russian) <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-61-68>
- Yakushev VP, Dubenok NN, Lupyan YeA (2019) [Earth remote sensing technologies for agriculture: application experience and development prospects]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* 16(3):11–23 (In Russian) <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-11-23>
- Yakushev VP, Lekomtsev PV, Voropayev VV (2017) [Differentiated rate fertilizer and ameliorant application

- in the cultivation of spring wheat]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* 4:13–17. (In Russian)
- Yakushev VP, Yakushev VV (2007) Informatsionnoye obespecheniye tochnogo zemledeliya [Information support of precision agriculture]. St. Petersburg: PIYaF RAN. 384 p. (In Russian)
- Yakushev VP, Yakushev VV (2018) Perspektivy «umnogo selskogo khozyaystva» v Rossii [Prospects of “smart agriculture” in Russia]. *Vestnik RAN* 88(9):773–784. (In Russian)
- Yakushev VP, Yakushev VV, Konev AV et al. (2018) [On improving the implementation of agrotechnological solutions in precision agriculture]. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* 1:13–17. (In Russian)
- Yakushev VV (2010) [Intelligent management systems for resource-saving technologies of precision agriculture]. *Ekologicheskiye sistemy i pribory* 7:26–33 (In Russian)
- Yakushev VV (2016) Tochnoye zemledeliye: teoriya i praktika [Precision agriculture: theory and practice]. St. Petersburg: AFI. 364 p. (In Russian)

Plant Protection News, 2020, 103(1), p. 25–36

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<http://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-1-25-36>

*Full-text article*

## SCIENTIFIC BACKGROUND OF INTELLECTUAL SYSTEM DEVELOPMENT FOR PRECISION AGRICULTURE

V.P. Yakushev, V.V. Yakushev, S.Yu. Blokhina\*

*Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia*

*\*corresponding author, e-mail: e-mail: sblokhina@agrophys.ru*

The paper presents the new approach for the construction of a knowledge background and the developing of the intellectual system on its basis to support the planned technological solutions. The generation of industrial-technological spectrum of operative possibilities and optimal proposals for precision crop yield management have been fulfilled by intellectual support systems with due consideration of weather, soil, ecological and economic conditions of the given agricultural area. The logical-and-linguistic apparatus has been applied to present and process agro-technological knowledge. The formalization of the subject area and determination the main entities and the relationships between the concepts have been carried out with specialized model structures for describing technological operations and production rules. As a result, the agrotechnological knowledge has been presented in an uniform structured form suitable for storage and computer processing. The prototype of the intellectual system has been tested in comparative field experiments aimed at examination of technologies of varied intensity, including precision agriculture technology. Differentiated approach to the calculation and application of chemicals according to indicators of field fertility and crop conditions is the distinctive feature of precision agriculture technology. Long-term field tests have shown economic and ecological efficiency of intellectual support system implementation for application of planned technological solutions. The quality of spring wheat grain has been considerably improved, the agrochemical impact on the environment has been reduced by 35–60%, the sufficiency of fertilizer and crop protection products has increased by 1.5–1.7 times along with the significant increment of crop production. Trials of the intellectual system have been performed on the basis of integration of domestic on-board navigation equipment (Precision Farming Systems Ltd. Novosibirsk), robotic units based on RMU-8000 (Shchuchinsky repair factory, Belarus) and Amazone (Euroengineering, Samara) vehicles. This complex has been presented during the agricultural exhibition “All-Russian Field Day 2019” held in the Leningrad Region.

**Keywords:** precision agriculture, intellectual systems, knowledge background, mathematical model, electronic task map, remote sensing data, optical crop characteristics

*Received: 04.12.2019*

*Accepted: 21.01.2020*

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТИ К ИНСЕКТИЦИДАМ В СИБИРСКИХ ПОПУЛЯЦИЯХ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА В СВЯЗИ С ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ЭКСПАНСИЕЙ ВРЕДИТЕЛЯ

Г.В. Беньковская<sup>1\*</sup>, И.М. Дубовский<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа

<sup>2</sup>Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск

<sup>3</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская область

\* ответственный за переписку, e-mail: bengal2@yandex.ru

Полученные при токсикологическом анализе данные о чувствительности имаго колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) на территории Новосибирской области свидетельствуют о наличии множественной резистентности к препаратам из классов фосфорорганических соединений (ФОС), неоникотиноидов и нерестиоксинов. Особенностью новосибирской популяции является высокая чувствительность к пиретроидам и фенилпиразолам. Эти данные, а также высокий уровень фенотипического сходства имаго из выборок Новосибирской области и Казахстана позволяют выдвинуть предположение о том, что популяционный комплекс колорадского жука на территории Казахстана сформировался из части “волны расселения”, не успевшей попасть под широкомасштабное применение пиретроидов, осуществлявшееся в зоне средней полосы России в 80-е годы XX века. Вероятно, дальнейшее распространение этой части популяции вида на север привело к формированию новых зон натурализации вида на территории Сибири.

**Ключевые слова:** колорадский жук, токсикологический анализ, резистентность, популяционный комплекс

Поступила в редакцию: 10.12.2019

Принята к печати: 10.02.2020

### Введение

История расселения колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) на территории вторичного ареала – Евразии до сих пор не завершена, и пути расселения вида не всегда однозначно определены. Прогнозы экспансии, сделанные в 70-х годах XX века (Ушатинская, 1981), как теперь очевидно, не учитывали весь адаптивный потенциал фитофага, и предполагаемые границы его распространения давно не соответствуют истинному положению. Постоянный рост резистентности колорадского жука к химическим инсектицидам на европейской части ареала – основная причина необходимости

в более тщательном мониторинге распространения резистентности в популяциях на вновь занимаемых площадях.

К сожалению, токсикологический анализ чувствительности вида к набору инсектицидов из разных классов на территории Сибири не проводился, и мы ориентировались на опубликованные данные по биологической эффективности нескольких пиретроидов (Слобожанина, 2007), неоникотиноида (Танрек), аверсектина (Фитоверм) и бактериального препарата БТБ (Чуликова, 2014), судя по которым чувствительность к пиретроидам в популяциях Сибири выше, чем чувствительность к остальным препаратам.

### Материалы и методы

Имаго колорадского жука летней генерации были собраны в период с середины июля до середины августа 2013 и 2016 годов на территории Новосибирской области (Карасукский район) и на территории Республики Башкортостан (Бирский район) на картофельных посадках в частных хозяйствах и на плантации Бирского опытного хозяйства Башкирского НИИ сельского хозяйства. До обработок (3–5 сут) имаго содержали в лабораторных условиях на свежем корме при естественном освещении и температуре + 23–26 °С.

Оценку чувствительности к инсектицидам проводили топикальным методом, нанося 1 мкл спиртового раствора инсектицида микрошприцом МШ-1 на выемку переднегруди с вентральной стороны. Для расчетов СК 50 (концентрации, смертельной для 50% обработанных особей) применяли для каждого инсектицида серию из 5 последовательных концентраций, каждый вариант в 3х повторностях по 20 особей. Для обработки использовали хроматографические стандарты действующих веществ инсектицидов производства Sigma-Aldrich (USA) из классов

ФОС (пиримифос-метил), пиретроидов (дельтаметрин), неоникотиноидов (тиаметоксам), фенилпиразолов (фипронил) и нерестиоксинов (бенсултап). По результатам определения СК 50 рассчитывали индекс токсичности – ИТ как показатель резистентности (Сухорученко и др., 2006). Для определения доли устойчивых особей в выборке из 100 имаго для топикальной обработки использовали диагностическую концентрацию каждого инсектицида (Сухорученко и др., 2006).

Оценку фенетического полиморфизма в выборках имаго проводили, выделяя три основных морфотипа – ахромисты, промежуточный тип и меланисты, и оценивая их доли в структуре выборок (Беньковская, 2009). Объем выборок имаго из популяции южного Урала составил 400 особей, с территории Сибири – 300 особей, и с территории Казахстана – 200 особей. Статистическую обработку данных токсикологического анализа проводили методом пробит-анализа в модификации Миллера-Тейнтера (Сухорученко и др., 2006).

### Результаты и обсуждение

Нами в 2013 и 2016 годах предпринят сравнительный токсикологический анализ чувствительности к набору инсектицидов из 5 классов у молодых имаго колорадского жука летней генерации на территории Республики Башкортостан и Новосибирской области (табл. 1).

Данные анализа демонстрируют очень высокий уровень устойчивости в популяции Новосибирской области к ФОС, с показателем ИТ более 21, т.е. в 7 раз выше, чем в популяциях Южного Урала. Обращает на себя внимание понижение чувствительности к тиаметоксам и

бенсултапу, также значительно отличающееся для новосибирской популяции.

В популяции Новосибирской области, так же как и в популяции Республики Башкортостан (РБ), на фоне высокой устойчивости к ФОС высока доля особей, устойчивых к диагностическим концентрациям тиаметоксама и бенсултапа (рис. 1) при высоких индексах ИТ (больше 2 и 1.5 соответственно). Удивительно то, что на этом фоне в сибирской популяции вида сохраняется очень высокая чувствительность к пиретроидам, а также к фипронилю.

Таблица 1. Сравнительная чувствительность к инсектицидам из разных химических классов колорадского жука южно-уральской и сибирской популяций. Приведены значения СК 50 (доверительный интервал 95 %) для топикальной обработки

Инсектицид, действующее вещество	СК50 инсектицида для имаго летней генерации, % д. в.			
	южно-уральская популяция		сибирская популяция	
	2013	2016	2013	2016
Пиримифос-метил	0.171 (0.159–0.183)	0.7703 (0.7193–0.8213)	3.042 (2.630–3.454)	2.914 (2.187–3.641)
Дельтаметрин	0.0443 (0.0082–0.8054)	0.0218 (0.0143–0.0293)	0.00025 (0.000054–0.00019)	0.00047 (0.000389–0.000559)
Тиаметоксам	0.00103 (0.0003–0.00073)	0.0024 (0.0016–0.0032)	0.00475 (0.0032–0.0063)	0.0025 (0.00227–0.00274)
Фипронил	0.000098 (0.00009–0.00011)	0.000306 (0.000296–0.000316)	0.000133 (0.00012–0.00015)	0.00009 (0.000079–0.000101)
Бенсултап	0.02056 (0.0191–0.0221)	0.059 (0.0574–0.0606)	0.9068 (0.8251–0.9885)	1.833 (1.131–2.535)

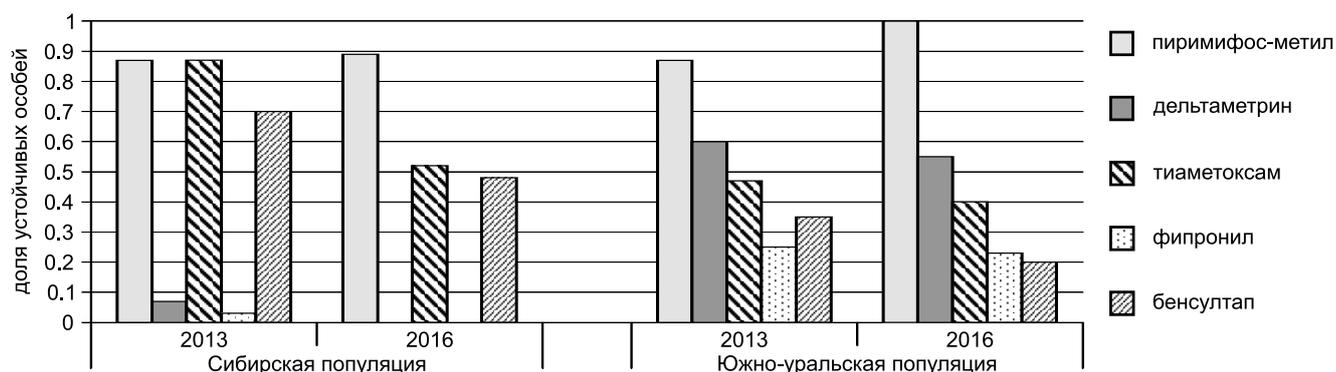


Рисунок 1. Частота встречаемости устойчивых к инсектицидам имаго в сибирской и южно-уральской популяциях колорадского жука

Ранее было показано, что соотношение морфотипов имаго, выделенных по степени меланизации рисунка покровов, может служить индикатором процессов формирования резистентности в популяциях колорадского жука (Беньковская, 2009; Китаев и др., 2016). Проведенный нами фенетический анализ выборок имаго из популяций РБ и Сибири показал, что доля особей с морфотипом ахромистов (А) почти в 2 раза выше в популяциях РБ (0.367 по сравнению с 0.199), а в сибирской популяции преобладают особи промежуточного типа (П) (0.476) и меланисты (М, 0.333), тогда как для южно-уральской популяции их доли составили соответственно 0.367 и 0.267.

К сожалению, у нас не было возможности проведения токсикологического анализа для выборки имаго из Казахстана (2013 г.), но проведенный фенетический анализ показал, что соотношение морфотипов А:П:М, равное

0.222:0.459:0.322 демонстрирует очень высокий уровень сходства морфотипической структуры с сибирской популяцией: рассчитанный индекс корреляции Пирсона равен 0.993 при значимости  $p \leq 0.001$ .

Эти результаты наряду с результатами токсикологического анализа чувствительности к инсектицидам выборок из РБ и Новосибирской области позволяют выдвинуть предположение о том, что популяционный комплекс колорадского жука на территории Казахстана сформировался из части «волны расселения», не успевшей попасть под широкомасштабное применение пиретроидов, осуществившееся в зоне средней полосы России в 80-е годы. Вероятно, дальнейшее распространение этой части популяции вида на север привело к формированию новых зон натурализации вида на территории Сибири.

Авторы благодарят д.б.н. В.Ю. Крюкова (ИСиЭЖ СО РАН, Новосибирск) за активную помощь в сборе биоматериала и обсуждении результатов.

Исследования частично поддержаны грантами РФФИ №17-44-020347-р\_а и №18-416-540008 р\_а.

**Библиографический список (References)**

- Беньковская ГВ (2009) Эколого-физиологические характеристики и полиморфизм имаго колорадского жука на территории Башкортостана *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки*. 3 (58): 59–67.
- Китаев КА, Марданшин ИС, Сурина ЕВ, Леонтьева ТЛ и др (2016) Моделирование генетических процессов формирования резистентности к фипронилю в популяциях колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 20(1): 78–86. <http://doi.org/10.18699/VJ16.112>
- Слобожанина ЕА (2007) Особенности развития колорадского жука в Зауралье за последние 5 лет *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 3:23–26
- Сухорученко ГИ, Долженко ВИ, Гончаров НР, Васильева ТИ и др (2006) Технология и методы оценки побочных эффектов от пестицидов. СПб.: ВИЗР. 52 с.
- Ушатинская РС (ответств. ред.) (1981) Колорадский картофельный жук. М.: Наука. 377 с.
- Чуликова НС (2014) Экономическая эффективность использования инсектицидов против колорадского жука на разных сортах картофеля *Вестник НГАУ*. 4(33): 65–69.

**Translation of Russian References**

- Benkovskaya GV (2009) [Ecological and physiological features and polymorphism of Colorado potato beetle adults in Bashkortostan] *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya estestvennye nauki*. 3 (58): 59–67. (In Russian)
- Kitaev KA, Mardanshin IS, Surina EV, Leontieva TL et al (2016) [Modeling of genetic processes underlying the development of resistance to fipronil in the Colorado potato beetle] (*Leptinotarsa decemlineata* Say) *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 20(1):78–86. <http://doi.org/10.18699/VJ16.112> (In Russian)
- Slobozhanina EA (2007) [Development particularities of Colorado beetle in the Trans-Ural region over the last five years] *Sibirskii vestnik selskohozyaistvennoi nauki*. 3:23–26. (In Russian)
- Sukhoruchenko GI, Dolzhenko VI, Goncharov NR, Vasyliieva TI et al (2006) *Tekhnologiya i metody otsenki pobochnykh effektov ot pesticidov*. [Technology and methods of estimation of pesticide side effects]. St. Petersburg: VIZR: 52 pp. (In Russian)
- Ushatinskaya RS (Ed.-in-chief) (1981) *Koloradskiy kartofelnyy zhuk* [Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say.]. Moscow: Nauka. 377 pp. (In Russian)
- Chulikova NS (2014) [Economic efficiency of insecticide application against Colorado beetle to different potato cultivars. *Bulletin of NSAU* [Novosibirsk State Agrarian University Bulletin].(4):65–69. (In Russian)

Plant Protection News, 2020, 103(1), p. 37–39

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology)

<http://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-1-37-39>

**Short communication**

## SPREADING OF COLORADO POTATO BEETLE RESISTANCE TO CHEMICAL INSECTICIDES IN SIBERIA AND HISTORY OF ITS SETTLING IN THE SECONDARY AREA

G.V. Benkovskaya<sup>1\*</sup>, I.M. Dubovskiy<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of biochemistry and genetics, Ufa federal scientific centre of RAS, Ufa, Russia*

<sup>2</sup>*Novosibirsk state agricultural university, Novosibirsk, Russia*

<sup>3</sup>*Siberian federal scientific centre of agrobiotechnologies of RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia*

\*corresponding author, e-mail: [bengal2@yandex.ru](mailto:bengal2@yandex.ru)

Data obtained from toxicological analysis of sensitivity to insecticides in Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) in Novosibirsk region evidenced presence of multiresistance to organophosphorus compounds (OPC), neonicotinoids and nereistoxins. High level of sensibility to pyrethroids and phenylpyrazoles is a peculiarity of Novosibirsk population of Colorado beetle. These data as well as high phenotypical similarity of adults from Novosibirsk region and Kazakhstan suggest that population complex of Colorado beetle in Kazakhstan had formed from part of the “settling wave” which did not fall under wide-scale pyrethroids application in the middle zone of Russia in 1980<sup>th</sup>. Probably, further spreading of this part of Kazakhstan population northwards led to formation of new zones of species naturalization in Siberia.

**Keywords:** Colorado beetle, toxicological analysis, resistance, population complex

Received: 10.12.2019

Accepted: 10.02.2020

## ОЛЕАНДРОВАЯ ЩИТОВКА *ASPIDIOTUS NERII* В ОРАНЖЕРЕЕ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Н.С. Рак, С.В. Литвинова\*

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина, Кольский научный центр РАН,  
Кировск, Мурманская обл.

\* ответственный за переписку, e-mail: [litvinvasvetlana203@rambler.ru](mailto:litvinvasvetlana203@rambler.ru)

Представлены результаты многолетних исследований биологии *Aspidiotus nerii*, акклиматизировавшейся в коллекционной оранжерее Полярно-альпийского ботанического сада. В оранжерейных условиях развивается в трех поколениях. Разработаны лабораторные методы содержания маточных культур *A. nerii* в отдельных биокамерах изолированного бокса инсектария, оборудованных для выращивания растений. Изучен сезонный цикл вредителя, дана характеристика стадий развития, подобраны растения – накопители. Размеры самок *A. nerii* не зависят от кормовых растений, а их плодовитость различается незначительно. В оранжерее выделены виды растений-резерватов, на которых формируются и обосновываются колонии *A. nerii*, для мониторинга их численности и подбора мероприятий по защите растений.

**Ключевые слова:** щитовки, оранжерея, инсектарий, искусственный ценоз, жизненный цикл, кормовые растения, методы лабораторного разведения

Поступила в редакцию: 01.02.2019

Принята к печати: 28.01.2020

### Введение

В оранжереях Полярно-альпийского ботанического сада (ПАБСИ) содержится уникальная коллекция тропических и субтропических растений. Большинство из них являются редкими, экзотическими и достаточно сложными для выращивания в условиях оранжереи. Серьезной проблемой длительное время была защита растений от вредителей из подотряда Coccinea.

Наиболее устойчивой к условиям теплиц Заполярья оказалась *Aspidiotus nerii* Bouche = *Aspidiotus hederace* Signoret (олеандровая или плющевая щитовка), которая появилась с интродуцированными тропическими и субтропическими растениями еще в 40-е годы при создании коллекции (Новицкая, 1957). Мониторинг многолетней

динамики численности заселения растений *A. nerii* показал, что в 1957 году вредитель был выявлен на 16 видах растений (Новицкая, 1957), с 1962–1974 гг – количество видов кормовых растений изменилось незначительно (Вершинина, 1980). В 2005–2006 годах вредитель заселял более 25 видов тропических и субтропических растений из 16 семейств (Рак и др., 2014б). В связи с этим возникла необходимость изучения биологических особенностей и разработка методов борьбы с *A. nerii*.

Статья является третьей (заключительной) из цикла работ по кокцидам (см. «Вестник защиты растений» №3 – 2014, с. 67–70, № 3(85) – 2015, с. 38–41).

### Материалы и методы

Исследования проводились в коллекционной оранжерее и в инсектарии Полярно-альпийского ботанического сада. Обобщены материалы предыдущих лет работы (1957–1974 гг) и представлены результаты нового этапа исследований – изучение биологии *A. nerii* за период с 2004 по 2018 годы.

Распространение *A. nerii* в коллекционной оранжерее (температура воздуха от +5 до +40°C, относительная влажность воздуха от 30 до 95%, с искусственным досвечиванием до 14 часов в зимнее время) выявляли при обследованиях (2–3 раза в месяц). Фиксировали численность и заселенность растений. Характер повреждений и вредоносность изучали визуально, путем глазомерной оценки и описания. На предпочитаемых *A. nerii* растениях подсчитывали число особей, определяли среднюю численность вредителя в сезонной динамике на отдельных листьях (не менее 10), выбранных случайно из разных ярусов (Кузнецов и др., 1981).

Для изучения биологических особенностей *A. nerii* разработали методы размножения и способы содержания ее в лабораторных условиях (при температуре 20–25°C,

относительной влажности воздуха 60–80%, с искусственным досвечиванием 7–9 часов в зимнее время). В биокамерах выращивали кормовые растения для содержания кокцид в разных стадиях развития. Разведение и сохранение маточной культуры *A. nerii* проводили на растениях: *Phoenix canariensis* Chabaud, *Washingtonia filifera* (Linden ex Andr) H.Wendl. ex de Bary, *Asparagus sprengeri* Regel. Сезонную численность отдельных стадий в популяции *A. nerii*, количество поколений, ход яйцекладки, отрождение личинок, естественную смертность определяли в процессе ежедневных наблюдений за изолированными самками. Отбирали по десять листьев с пяти заселенных растений одного вида. Число особей в учете – не менее 100 самок. Плодовитость самок определяли путем подсчета яиц. Продолжительность эмбрионального развития – от даты появления первых яиц и первых отродившихся личинок. Для этого, с момента появления взрослых самок проводили регулярное вскрытие яичников и под биноклем наблюдали за ходом развития ооцитов. Появление зрелых ооцитов является началом яйцекладки. Продолжительность развития яиц изучали в биокамерах

с контролируемыми условиями (температура воздуха 22–24 °С, относительная влажность 60–75%). От яйцекладущих самок брали однодневные яйца. Партии таких яиц (100 шт.) помещали в термостат в чашках Петри. Опыт проводили в 3-х повторностях. За развитием эмбриона до момента появления личинки наблюдали два раза в сутки. Отмечали начало и окончание отрождения личинок из каждой партии яиц, вычисляли среднюю продолжительность их развития (Кузнецов и др., 1981). Длительность

развития отдельных стадий *A. nerii* устанавливали на модельных растениях с помеченными самками. Определение каждого показателя проводили в 3–5 повторностях (Осмоловский, 1964).

Морфологическое описание, измерение размеров кокацид (среднее из 20–30 измерений) проводили с использованием бинокулярного и фазово-контрастного микроскопов, фотографирование – камерой «Power Shot G12». Для обработки данных пользовались программой STATISTICA 6.0.

### Результаты и обсуждение

В оранжерее *A. nerii* активна круглый год, повреждает все надземные части травянистых и древесных растений. Взрослые особи неподвижны и по внешнему виду напоминают чешуйки. Щиток самки бело-серый, округлый, плоский, тонкий, состоит из двух светло-желтых личиночных шкурок, расположенных в центре и легко отделяется от тела. Самка грушевидной формы, светло-желтая, лишена ног и глаз. Откладывает от 4 до 20 яиц под щиток. Яйца овальные, грязно-белые. Личинки 1-го возраста (бродяжки) желтого цвета, имеют хорошо развитые ноги, круглые

глаза и усики, овальные, подвижны сразу после выхода из яиц в течение нескольких часов. По мере роста нимфы *A. nerii* линяют, самки – 2 раза, самцы – 4. Из личиночных шкурок и секреторных выделений образовывается щиток. Щиток самца белый, меньшего размера, чем у самки, личиночная шкурка оранжевая, находится в центре щитка. Самцы находятся под щитком до момента превращения в имаго с крыльями. Продолжительность их жизни 5–7 суток, после спаривания умирают (рис.).

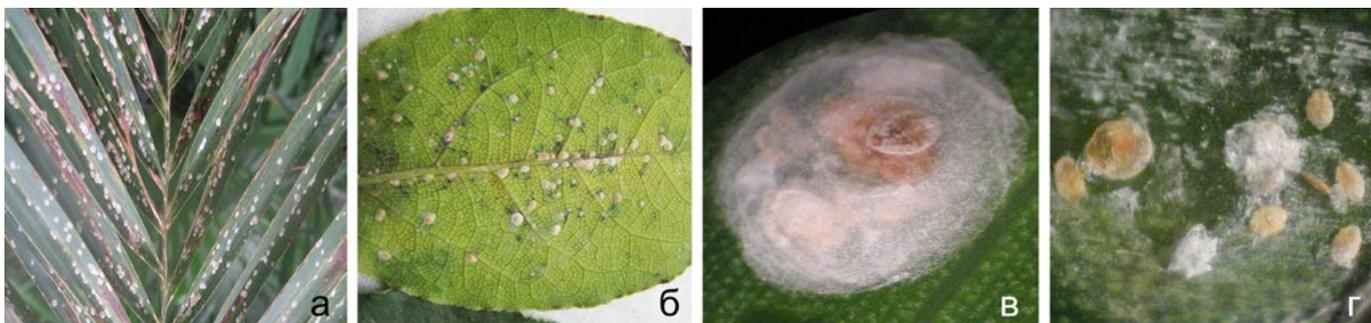


Рисунок. *Aspidiotus nerii* на растениях: *Phoenix canariensis* (а), *Laurus nobilis* (б); взрослая самка *A. nerii* (в), личинки-бродяжки (г)

В оранжерейных условиях насекомое развивается в трех поколениях. Сроки массового размножения приходятся на апрель и октябрь, для средней полосы это май, сентябрь, декабрь (Терезникова, Чумаков, 1989; Козаржевская, 1992; Ахатов, Ижевский, 2004). В таблице 1 представлены морфо-биологические показатели стадий развития *A. nerii*. В качестве модельного растения использовали *Phoenix canariensis*. Исследования проводили в лабораторных условиях при оптимальных значениях температуры и влажности воздуха (температура воздуха 22–24 °С, относительная влажность 60–75%).

Таблица 1. Характеристика стадий развития *Aspidiotus nerii*

Стадии	морфо-биологические показатели
<b>Яйцо</b>	
Размеры, (мм)	0.1±0.05×0.03±0.01
Окраска	бледно-желтая
Продолжительность развития (сутки)	26.9±0.22
<b>Личинка-бродяжка</b>	
Размеры (мм)	0.12±0.05×0.2±0.05
Окраска	светло-желтая
<b>Половозрелая самка</b>	
Окраска	бело-серая
Размеры (мм)	0.5±0.05-2.0±0.03
Плодовитость (кол-во яиц)	4-20
Массовое размножение	апрель, октябрь

Установлено, что размеры самок *A. nerii* не зависят от кормового растения, а их плодовитость в ряде случаев имеет небольшие, но статистически достоверные различия. Наибольшие показатели плодовитости наблюдались на *Washingtonia filifera*, наименьшие на *Solanum giganteum* (табл. 2).

В теплицах инсектария для разведения и изучения биологических особенностей *A. nerii* были испытаны: *Phoenix canariensis*, *Washingtonia filifera*, *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl., *Solanum giganteum* Jacq., *Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng., *Citrus limon* (L.) Osbeck, *Cyperus alternifolius* L. Установлено, что наиболее предпочтительным растением для *A. nerii* является *P. canariensis*. По сравнению с другими крупномерными растениями из семейства

Таблица 2. Размеры и плодовитость *Aspidiotus nerii* на разных кормовых растениях

Кормовое растение	Размеры самки, мм	Кол-во яиц, шт.
<i>Washingtonia filifera</i>	1.8±0.05×1.4±0.04	14.3±0.27 c
<i>Trachycarpus fortunei</i>	2.1±0.06×1.7±0.05	13.4±0.18 bc
<i>Phoenix canariensis</i>	2.1±0.04×1.6±0.03	12.1±0.23 b
<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	1.6±0.03×1.2±0.04	10.2±0.12 a
<i>Ficus carica</i> L.	2.0±0.05×1.8±0.03	9.54±0.11 a
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	1.7±0.04×1.4±0.04	9.44±0.11 a
<i>Solanum giganteum</i>	1.9±0.05×1.6±0.02	9.1±0.08 a

Одинаковыми буквами отмечены варианты, между которыми не выявлено достоверных различий ( $p > 0.05$ )

Agnesaceae оно более компактно, сравнительно быстро растет, легко размножается семенами, листья удобны для исследования биологии *A. nerii* при проведении экспериментов. В качестве растений-резерватов и накопителей *A. nerii* используются *Trachycarpus fortunei*, *Washingtonia filifera*, которые наиболее устойчивы к высокой численности вредителя.

В отдельных биокамерах изолированного бокса инсектария процесс разведения *A. nerii* состоит из этапов: 1 – выращивание кормовых растений *Phoenix canariensis*, 60–80 суток; 2 – заселение (от 2 до 7 суток) растений *A. nerii*, способом раскладывания листьев, зараженных половозрелыми самками; 3 – накопление *A. nerii* на *Phoenix canariensis*, 30–50 суток. Так, в течение года сохраняется и размножается популяция *A. nerii*.

Анализ пищевых предпочтений *A. nerii* позволил выявить в коллекционной оранжерее виды растений, на которых в основном происходит их накопление – *Archontophoenix cunninghamiana* (H. Wendl.) H. Wendl. et Drude., *Arecastrum romanzoffianum* (Cham.) Becc., *Asparagus sprengeri*, *Aucuba japonica* Thunb., *Camellia japonica* L., *C. sasanqua* Thunb. cv. Alba., *Caryota mitis* Lour., *Cinnamomum camphora* (L.) Nees et Eberm., *Chamaerops humilis* L., *Hedychium coccineum* Buch.-Ham., *Ligustrum japonicum* Thunb., *Phoenix canariensis*, *Strelitzia nicolai* Regel et Koern., *S. reginae* Ait., *Trachycarpus fortunei*, *Washingtonia filifera*. Наиболее предпочитаемыми являются растения из семейств Agnesaceae (из 15 видов, представленных в коллекции, вредитель обнаружен на 12), Asparagaceae,

Asteliaceae, Aucubaceae, Cupressaceae, Lauraceae, Araliaceae. Эти растения осматриваются при фитосанитарном контроле более тщательно и служат индикаторами, сигнализирующими о появлении и массовом размножении вредителя в оранжерее.

Для борьбы с *A. nerii* применялись различные методы: агротехнические, механические и химические. Многократное опрыскивание листьев растений различными пестицидами по очагам; одновременное опрыскивание и пролив под корень одним препаратом оказывались малоэффективными, так как численность вредителя снижалась незначительно, и при этом количество видов, заселяемых *A. nerii*, к концу года неизменно сохранялось. Нами разработан и применяется в оранжерее ПАБСИ метод пролива растений под корень баковой смесью, два химических препарата разного спектра действия совместно с минеральной подкормкой (питательные растворы по Бентли, Хогланда) в период массового размножения *A. nerii* и в начале интенсивного роста растений, один раз в год, апрель–май (Рак, Литвинова, 2014а). Наибольшую эффективность показали следующие смеси инсектицидов: Актеллик, КЭ (500 г/л) + Конфидор Экстра, ВДГ (700 г/кг); ДИ-68, КЭ (400 г/л) + Актара, ВДГ (250 г/кг); Данадим Эксперт, КЭ (400 г/л) + Актара ВДГ (250 г/кг).

Такая тактика позволила снизить до минимума популяцию *A. nerii*, которая в настоящее время отмечается в коллекционной оранжерее ПАБСИ только на одном растении *Hedera canariensis* Willd.

### Заключение

Сформировавшаяся естественным отбором в искусственном ценозе оранжереи Полярно-альпийского ботанического сада популяция *A. nerii* активна круглый год, способна развиваться в трех поколениях. Взрослые особи и личинки *A. nerii* повреждают все надземные части травянистых и древесных растений. Размеры самок *A. nerii* не зависят от кормовых растений, а их плодовитость различается незначительно.

В условиях инсектария разработан лабораторный способ размножения и сохранения *A. nerii* на кормовых растениях *Phoenix canariensis* для подбора методов борьбы с вредителем. Комплексное использование препаратов различного спектра действия позволило снизить до минимума популяцию *A. nerii* в коллекционной оранжерее ПАБСИ.

### Библиографический список (References)

- Ахатов А.К., Ижевский С.С. (2004) Вредители тепличных и оранжерейных растений (морфология, образ жизни, вредоносность, борьба). М.: Товарищество научных изданий КМК. 307 с.
- Вершинина Н. П. (1980) Вредители декоративных растений Мурманской области. В кн.: Г.Н. Андреев (ред.). Развитие ботанических исследований на Кольском Севере. Апатиты: Изд-во КФАН СССР. 138–147
- Козаржевская Э.Ф. (1992) Вредители декоративных растений. М.: Наука. 358 с.
- Кузнецов Н.Н., Ткачук В.К., Лазарев М.А. (1981) Методические рекомендации по определению и изучению кокцид и тлей хвойных пород Крыма и мерам борьбы с ними. Ялта. 46 с.
- Новицкая Л.А. (1957) Вредители декоративных растений Мурманской области. В кн.: Г.Н. Андреев (ред.). Декоративные растения и озеленение Крайнего Севера. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 12–18
- Осмоловский Г.Е. (1964) Выявление сельскохозяйственных вредителей и сигнализация сроков борьбы с ними. М.: Россельхозиздат. 203 с.
- Рак Н.С., Литвинова С.В. (2014а) Кокциды (Homoptera, Coccinea) и опыт борьбы с ними в оранжереях Полярно-альпийского ботанического сада (мониторинг, пищевые связи). *Энтомологическое обозрение* 1(93):58–62.
- Рак Н.С., Литвинова С.В., Напарьева М.В. (2014б) Мониторинг вредителей из подотряда Coccinea в коллекционной оранжерее Полярно-альпийского ботанического сада. *Hortus bot.* 9. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2001>. doi: 10.15393/j4.art.2014.2001
- Терезникова Е.М., Чумак П.Я. (1989) Защита цветочно-декоративных растений от вредителей: Справочник. М.: Агропромиздат. 126 с.

## Translation of Russian References

- Akhatov A.K., Izhevskiy S.S. (1999) [Protection in greenhouse and hothouse plants against pests]. Moscow: Partnership of scientific publications KMK. 307 p. (In Russian)
- Vershinina N. P. (1980) [The pests of ornamental plants of the Murmansk region]. In: G. N. Andreev (ed.). *Pazvitie botanicheskix issledovaniy na Kolskom Severe*. Apatity: KFAN USSR. 138–147. (In Russian)
- Kozarzhevskaja E.F. (1992) [The pests of ornamental plants]. Moscow: Nauka. 358 p. (In Russian)
- Kuznetsov N. N., Tkachuk V. K., Lazarev M. A. (1981) [Methodological recommendations on the definition and study of the aphids and scale insects of the Crimean conifers and measures to combat them]. Yalta. 46 p. (In Russian)
- Novitskaya L. A. (1957) [The pests of ornamental plants of the Murmansk region]. In: G. N. Andreev (ed.) *Dekopativnie pasteniya b ozelenenie Kraynego Severa*. M.-L.: Akademiya nauk USSR. 12–18. (In Russian)
- Osmolovskaya G. E. (1964) [Identification of pests and signaling in terms of dealing with them]. Moscow: Rosselkhozizdat. 203 p. (In Russian)
- Rak N.S., Litvinova S.V. (2014a) [Coccids (Homoptera, Coccinea) and experience of their control in greenhouses of the Polar-Alpine Botanical garden (monitoring, food relations)]. *Entomologicheskoe obozrenie* 1(93): 58–62 (In Russian)
- Rak N.S., Litvinova S.V., Napareva M. V. (2014b) [Monitoring of the pests suborder Coccinea in the collection greenhouses of the Polar-Alpine Botanical Garden] *Hortus bot.* 9 (In Russian) URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2001>. DOI: 10.15393/j4.art.2014.2001
- Tereznikova E.M., Chumak P.J. (1989) [Protection of ornamental plants against pests. Guide]. Moscow: Agropromizdat. 126 p. (In Russian)

Plant Protection News, 2020, 103(1), p. 40–43

OECD+WoS: 4.01+MU (Horticulture)

<http://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-1-40-43>

**Short communication**

*ASPIDIOTUS NERII* BOUCHE IN GREENHOUSE  
OF THE POLAR-ALPINE BOTANICAL GARDEN-INSTITUTE

N.S. Rak, S.V. Litvinova\*

*Polar-Alpine Botanical Garden-Institute (PABGI) Kola Science Center of RAS, Kirovsk, Russia*

\*corresponding author, e-mail: [litvinvasvetlana203@rambler.ru](mailto:litvinvasvetlana203@rambler.ru)

The results of the long-term studies of the biology of *Aspidiotus nerii*, acclimatized in the collection greenhouse of the Polar-Alpine Botanical garden, are presented. In greenhouse conditions, it develops in three generations. Laboratory methods have been developed for the maintenance of *A. nerii* mother cultures in separate bio-chambers of an isolated insectarium box equipped for plant cultivation. The seasonal cycle of the pest has been studied, the characteristics of the development stages has been provided, and the storage plants have been selected. In the greenhouse, the reservoir plant species hosting *A. nerii* colonies have been identified to provide monitoring of pest abundance and appropriate choice of plant protection measures.

**Keywords:** scale insects, greenhouse, insectarium, artificial conenose, life cycle

Received: 01.02.2019

Accepted: 28.01.2020

## ОЦЕНКА РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ ФЕРОМОННОГО ПРЕПАРАТА КОРИЧНЕВО-МРАМОРНОГО КЛОПА *HALYOMORPHA HALYS*

Е.В. Синицына<sup>1,2\*</sup>, Н.М. Атанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский центр карантина растений – «ВНИИКР», р.п. Быково, Московская область

<sup>2</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

\*ответственный за переписку, e-mail: [katesinitsyna@gmail.com](mailto:katesinitsyna@gmail.com)

В настоящей работе приведены результаты опытов 2019 года по изучению радиуса аттрактивного действия феромонного препарата на имаго коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* в полевых условиях. В испытаниях были использованы накопительные пластиковые ловушки типа «пирамида» с синтетическим феромонным препаратом отечественного производства. Химический состав препарата включал в себя смесь двух стереоизомеров: (3*S*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола и (3*R*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола, и вещество-синергист – метил-(*E,E,Z*)-2,4,6-декатриеноат. Ранее данный состав в дозировке 12 мг/диспенсер показал себя эффективным в отлове нимф и имаго коричнево-мраморного клопа в ходе полевых испытаний. Результаты испытаний 2019 года показали, что при выпуске меченых клопов в плодовых садах с расстояния 10 м вероятность отлова имаго в ловушки составила 9%, что обусловлено площадью 0.03 га. В то время как отлов в ловушки клопов с расстояния 20 м (площадь 0.1 га) был ниже и составил 3%. В посадках лещины общее количество отловленных в ловушку клопов было вдвое ниже, чем в плодовых садах, и вероятность отлова меченых имаго, выпущенных с расстояния 10 м (0.03 га) здесь составила 2.5%.

**Ключевые слова:** коричнево-мраморный клоп, *Halyomorpha halys*, инвазия, фитосанитарный мониторинг, феромонные ловушки

Поступила в редакцию: 04.12.2019

Принята к печати: 19.02.2020

### Введение

В настоящее время коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål (1855) (Hemiptera: Pentatomidae) представляет серьезную опасность для мирового сельского хозяйства. Родиной коричнево-мраморного клопа является Китай. Вредитель широко распространен в Азии (Япония, Северная и Южная Корея, Вьетнам и др.), в Америке (США, Канада, Чили), Океании (остров Гуам и Новая Зеландия), странах Европы (Австрия, Венгрия, Германия, Греция, Лихтенштейн, Румыния, Сербия, Словения, Словакия, Испания, Швейцария и др.), а также в Грузии и Абхазии (CABI Database, EPPO Global Database) (Жимерикин, Гулий, 2014; Duthie et al., 2012; Hobebe, Carter, 2003; Lee, 2002; Leskey et al., 2012; Wermelinger et al., 2008). Данный карантинный вредитель имеет статус отсутствующего вида на территории Евразийского экономического союза (ЕАЭС) (Единый перечень карантинных объектов ЕАЭС, 2018). К настоящему времени коричнево-мраморный клоп был выявлен на территории республики Казахстан (Жунисбай и др., 2019). Для юга России, региона влажных субтропиков, этот инвазивный вид является потенциально опасным и экономически значимым (Жимерикин, Гулий, 2014).

*Halyomorpha halys* (далее – *H. halys*) является полифагом, который вредит более чем на 300 видах растений из 49 ботанических семейств (Duthie et al., 2012; Hobebe, Carter, 2003; Lee, 2002; Leskey et al., 2012; Quarles, 2014; Wermelinger et al., 2008). Особо сильно вредит на яблоне, груше, персике, черешне, вишне, абрикосе, хурме, мандарине, инжире, фейхоа, годжи, винограде, малине, а также на овощных культурах, таких как томат, болгарский перец, фасоль, кукуруза, огурец и других тыквенных, на декоративных цветочных растениях и лиственных породах деревьев (лещина). Также были отмечены повреждения

зеленых культур, таких как шпинат. Кроме того, вредитель может развиваться на сорных растениях как паслен черный, и на диких видах ягодных растений: ежевика, малина (Жимерикин, Гулий, 2014; Wermelinger et al., 2008). На плодовых и овощных культурах вредитель повреждает плоды, на цветочных и декоративных растениях – молодые побеги и бутоны цветов (тюльпаны, розы, гибискус и др.), на виноградниках – молодые побеги и ягоды.

В США ежегодные потери урожая от коричнево-мраморного клопа оцениваются в 21 млрд. долларов (Leskey et al., 2012). Только в штате Нью-Йорк потери урожая яблок, винограда, персика, вишни, бобов, кукурузы и огурцов за один сезон составили около 878 млн. долларов (Жимерикин, Гулий, 2014).

В естественном (первичном) ареале коричнево-мраморный клоп развивается без диапаузы. В Юго-Восточной Азии: Китае, Бирме, Вьетнаме, а также в Соединенных Штатах Америки, во Флориде и на Гавайях, *H. halys* развивается без холодовой (зимней) диапаузы и имеет 6 поколений в год. В условиях умеренного климата (США, Канада) взрослые особи клопа зимуют в поверхностном слое почвы, в подстилке под опавшей листвой, в дернине, в неотапливаемых помещениях (склады, навесы, промышленные постройки), а также в жилых домах, теплицах и животноводческих помещениях (Жимерикин, Гулий, 2014; Синицына и др., 2019; Lee, 2002).

Активность вредителя снижается в ноябре (II декада), когда имаго клопов, готовясь к диапаузе, мигрируют в места зимовки. При временном повышении температур выше +12 °С их активность возобновляется, вплоть до начала заморозков. После выхода из холодовой диапаузы насекомым требуется дополнительное питание для восстановления водного баланса в течение 7–10 дней, после

чего клопы приступают к активному лёту, спариванию и откладке яиц. В это время особи активно питаются на зеленых побегах древесных растений и сорной растительности. Яйца откладывают на нижнюю сторону листьев и молодые побеги растений.

Занос коричнево-мраморного клопа может реализовываться как с сельскохозяйственной продукцией (фрукты, овощи, зеленные культуры, срезка цветов, облиственные растения в контейнерах), так и с ручной кладью и багажом, а также несельскохозяйственными грузами как техника и стройматериалы. Особей *H. halys* многократно выявляли при досмотре товаров и багажа, транспортируемого из Азии в Европу и Северную Америку, особенно в периоды сезонных миграций вредителя (Hoebeke, Carter, 2003).

В районе новых инвазий коричнево-мраморный клоп не имеет комплекса естественных регуляторов численности таких как хищники и паразиты, и развивается практически беспрепятственно. В таких условиях можно прогнозировать увеличение плотности популяции вида и интенсивное расширение ареала как за счет перемещения грузов (включая несельскохозяйственные), так и за счет миграции вредителя и интенсивного потока туристов.

Для обеспечения эффективной регуляции численности коричнево-мраморного клопа и локализации вида в районе инвазии наиболее целесообразным является применение комплекса приемов, включающих интродукцию, массовое разведение и выпуск энтомофагов, поиск и применение высокоэффективных биопрепаратов, а также использование ловушек с аттрактантами для выявления, мониторинга и массового отлова вредителя.

Для мониторинга и отлова *H. halys* используют накопительные ловушки пирамидальной формы с синтетическим феромонным препаратом коричнево-мраморного клопа.

### Материалы и методы

Исследования по изучению радиуса аттрактивного действия синтетического феромонного препарата коричнево-мраморного клопа производства ФГБУ «ВНИИКР» проводили в период его максимальной численности в природных условиях: с 3 по 8 сентября и с 22 по 28 сентября 2019 г.

Синтезированный феромонный препарат состоял из двух компонентов: 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола с активными веществами 3*S*,6*S*,7*R*,10*S*-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола и (3*R*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола и других неактивных компонентов, а также соединения метил-(*E*,*E*,*Z*)-2,4,6-декатриеноата высокой степени чистоты. Смесь в количестве 12 мг была нанесена на диспенсер из резиновой пробки на основе бутылкачука.

Полевые испытания велись на участках плодовых и субтропических культур (яблоня, груша, слива, инжир, хурма, фейхоа) площадью – 3 га с 3 по 8 сентября. А также на участке выращивания лещины площадью 3.5 га (с 22 по 28 сентября).

Для опыта были использованы 630 имаго коричнево-мраморного клопа (в т.ч. 50 контрольных особей). Имаго собирали методом стряхивания с декоративных растений (сирень, клен полевой, олеандр, яблоня, инжир) в полиэтиленовые пакеты емкостью 50 л в утренние часы.

Перед выпуском имаго на опытные участки, насекомых помечали лаками пяти разных цветов: желтый, красный,

В состав феромонного препарата входит агрегационный феромон – 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол, состоящий из смеси стереоизомеров. Основными же компонентами смеси феромона, выделяемого самцами *H. halys*, являются (3*S*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол и (3*R*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол, в соотношении 3.5:1, соответственно (Khrimian et al., 2014; Lee, 2002; Sugie et al., 1996; Weber et al., 2014, 2017; Zahn et al., 2008). Также препарат содержит вещество-синергист – метил-(*E*,*E*,*Z*)-2,4,6-декатриеноат, которое усиливает действие агрегационного феромона на клопов (Синицына и др., 2019; Khrimian, 2005; Khrimian et al., 2008; Quarles, 2014; Weber et al., 2014, 2017).

Следует отметить, что феромонный препарат коричнево-мраморного клопа привлекает не только имаго самцов и самок, но и нимф, что открывает широкие возможности для его использования при массовом отлове. Так, испытания 2018 года показали, что в полевых условиях агрегационный феромон, состоящий из рацемата цитронелала (10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол), и вещество-синергист (метил-(*E*,*E*,*Z*)-2,4,6-декатриеноат), применяемые в одной смеси, привлекали нимф и имаго *H. halys* намного эффективнее чем по отдельности (Синицына и др., 2019; Weber et al., 2014).

Целью настоящего исследования являлось изучение радиуса аттрактивного действия феромонного препарата коричнево-мраморного клопа, разработанного и произведенного в отделе синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений (далее – ФГБУ «ВНИИКР»), с использованием накопительной пластиковой ловушки типа «пирамида» для выявления и мониторинга вредителя в полевых условиях.

синий, зеленый и оранжевый. На щиток имаго кисточкой наносили быстросохнущий лак, по 100 меченых особей каждого цвета (всего 500 особей). Каждый цвет обозначал различное расстояние от места выпуска до источника аттрактанта – накопительной пластиковой ловушки типа «пирамида» с синтетическим агрегационным феромоном: 10 м – желтая метка; 20 м – красная метка; 30 м – синяя метка; 40 м – зеленая метка; 50 м – оранжевая метка.

По результатам первого периода испытаний (с 3 по 8 сентября) для дальнейшего изучения радиуса аттрактивности феромонного препарата использовали два варианта: желтый – 10 м и красный – 20 м на опытном участке лещины с 22 по 28 сентября.

Маркированных насекомых выпускали с 4-х сторон по 25 (первый период) или по 10 (второй период) особей с каждой стороны для каждого варианта.

Перед выпуском насекомых содержали в пластиковых стаканах с сетчатой крышкой из мельничного газа, которые затем расставляли в соответствии с вариантом опыта, на поверхности почвы, помечая точки выпуска флажками разных цветов. Выпуск насекомых осуществляли с 14<sup>00</sup> до 15<sup>00</sup> 3-го и 22-го сентября 2019 г.

Накопительную пластиковую ловушку типа «пирамида», внутри которой был помещен диспенсер с феромонным препаратом, размещали в кроне деревьев. До применения диспенсер с аттрактантом хранили в запаянных

буфленовых пакетах в холодильной (морозильной) камере при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для каждого из периодов было использовано по одной ловушке.

Учеты численности отловленных в ловушку имаго коричнево-мраморного клопа проводили ежедневно в течение 5–6 дней с момента закладки опыта.

Для изучения влияния наносимого лака на жизнеспособность имаго клопов, предварительно были помечены 50 особей по 10 шт. каждым цветом. Контрольные

насекомые были помещены в садок из мельничного газа на ветке яблони с плодами, на которых клопы активно питались. За весь период опыта смертность окрашенных имаго клопов составила 0%.

Расчет площади в гектарах (га) производили по данной формуле:

$$S = (\pi r^2) / 10\,000,$$

где  $S$  – площадь (га), число  $\pi = 3.14$ ,  $r$  – радиус ( $\text{м}^2$ ).

### Результаты

При учете радиуса действия феромонного препарата на коричнево-мраморного клопа измерялось расстояние (радиус) от точки выпуска до ловушки с аттрактантом.

Как видно из данных первого этапа опыта (табл.) отловленных особей было значительно больше в вариантах с расстоянием в 10 и 20 м от ловушки.

По результатам опыта, в плодовом саду феромонный препарат коричнево-мраморного клопа эффективнее всего привлекал летающих имаго на расстоянии 10 м с 9% отловленных особей и 20 м с 3% отловленных особей от общего количества выпущенных имаго клопов на участок в 3 га, что по площади составляет 0.03 га и 0.1 га, соответственно (рис.). При увеличении расстояния – от 30 м и более, эффективность действия препарата снижалась и составила 0% от ранее выпущенных меченых клопов.

При выборе расстояний для проведения опыта в третьей декаде сентября руководствовались полученными данными в первый период и эффективностью отлова на расстоянии 10 и 20 м от источника с аттрактантом.

Тенденция в отлове имаго коричнево-мраморного клопа на расстоянии 10 м сохранилась и в третьей декаде сентября. Так, наиболее устойчивый отлов в насаждениях лещины был отмечен в радиусе 10 м от ловушки с 2.5%-м отловом особей, что соответствует площади 0.03 га (рис.). На расстоянии 20 м в этот период не поймалось ни одной особи.

При маршрутном обследовании 7.09.2019 г., через четверо суток с момента выпуска меченых насекомых, некоторые из них были визуально обнаружены на расстоянии 70 и 100 м от места выпуска.

Таблица. Радиус аттрактивного действия феромонного препарата коричнево-мраморного клопа *H. halys*

Вариант	Кол-во особей в опыте	Количество отловленных особей ловушкой за один день, шт.						Кол-во окрашенных клопов от выпущенных в %	
		а) с 3 по 9 сентября 2019 г. Плодовый сад							
		4.09	5.09	6.09	7.09	8.09	Всего/окрашенных		
10 м	100	151/3	110/2	102/2	58/1	45/1	466/9	9	
20 м	100	151/2	110/0	102/1	58/0	45/0	466/3	3	
30 м	100	151/0	110/0	102/0	58/0	45/0	466/0	0	
40 м	100	151/0	110/0	102/0	58/0	45/0	466/0	0	
50 м	100	151/0	110/0	102/0	58/0	45/0	466/0	0	
		б) с 22 по 28 сентября 2019 г. Лещина (фундук)							
		23.09	24.09	25.09	26.09	27.09	28.09	Всего/окрашенных	
10 м	40	63/1	48/0	50/0	22/0	19/0	9/0	211/1	2.5
20 м	40	63/0	48/0	50/0	22/0	19/0	9/0	211/0	0



Рисунок. Слева: имаго коричнево-мраморного клопа в накопительной пластиковой ловушке типа «пирамида» с синтетическим феромонным препаратом (фото: Синицына Е.В.).

Справа: Отловленные ловушкой меченые клопы *H. halys* с расстояния 10 м (фото: Атанов Н.М.)

## Обсуждение

В 2019 году впервые в России были проведены испытания по определению радиуса действия синтетического феромонного препарата коричнево-мраморного клопа производства ФГБУ «ВНИИКР». Проведенный опыт свидетельствует о том, что действие феромонного препарата *H. halys* с дозировкой 12 мг на диспенсере обусловлено площадью 0.03 га с вероятностью отлова имаго от 2.5% при низкой численности вредителя в насаждениях лещины, и до 9% в посадках плодовых деревьев и субтропических культур, где плотность клопов была в два раза выше.

Авторы выражают глубокую благодарность и признательность сотрудникам отдела синтеза и применения феромонов: Тодорову Н.Г., Лобуру А.Ю. и Федосееву Н.З. за предоставленные материалы для опыта, а также Кузиной Н.П. за ценные советы.

## Библиографический список (References)

- Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза с изменениями и дополнениями от 2 мая 2018 г. URL: <https://vniikr.ru/edinyiy-perechen-karantinnyix-obektov-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soyuza>
- Жимерикин ВН, Гулий ВВ (2014) Мраморный клоп. *Защита и карантин растений* 4:40–43
- Жунисбай РТ, Динасильов АС, Исламова РА (2019) Коричнево-мраморный клоп-новый инвадир на территории Республики Казахстан. *Защита и карантин растений* 10:38–39
- Синицына ЕВ, Проценко ВЕ, Карпун НН, Митюшев ИМ и др (2019) Первые полевые испытания феромонных препаратов российского производства для мониторинга и борьбы с коричнево-мраморным клопом *Halyomorpha halys* Stål. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии* 3:60–79. <http://doi.org/34677/0021-342X-2019-3-60-79>
- Datasheet: *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug). URL: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/27377> (12.03.2020)
- Duthie C, Tana V, Stephenson B, Yamoah E et al (2012) Risk analysis of *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) on all pathways. Wellington, New Zealand. Ministry for Primary Industries:57. <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/3943/send> (12.03.2020)
- Halyomorpha halys*. EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA>
- Hoebeke ER, Carter ME (2003) *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): a polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America. *Proc Entomol Soc Wash* 105(1):225–237
- Khrimian A (2005) The geometric isomers of methyl-2, 4, 6-decatrienoate, including pheromones of at least two species of stink bugs. *Tetrahedron* 61(15):3651–3657
- Khrimian A, Shearer PW, Zhang A, Hamilton GC et al (2008) Field trapping of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, with geometric isomers of methyl 2, 4, 6-decatrienoate. *J Agric Food Chem* 56(1):197–203
- Khrimian A, Zhang A, Weber DC, Ho HY et al (2014) Discovery of the aggregation pheromone of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) through the creation of stereoisomeric libraries of 1-bisabolen-3-ols. *J Nat Prod* 77(7):1708–1717
- Lee KC (2002) Seasonal occurrence trends of hemipteran bug pests monitored by mercury light and aggregation pheromone traps in sweet persimmon orchards. *Korean J Appl Entomol* 41:233–238
- Leskey TC, Hamilton GC, Nielsen AL, Polk DF et al (2012) Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks Pest Manag* 23(5):218–226
- Quarles W (2014) IPM for the brown marmorated stink bug. *IPM Practitioner* 34(1):1–8
- Sugie H, Yoshida M, Kawasaki K, Noguchi H et al (1996) Identification of the aggregation pheromone of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied Entomol Zool* 31(3):427–431
- Weber DC, Leskey TC, Walsh GC, Khrimian A (2014) Synergy of aggregation pheromone with methyl (E, E, Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *J Econ Entomol* 107(3):1061–1068
- Weber D.C., Morrison W.R., Khrimian A., Rice K.B., Leskey T.C., Rodriguez-Saona C., Nielsen A., Blaauw B.R. (2017) Chemical ecology of *Halyomorpha halys*: discoveries and applications. *J Pest Sci* 90:898–1008
- Wermelinger B, Wyniger D, Forster B (2008) First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? *Mitteilungen-Schweizerische Entomologische Gesellschaft* 81(1/2):1–8
- Zahn DK, Moreira JA, Millar JG (2008) Identification, synthesis, and bioassay of a male-specific aggregation pheromone from the harlequin bug, *Murgantia histrionica*. *J Chem Ecol* 34(2):238–251. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9415-x>

## Translation of Russian References

- Unified list of quarantine objects of the Eurasian Economic Union with amendments and additions of May 2, 2018 URL: <https://vniikr.ru/edinyiy-perechen-karantinnyix-obektov-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soyuza> (In Russian)
- Zhimerikin VN, Guliy VV (2014) [Brown marmorated stink bug]. *Plant Protection and Quarantine* 4:40–43 (In Russian)
- Zhunibay RT, Dinasilov AS, Islamova RA (2019) [Brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) – a new invader in the territory of the Republic of Kazakhstan]. *Plant protection and quarantine* 10:38–39 (In Russian)
- Sinitsyna EV, Protsenko VE, Karpun NN, Mityushev IM et al (2019) [The first field trials of Russian-produced pheromone preparations for monitoring and control of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* Stål]. *Izvestiya of the Timiryazev Agricultural Academy* 3:60–79. <http://doi.org/34677/0021-342X-2019-3-60-79> (In Russian)

**EVALUATION OF THE WORKING RADIUS OF PHEROMONE PREPARATIONS  
FOR THE BROWN MARMORATED STINK BUG *HALYOMORPHA HALYS***E. V. Sinitsyna<sup>1,2\*</sup>, N.M. Atanov<sup>1</sup><sup>1</sup>All-Russian Plant Quarantine Center – “VNIKR”, Bykovo, Moskovskaya oblast, Russia<sup>2</sup>Russian State Agrarian University – MTAA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia\* corresponding author: [katesinitsyna@gmail.com](mailto:katesinitsyna@gmail.com)

This article presents the trial results aimed to evaluate the working radius of the pheromone formulation for the adults of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* under the field conditions in 2019. The cumulative plastic traps of “pyramid” type with a synthetic pheromone preparation manufactured by a Russian producer were used. The chemical composition of the preparation included a mixture of two stereoisomers: (3S, 6S, 7R, 10S)-10.11-epoxy-1-bisabolene-3-ol and (3R,6S,7R,10S)-10.11-epoxy-1-bisabolene-3-ol, and the substance – synergist-methyl-(E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate. Previously, this composition had been proved to be effective in catching nymphs and adults of the brown marmorated stink bug during the field trials at the dosage of 12 mg/trap. The results of the 2019 trials showed that when labeled bugs were released in fruit orchards from a distance of 10 m (corresponding to an area of 0.03 ha), the probability of adults’ catching in traps was 9%. The bug catching probability from the distance of 20 m (an area of 0.1 ha) was lower, reaching only 3%. The total number of bugs caught in the trap in the hazelnut plantations was half of that in fruit orchards, and the probability of catching of labeled adults released from 10 m (0.03 ha) was 2.5%.

**Keywords:** brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, invasion, phytosanitary monitoring, pheromone traps

Received: 04.12.2019

Accepted: 19.02.2020

## DETECTION OF *WOLBACHIA* IN LARVAE OF *LOXOSTEGE STICTICALIS* (PYRALOIDEA: CRAMBIDAE) IN EUROPEAN AND ASIAN PARTS OF RUSSIA

J.M. Malysh<sup>1\*</sup>, S.M. Malysh<sup>1</sup>, D.S. Kireeva<sup>1</sup>, A.G. Kononchuk<sup>1</sup>, M.A. Demenkova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

\*corresponding author; e-mail: malyshjm@mail.ru

Beet webworm *Loxostege sticticalis* is a notorious pest widely distributed on the territory of Eurasia. Its outbreaks cause severe damage to crops in Russia and China. Here *Wolbachia* infection is reported for the first time in *L. sticticalis*. Larvae were sampled in Rostov, Saratov, Irkutsk Regions and Republic of Buryatia in 2005–2013. Primers targeting the *wsp* gene were used for the PCR screening of *Wolbachia*. Among 148 larvae, 35 were *Wolbachia* positive. *Wolbachia* prevalence rate ranged from 21 to 40% in the Asian and from 0 to 47% in the European part of Russia. The combined sample subsets were compared for European versus Asian part of Russia and 2005–2009 versus 2010–2013 timeframes. The prevalence rates of *Wolbachia* were not significantly different between two parts of Russia, but the endosymbiont presence (estimated for the total dataset) increased with time within the observation period.

**Keywords:** beetle webworm, endosymbiont, prevalence rate, PCR

Received: 28.01.2020

Accepted: 28.02.2020

### Introduction

Beet webworm *Loxostege sticticalis* L. is a notorious pest of numerous crops in European and Asian parts of Russia (Frolov et al., 2008), as well as in Northern China (Chen Xiao et al., 2008). Screening insect populations for naturally occurring parasites and pathogens is crucial for understanding the dynamics of pest populations. In particular, obligate intracellular parasites, such as Microsporidia, play an essential role in *L. sticticalis* density dynamics (Frolov et al., 2008). So far, other intracellular symbionts in populations of *L. sticticalis* have not been reported.

Bacteria of the *Wolbachia* genus are widespread endosymbionts of arthropods (Jeyprakash, Hoy, 2000). In

certain species of Lepidoptera, *Wolbachia* may contribute to population biology of the hosts (Salunkhe et al., 2014), as it regulates reproductive processes (including sex determination) and influences host vitality and fertility in direct or indirect ways (Kageyama et al., 2002; Kageyama, Traut, 2004). The knowledge of *Wolbachia* distribution in insect populations is therefore of great interest, being important for a better understanding of the mechanisms underlying regulation of pest density dynamics (Sumi et al., 2017). Here, we report the first results of screening *Wolbachia* infection in *L. sticticalis* populations.

### Materials and Methods

Beet webworm larvae were collected on crops and weeds in European and Asian parts of Russia (Fig. 1A). Insects were fixed with ethanol and stored at –20 °C. Total DNA was extracted using a simplified protocol of Sambrook et al. (1989) without addition of phenol. For quality control of DNA samples, the primers LepF1/LepR1 (Hebert et al., 2004) specific for the barcoding region of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I (*COI*) were used. DNA samples producing a specific signal with *COI*-targeted primers were selected for further analysis. The *Wolbachia* infection was detected by amplification with primer set *wsp*81F/*wsp*691 (Zhou et al., 1998), specific to the locus of *Wolbachia* surface protein (*wsp*). We used DreamTaq Green PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific) with the following cycling conditions: initial

denaturation at 95 °C for 5 min, 35 cycles of denaturation at 95 °C for 1 min, annealing at 54 °C for 1 min, elongation at 72 °C for 1 min, and final elongation step of 72 °C for 5 min. The amplicons were visualized using electrophoresis in 1% agarose gels with GeneRuler Ladder Mix molecular weight marker, 75–20000 bp (Thermo Fisher Scientific). The 95% confidence intervals were estimated using the Clopper-Pearson method (Clopper, Pearson, 1934) which is routinely used when *Wolbachia* prevalence rates in small samples are examined (Yudina et al., 2016, Bykov et al., 2019). Estimates of the data reliability were obtained using the exact Fisher's test (Fisher, 1922), Pearson's chi-square criterion and chi-square criterion with Yates correction (Yates, 1934).

### Results and Discussion

PCR with primers specific for *wsp* gene fragment of *Wolbachia* has yielded amplicons with the expected size of ~600 bp (Fig. 1B) in 35 out of 148 analyzed samples. In a single sample set collected in 2005 from Rostov Region, *Wolbachia* infection has been detected in 2 out of 24 larvae, corresponding to the prevalence rate of 8.3%. Thirty larvae collected in Saratov Region have been found as *Wolbachia*-free in 2006, but nearly half have been *Wolbachia*-positive in 2013.

In the Asian part of Russia, *Wolbachia* prevalence has ranged from 16.7 to 40% (Table 1). The quotes of infected insects have been significantly different in a pairwise comparison of populations in 50% of cases. In particular, population Salsk 2005 differs from Saratov 2013 and Irkutsk 2010, while Saratov 2006 differs from Saratov 2013, Irkutsk 2010 and Kabansk 2009 (Table 2).

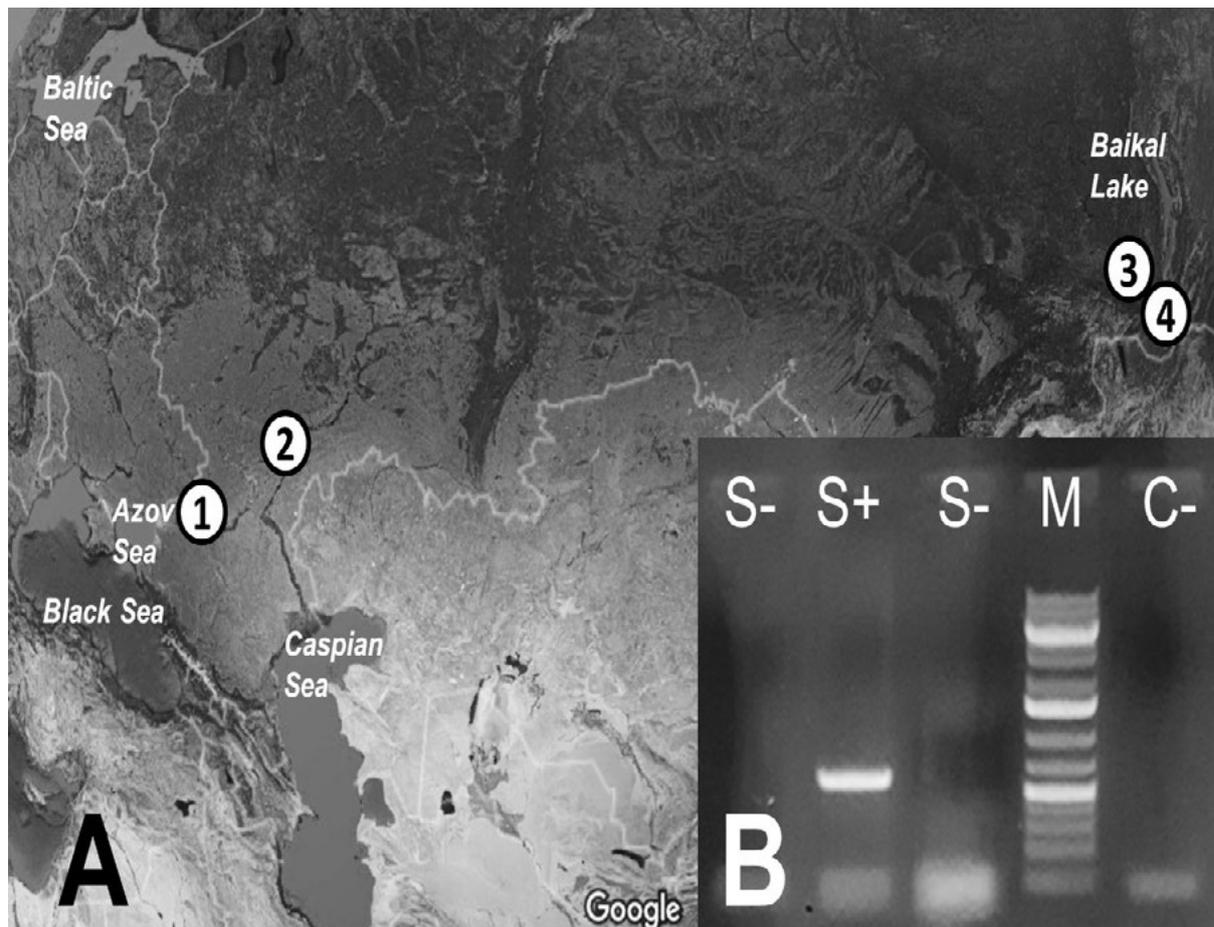


Figure 1. Detection of *Wolbachia* in *Loxostege sticticalis*. A: Sampling sites of *L. sticticalis* larvae in Salsk, Rostov region (1), Saratov, Saratov Region (2), Irkutsk, Irkutsk Region (3) and Kabansk, Buryatia (4). B: Electrophoretic profile of PCR samples negative (S-) and positive (S+) for *Wolbachia*, GeneRuler Ladder Mix molecular weight marker, 75-20000 bp (M) and negative control (C-)

Table 1. Prevalence rates of *Wolbachia* in *Loxostege sticticalis* larvae sampled across Russia

#	Sampling site, year, collector	Coordinates	Number of analyzed samples (N)	<i>Wolbachia</i> prevalence rates		
				Number of positive samples, n	Prevalence, % (n/N)	95% confidence interval, %
1	Salsk, Rostov region, 2005, Malysh J.M., Tokarev Y.S.	46°30'N 41°19'E	24	2	8.3	1.0–27.0
2	Saratov, Saratov Region, 2006, Silaev A.I.	51°27'N 46°12'E	30	0	0.0	0.0–11.6
3	Saratov, Saratov Region, 2013, Silaev A.I.	51°27'N 46°12'E	30	14	46.7	28.3–65.7
4	Irkutsk, Irkutsk Region, 2010, Belyakova N.A.	52°16'N 104°19'E	30	12	40.0	22.7–59.4
5	Kabansk, Buryatia, 2009, Akhanaev Y.B.	52°09'N 106°36'E	34	7	20.6	8.7–37.9
Total			148	35	23.6	-

Table 2. Statistical significance of differences of *Wolbachia* prevalence between *Loxostege sticticalis* larval populations according to exact Fisher's test

Local population (place and year)	Pairwise p-values using exact Fisher's test				
	Salsk 2005	Saratov 2006	Saratov 2013	Irkutsk 2010	Kabansk 2009
Salsk 2005	=	0.1929	<b>0.0136</b>	<b>0.0074</b>	0.1394
Saratov 2006		=	<b>0.0002</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0087</b>
Saratov 2013			=	0.2020	0.0816
Irkutsk 2010				=	0.0533
Kabansk 2009					=

To further test possible differences in *Wolbachia* prevalence rates over time and place, we have compared the combined sample subsets of European versus Asian part of Russia and 2005–2009 versus 2010–2013 timeframes. In European part of Russia (Salsk + Saratov), the average *Wolbachia* prevalence rate have been 19.0% (N=84), while in Asian part (Irkutsk + Kabansk) this index has reached 29.7% (N=64). According to Pearson's chi-square criterion ( $\chi^2=2.271$ ), the prevalence rates of *Wolbachia* does not depend on the geographical origin of the sampled populations, which indirectly confirms the conclusion that the beet webworm populations belong to a single metapopulation (Jiang et al., 2010). Meanwhile, in 2005–2009 (number of positive samples per 30 samples <10) and 2010–2013 (number of positive samples per 30 samples >10), the average *Wolbachia* prevalence rates were 10.7% (N=88) and 43.3% (N=60), respectively. According to chi-square criterion with Yates correction for continuity ( $\chi^2=19.819$ ), the *Wolbachia* prevalence rate does not depend on the sampling timeframe ( $p=0.01$ ). Similar trend have been observed when the timeframe of 2005–2006 (3.7%) have been tested against 2009–2013 (35.1%). These findings clearly indicate that the endosymbiont prevalence rate have increased with time within the observation period.

Prevalence rates of *Wolbachia* in insect hosts may significantly vary over time and space. For example, in pyraloid moths of the genus *Ostrinia*, *Wolbachia* has been found in all examined populations in European part of Russia, and the prevalence rates have depended on the species and the forage plant (Tokarev et al., 2018). Long-distance migrations are likely to provide symbiont exchange between local populations of the beet webworm, but various factors may

affect the temporal dynamics of *Wolbachia* infection, revealed in the present study.

According to the Russian Agricultural Center (<https://rosselhoscenter.com/>), low density of beet webworm was reported in the Russian Federation in 2005 and 2006. From 2008 to 2014, the period of relatively high density was observed in Russia, with maximum in 2009, when the pest outbreaks occurred throughout the entire pest area from the Southern and Central Federal Districts to the Far Eastern Federal District. We have noticed a trend that during the period of low pest abundance, infection rate of *Wolbachia* was at its minimum, while during the period of high abundance, it was increasing over time. A long depression period of the pest, observed from 2015 to 2018, has been followed by an increase in the number of the beet webworm in Siberia. In the coming years, we expect to collect more data and to verify the relationship between the pest number and the frequency of *Wolbachia* infection.

The *Wolbachia* infection has been found for the first time in populations of *L. sticticalis* in the present study. Although the sampling sites are not numerous, it is obvious that the bacterium is present in the majority of local samplings. The beet webworm tends to form a single metapopulation on the territory of Eurasia due to its high migratory activity. In a given locality, the endosymbiotic bacterium may change its state over time from absence (presence at undetectable levels) to presence in a half of the insect population, as shown for the samplings from Saratov. The examined dataset does not allow to determine whether the fluctuations of *Wolbachia* prevalence rates is adaptive or stochastic. Further studies are necessary to elucidate the genetic diversity of *Wolbachia* and its biological role in populations of the beet webworm.

### Acknowledgements

The research is supported by Federal Contract for All-Russian Institute of Plant Protection (project # A16-116080510094-3) and Russian Foundation for Basic Research (grant # 18-316-00099). The authors are thankful to Ilinsky Y.Y. (Institute of Cytology and Genetics of SB RAS) for the consultation, Silaev A.I. (All-Russian Institute of Plant Protection), Belyakova N.A. (All-Russian Institute of Plant Protection), Akhaneaev Y.B. (Institute of Systematics and Ecology of Animals of SB RAS) for insect sampling and Tokarev Y.S. (All-Russian Institute of Plant Protection) for the help with insect sampling and English translation.

### References

- Bykov RA, Yudina MA, Gruntenko NE, Zakharov IK et al (2019) Prevalence and genetic diversity of *Wolbachia* endosymbiont and mtDNA in Palearctic populations of *Drosophila melanogaster*. *BMC Evol Biol* 19(Suppl 1):48. <https://doi.org/10.1186/s12862-019-1372-9>
- Chen X, Zhai B, Gong R, Yin M et al (2008) Source area of spring population of meadow moth, *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae), in Northeast China. *Acta Ecol Sin* 28(4):1521–1535. [http://doi.org/10.1016/S1872-2032\(08\)60054-2](http://doi.org/10.1016/S1872-2032(08)60054-2)
- Clopper CJ, Pearson ES (1934) The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial. *Biometrika* 26(4):404–413. <https://doi.org/10.1093/biomet/26.4.404>
- Fisher RA (1922) On the interpretation of  $\chi^2$  from contingency tables, and the calculation of P. *J. Royal Stat. Soc.* 85 (1):87–94. <https://doi.org/10.2307/2340521>
- Frolov AN, Malysh YuM, Tokarev YuS (2008) Biological features and population density forecasts of the beet webworm *Pyrausta sticticalis* L. (Lepidoptera, Pyraustidae) in the period of low population density of the pest in Krasnodar Territory. *Entomol Rev* 88(6):666–675. <http://doi.org/10.1134/S0013873808060055>
- Hebert PDN, Penton EH, Burns JM, Janzen DH, Hallwachs W (2004) Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. *Proc Natl Acad Sci USA* 101:14812–14817. <http://doi.org/10.1073/pnas.0406166101>
- Jeyaprakash A, Hoy MA (2000) Long PCR improves *Wolbachia* DNA amplification: *wsp* sequences found in 76% of sixty-three arthropod species. *Insect Mol Biol* 9(4):393–405
- Jiang XF, Cao WJ, Zhang L, Luo LZ (2010) Beet webworm (Lepidoptera: Pyralidae) migration in China: evidence from genetic markers. *Environ Entomol* 39(1):232–242. <http://doi.org/10.1603/EN08315>
- Kageyama D, Nishimura G, Hoshizaki S, Ishikawa Y (2002) Feminizing *Wolbachia* in an insect, *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Heredity* 88(6):444–449. <http://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800077>
- Kageyama D, Traut W (2004) Opposite sex-specific effects of *Wolbachia* and interference with the sex determination of its

- host *Ostrinia scapularis*. *Proc Biol Sci* 271(1536):251–258. <http://doi.org/10.1098/rspb.2003.2604>
- Russian Agricultural Center. Reviews and predictions. URL: [https://rosselhocenter.com/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=849&Itemid=1621](https://rosselhocenter.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=849&Itemid=1621) (01.02.2020)
- Salunkhe RC, Narkhede KP, Shouche YS (2014) Distribution and evolutionary impact of *Wolbachia* on butterfly hosts. *Indian J Microbiol* 54(3):249–254. <http://doi.org/10.1007/s12088-014-0448-x>
- Sambrook J, Fritsch E, Maniatis T (1989) Molecular cloning: a laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory. Cold Spring Harbor, New York
- Sumi T, Miura K, Miyatake T (2017) *Wolbachia* density changes seasonally amongst populations of the pale grass blue butterfly, *Zizeeria maha* (Lepidoptera: Lycaenidae). *PLoS One* 12(4):e0175373. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0175373>
- Tokarev YS, Yudina MA, Malyshev JM, Bykov RA et al (2018) Prevalence Rates of the Endosymbiotic Bacterium of the *Wolbachia* Genus in Natural Populations of *Ostrinia nubilalis* and *Ostrinia scapularis* (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae) in Southwestern Russia. *Russian Journal of Genetics: Applied Research* 8(2):172–177. <https://doi.org/10.1134/S2079059718020119>
- Yates F (1934) Contingency table involving small numbers and the  $\chi^2$  test. *Suppl J Royal Stat Soc* 1(2):217–235.
- Yudina MA, Dubatolov VV, Bykov RA, Ilinsky YuYu (2016) *Wolbachia* infection in populations of the coniferous forest pest *Dendrolimus superans sibiricus* Tschetverikov, 1908 (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Russian Journal of Genetics: Applied Research* 20(6):899–903. <https://doi.org/10.18699/VJ16.208> (In Russian)
- Zhou W, Rousset F, O'Neil S (1998) Phylogeny and PCR-based classification of *Wolbachia* strains using *wsp* gene sequences. *Proc Biol Sci* 265(1395):509–515

Вестник защиты растений, 2020, 103(1), с. 49–52

OECD+WoS: 1.06+1Y (Entomology)

<http://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-1-49-52>

**Краткое сообщение**

## ОБНАРУЖЕНИЕ *WOLBACHIA* В ГУСЕНИЦАХ *LOXOSTEGE STICTICALIS* (PYRALOIDEA: CRAMBIDAE) В ЕВРОПЕЙСКОЙ И АЗИАТСКОЙ ЧАСТЯХ РОССИИ

Ю.М. Малыш<sup>1\*</sup>, С.М. Малыш<sup>1</sup>, Д.С. Киреева<sup>1</sup>, А.Г. Конончук<sup>1</sup>, М.А. Деменкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск

\*ответственный за переписку, e-mail: [malyshevjm@mail.ru](mailto:malyshevjm@mail.ru)

Луговой мотылек *Loxostege sticticalis* – общеизвестный вредитель, широко распространённый на территории Евразии. Его вспышки вызывают серьёзные повреждения сельскохозяйственных культур в России и Китае. Здесь мы впервые сообщаем о заражённости *L. sticticalis* вольбахией. Гусеницы были собраны в Ростовской, Саратовской, Иркутской областях и Республике Бурятия в 2005–2013. Для скрининга использовали ПЦР со специфичными праймерами, нацеленными на ген вольбахии *wsp*. Среди 148 гусениц было обнаружено 35 особей, давших положительный сигнал на *Wolbachia*. Показатель распространённости вольбахии варьировал от 21 до 40% в азиатской и от 0 до 47% в европейской частях России. Объединённые выборки сравнивались по месту сбора насекомых (европейская и азиатская части России) и по годам сборов (2005–2009 и 2010–2013). Показатели распространённости *Wolbachia* достоверно не различались между двумя частями России, при этом присутствие эндосимбионта (в отношении общей выборки) увеличивалось со временем в течение периода наблюдения.

**Ключевые слова:** луговой мотылек, эндосимбионт, уровень распространённости, ПЦР

Поступила в редакцию: 28.01.2020

Принята к печати: 28.02.2020

**НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В 2020 ГОДУ****SCIENTIFIC EVENTS IN 2020****3-я Международная конференция по болезням листьев ячменя****3<sup>rd</sup> International Workshop on Barley Leaf Diseases**

1-3 июля 2020 г.

Санкт-Петербург, Россия



3-я Международная конференция по болезням листьев ячменя будет проходить в Санкт-Петербурге 1-3 июля 2020 года. Конференция запланирована накануне 13-го Международного симпозиума по генетике ячменя (IBGS), который состоится в Риге, Латвия. Более подробную информацию о 13-й IBGS можно найти по ссылке: <http://ibgs2020.lu.lv/>.

Подробная информация на сайте: [https://www.lyyti.fi/p/3rd\\_International\\_Workshop\\_on\\_Barley\\_Leaf\\_Diseases\\_8139](https://www.lyyti.fi/p/3rd_International_Workshop_on_Barley_Leaf_Diseases_8139)

Первая Международная конференция, которая состоялась в ИКАРДА (Алеппо, Сирия) и последующие 3 конференции были посвящены только пятнистостям ячменя:

1-ая и 2-ая Международные конференции по пятнистостям листьев ячменя состоялись в 1996 г. и 2002 г. в ИКАРДА, Алеппо, Сирия,

3-я в Эдмонтон, Канада в 2006,

4-ая в James Hutton Institute, Dundee, Шотландия.

На последней конференции было принято решение переименовать конференцию, как «Международная конференция по болезням листьев ячменя» (International Workshop on Barley Leaf Diseases). С новым названием – 1-ая Международная конференция по болезням листьев ячменя (1<sup>st</sup> International Workshop on Barley Leaf Diseases) состоялась в Salsomaggiore Terme, Италия в 2014 г.

2-ая в ИКАРДА, Рабат, Марокко в 2017 г.

3-я в Санкт-Петербурге, Россия 1-3 июля 2020 г.

**Язык конференции – английский**

На конференции предполагается обсудить новую информацию, касающуюся проблем листовых болезней ячменя, методов исследования и способов защиты культуры. Представится возможность обсудить проблему болезней листьев ячменя в научном сообществе международных экспертов и молодых ученых, аспирантов и студентов, а также обсудить возможное сотрудничество с учеными всех континентов.

На конференции предполагается обсудить следующие проблемы:

- Эпидемиология возбудителей болезней листьев ячменя и защита от болезней
- Структурно-функциональная геномика устойчивости ячменя к болезням и селекция на устойчивость
- Популяции патогенов и их изменчивость
- Структурно-функциональная геномика возбудителей болезней ячменя
- Молекулярно-генетические аспекты взаимоотношений в системе хозяин-патоген
- Болезни ячменя и изменение климата
- Методы оценки устойчивости ячменя к болезням в системе сортоиспытаний
- Специальная тема: Рамулярия

**Международный организационный комитет:****Председатель:**

Brian Steffenson (UMN, USA) [bsteffen@umn.edu](mailto:bsteffen@umn.edu)

**Члены оргкомитета:**

Adrian Newton (JHI, United Kingdom)

[Adrian.Newton@hutton.ac.uk](mailto:Adrian.Newton@hutton.ac.uk)

Hugh Wallwork (SARDI, Australia)

[Hugh.Wallwork@sa.gov.au](mailto:Hugh.Wallwork@sa.gov.au)

Kelly Turkington (LRC, Canada) Kelly.

[Turkington@agr.gc.ca](mailto:Turkington@agr.gc.ca)

Frank Ordon (JKI, Germany) [frank.ordon@julius-kuehn.de](mailto:frank.ordon@julius-kuehn.de)

Marja Jalli (MTT, Finland) [marja.jalli@luke.fi](mailto:marja.jalli@luke.fi)

Michael Baum (ICARDA, Morocco) [m.baum@cgiar.org](mailto:m.baum@cgiar.org)

Michele Stanca (UNASA-UNIMORE, Italy) ex officio

[michele@stanca.it](mailto:michele@stanca.it)

Alessandro Tondelli (CREA Fiorenzuola d'Arda, Italy)

[alessandro.tondelli@crea.gov.it](mailto:alessandro.tondelli@crea.gov.it)

Olga Afanasenko (VIZR, St. Petersburg-Pushkin, Russia)

[olga.safan@gmail.com](mailto:olga.safan@gmail.com)

Silvia Pereyra (INIA, La Estanzuela, Uruguay)

[spereyra@inia.org.uy](mailto:spereyra@inia.org.uy)

Ruimin Lin (Institute of Plant Protection, CAAS, Beijing, China)

[linruim@hotmail.com](mailto:linruim@hotmail.com)

Ramesh Verma (ICARDA, Morocco)

[rameshpsverma@gmail.com](mailto:rameshpsverma@gmail.com), [r.verma@cgiar.org](mailto:r.verma@cgiar.org)

**Местный организационный комитет:**

О.С. Афанасенко (ВИЗР) – председатель

Е.К. Хлесткина (ВИР)

И.Г. Лоскутов (ВИР)

Н.В. Мироненко (ВИЗР)

Н.М. Лашина (ВИЗР)

А.В. Хютти (ВИЗР)

А.В. Гофман (ВИЗР)

А.Б. Терентьев (ВИЗР)

**Регистрация**

Регистрация открыта 01 декабря 2019 г.

Ранняя регистрация доступна до 1 апреля 2020 года.

Для регистрации необходимо заполнить онлайн форму регистрации.

### Регистрационные сборы

Для участников из некоммерческих организаций России и стран СНГ (НИИ, университеты) регистрационный взнос составляет:

**5000 руб.** до 1 апреля 2020 года; **7000 руб.** после установленного срока.

**Аспиранты и студенты:** 1000 руб.

Сервисный сбор включает:

- Участие в программе конференции
- Комплект документов, включая программу и сборник тезисов

- Утренний и дневной кофе-брейки
- Приветственный прием
- Посещение поля и коллекции ячменя Пушкинских лабораторий Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)

- Экскурсия по рекам и каналам

Дополнительные туры для посещения исторических мест в Санкт-Петербурге могут быть организованы по запросу и не включены в регистрационный сбор.

Проживание и ужин (пикник в Павловском парке) не включены в регистрационные сборы. Делегаты должны будут забронировать проживание самостоятельно (см. Раздел «Место проведения / размещение»).

Участники коммерческих организаций оплачивают регистрационный взнос в таком же размере, как и зарубежные участники конференции: [https://www.lyyti.fi/p/3rd\\_International\\_Workshop\\_on\\_Barley\\_Leaf\\_Diseases\\_8139](https://www.lyyti.fi/p/3rd_International_Workshop_on_Barley_Leaf_Diseases_8139)

### Место проведения конференции

Конференц-зал гостиницы Форт Колесник

Адрес: Кузьминское шоссе, 6б, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

### Программа конференции

#### 30 июня 2020 г.

День прибытия

17:00-19:00 экскурсия в Екатерининский дворец (включая Янтарную комнату) и парк

19:30-21:30 приветственный прием в ресторане в парке

#### 1 июля 2020 г.

8:30-13:00 научная программа

13:00-14:00 обед

14:00-14:30 Трансфер в Пушкинские лаборатории ВИР

14.30-16.00 Знакомство с коллекцией ячменя ВИРа (Пушкин)

16:30-17:10 Прибытие и прогулка по Павловскому парку

17.10-19.30 Пикник на территории Павловского парка

20.00 – Прибытие в отель

#### 2 июля 2020 г.

8:30-12:00 научная программа

13:00-14:00 обед

14:00-15:30 деловые встречи, постерная секция

16:00 Трансфер в Санкт-Петербург (автобус) – экскурсия по рекам и каналам на корабле, музеи

#### 3 июля 2020 г.

8:30-12:00 научная программа

12:00 Трансфер в Петергоф

#### 4 июля 2020 г.

Отъезд



### Приглашение

Организационный комитет отправит по Вашему запросу официальное приглашение.

### Тезисы

Участникам предлагается зарегистрироваться и представить свои тезисы онлайн. Публикация тезисов возможна

только от зарегистрированных участников. Программный комитет осуществит выбор устных и постерных докладов и сообщит об этом участникам конференции не позднее 15 мая 2020 г.

Для участников из России и стран СНГ регистрация и прием тезисов будет осуществляться по электронному адресу [school2015\\_MAS@mail.ru](mailto:school2015_MAS@mail.ru)

Более подробная информация на сайте ВИЗР <http://vizrspb.ru/events/barley-leaf-disease-2020.html>.



**13th International Barley Genetics Symposium: CANCELLED**

5-9 July 2020

Rīga, Latvia

**Conference website:** <http://ibgs2020.lu.lv/>

*The Meeting has been cancelled.*

**XXVI International Congress of Entomology**

July 19-24, 2020

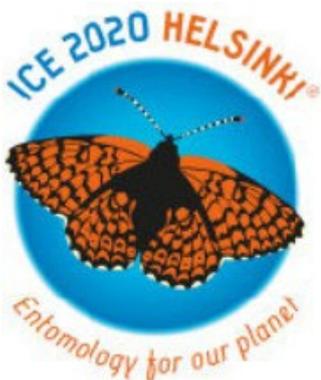
Helsinki, Finland

<https://ice2020helsinki.fi/>

Registration for ICE2020Helsinki is now open. Super early registration period is open until 30 September 2019, and early rate until 31 January 2020, after which regular rates will apply. After 30 June 2020 only on-site registration will be available.

Registration fees (in €)	Super Early	Early	Regular	On-site
Delegate fee	595	695	795	995
Reduced delegate fee	450	450	500	650
Accompanying person	200	250	300	350

Reduced fees apply to students with an active student status at a university, and to attendees from Least Developed Countries based on the United Nations list valid in 2020.



**Society for Invertebrate Pathology Annual Meeting: CANCELLED**

August 2 - August 6, 2020

Merida, Mexico

**Society website:** [www.sipweb.org](http://www.sipweb.org)

*The Meeting has been cancelled.*



15-19 июня 2020 г.

Саратов, Россия

**Сайт конференции:** <http://plamic.ru/>

Регистрация завершена.



**I международная и XII региональная научная конференция**

«Исследования молодых ученых в биологии и экологии», посвященная 75-летию победы в Великой Отечественной войне

13-17 апреля 2020 г.

Саратов, Россия

**Сайт конференции:** <https://www.sgu.ru/conference/imube-2020>

*Регистрация завершена.*



Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства  
Томского государственного университета

**V международная конференция**

«Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных»

26–28 октября 2020

Томск, Россия

**Сайт конференции:** <http://bio.tsu.ru/node/7758>

*Регистрация завершена.*

## ПОЛОЖЕНИЕ

### о периодическом издании – научном журнале «Вестник защиты растений» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»

#### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

##### 1.1. Уставная информация

1.1.1. Учредителем и издателем периодического издания – научного журнала «Вестник защиты растений» (далее – Журнал) является Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ФГБНУ ВИЗР). Журнал является правопреемником серии под названием «Защита растений. Сборник», выпускавшейся ВИЗР с 1935 по 1938 г., и журнала «Вестник защиты растений» («Plant Protection News»), выходившего в свет с 1939 по 1941 г.

1.1.2. Журнал издается в соответствии с федеральным законодательством о средствах массовой информации, Уставом ФГБНУ ВИЗР, решением Ученого совета ФГБНУ ВИЗР.

1.1.3. Журнал является периодическим рецензируемым научным изданием, в котором публикуются результаты оригинальных исследований, обзорные работы, дискуссионные заметки и хроника событий, имеющих отношение к защите растений.

1.1.4. Данное положение вступает в силу с момента его утверждения Ученым Советом ФГБНУ ВИЗР.

##### 1.2. Назначение и основные задачи Журнала

1.2.1. Журнал публикует информацию о биологии и экологии вредных и полезных для растениеводства организмов; о современных методах защиты растений и поддержания фитосанитарного благополучия агроценозов; о результатах фитосанитарного мониторинга экосистем; об инновационных подходах и технологиях, экономике и экологической безопасности применения средств защиты растений.

##### 1.2.2. Основные задачи:

– отражение результатов научно-исследовательской и научно-практической деятельности отечественных и зарубежных ученых в области защиты растений;

– предоставление платформы для дискуссий и обмена мнениями по актуальным вопросам в области защиты растений;

– информирование о событиях, имеющих отношение к защите растений;

– пропаганда основных достижений академической науки.

1.2.3. Журнал претендует на статус издания международного уровня, в котором публикуются оригинальные, достоверные, качественно изложенные результаты исследований по актуальным темам, интересным широкому кругу специалистов по всему миру. Концепция развития издания полагает основной целью позиционирование Журнала как самого авторитетного в России периодического научного издания по защите растений.

##### 1.3. Регистрация, индексация, условия распространения и доступа

1.3.1. Издание (Журнал) зарегистрировано в Государственном комитете РФ по печати № 017839 от 03 июля 1998 г. как периодическое печатное издание.

1.3.2. Журнал в соответствии с ГОСТ 7.56-89 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Издания. Международная стандартная нумерация сериальных изданий» имеет международные стандартные номера сериальных изданий: ISSN 1727-1320 (для печатной версии) и 2308-6459 (для электронной версии, размещаемой в сети Интернет).

1.3.3. Все научные статьи регистрируются издателем в агентстве-регистраторе цифровых идентификаторов объектов (DOI) Crossref – члена международной системы архивирования International DOI Foundation; DOI-префикс: 10.31993. Самовольная регистрация контента без ведома издателя в альтернативных агентствах недопустима.

1.3.4. Журнал является подписным изданием, включен в Официальный каталог ФГУП «Почта России». Тираж определяется руководителем учреждения-издателя, но не может быть менее количества, обеспечивающего рассылку подписчикам посредством «Почты России» и рассылку обязательных бесплатных экземпляров в книжные палаты и библиотеки в соответствии с законодательством РФ.

1.3.5. Политика Журнала предполагает открытый доступ (Open Access) на безвозмездной основе. Полнотекстовые электронные версии статей Журнала размещаются на сайте Журнала, в социальной научной сети ResearchGate, в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU, интегрированной с национальной библиографической базой данных и Российским индексом научного цитирования (РИНЦ), в онлайн-архивах, обеспечивающих свободный доступ к контенту.

1.3.6. Издатель предпринимает все необходимые и возможные меры для упрочения авторитета Журнала, в том числе путём продвижения издания в библиографическую базу данных Scopus и другие авторитетные профильные базы данных научной периодической литературы.

1.3.7. Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук по биологическим и сельскохозяйственным специальностям, имеющим отношение к защите растений (согласно действующей номенклатуре ВАК РФ).

1.3.8. Тематика научных статей указывается в соответствии с кодами объединенного классификатора OECD + Web of Science Core Collection (WoS).

1.3.9. Публикация статей в Журнале осуществляется на бесплатной основе. Авторские гонорары не выплачиваются.

1.3.10. Все права на статьи, вышедшие в свет в Журнале, защищены и охраняются законами Российской Федерации. Авторские права на публикуемые рукописи передаются издателю (ФГБНУ ВИЗР) на основании лицензионного договора. При перепечатке материалов ссылка на Журнал как на первоисточник обязательна. Размещение материалов Журнала на сторонних ресурсах возможно по согласованию с Редакцией.

## 2. ФОРМАТ И СТРУКТУРА ЖУРНАЛА

### 2.1. Типы публикуемых статей

2.1.1. Научные статьи, требующие обязательного рецензирования и регистрации DOI:

- Полнотекстовый обзор,
- Полнотекстовая статья,
- Мини-обзор,
- Краткое сообщение.

2.1.2. Прочие материалы, не подлежащие рецензированию и регистрации DOI:

- комментарии к опубликованным статьям и ответы на комментарии;
- объявления о предстоящих и отчёты о прошедших мероприятиях,
- воспоминания, памятные даты, некрологи и т.п.

### 2.2. Формат выпусков

2.2.1. Журнал публикует работы на русском и английском языках. Двухязычность используется для оглавлений выпусков Журнала, названий публикаций, аннотаций, ключевых слов и иной информации, согласно правилам оформления рукописей.

2.2.2. Периодичность выхода Журнала – **4 раза** в год. Объём одного выпуска Журнала – 6–9 печатных листов. Изменение периодичности выхода Журнала и объёма выпуска возможно только при наличии решения Редколлегии и согласия Издателя, оформленных в виде протокола заседания и приказа, соответственно.

2.2.3. Нумерация Журнала включает номер тома и номер выпуска. В течение года издаётся один том, имеющий сквозную нумерацию страниц, разбитый на 4 выпуска. Нумерация выпусков ежегодно начинается с первого номера. Номером тома, издаваемого в 2020 году, считается номер 103.

## 3. КООРДИНИРУЮЩИЕ ОРГАНЫ ЖУРНАЛА И ИХ ФУНКЦИИ

### 3.1. Редакция

3.1.1. В состав редакции входят главный редактор и его заместители, ответственный секретарь, корректор англоязычных текстов, технический секретарь. Распределение обязанностей между заместителями определяет главный редактор Журнала.

3.1.2. Редакция, возглавляемая главным редактором, организует работу Журнала и является его официальным представителем. Главного редактора выбирает Ученый совет ФГБНУ ВИЗР и утверждает директор.

3.1.3. При необходимости, редакция имеет право привлекать к работе третьих лиц на временной или постоянной основе по согласованию с дирекцией ФГБНУ ВИЗР.

3.1.4. Обязанности членов редакции регламентируются соответствующей должностной инструкцией Журнала (Приложение 1).

### 3.2. Редакционная коллегия

3.2.1. Редакционная коллегия Журнала является основным рабочим органом Журнала и строит свою работу на принципах коллегиальности, равноправия и независимости. Состав Редакционной коллегии должен соответствовать основным направлениям научных исследований по тематике Журнала, иметь широкий географический охват и высокий уровень научной компетенции членов, в связи

2.2.4. В каждом выпуске Журнала должны содержаться следующие сведения:

- название Журнала на английском и русском языках;
- учредитель Журнала;
- список членов Редакции и Редколлегии;
- ответственные редакторы выпуска;
- год издания, порядковый номер тома и выпуска и дата подписания выпуска в печать;
- индексы ISSN;
- тираж;
- адрес редакции и издателя;
- знак (знаки) охраны авторского права;
- другие сведения, предусмотренные действующими издательскими стандартами и техническими условиями.

### 2.3. Веб-сайт Журнала

2.3.1. Официальный веб-сайт Журнала, размещённый по адресу [www.vestnik.vizrsrb.ru](http://www.vestnik.vizrsrb.ru), служит основным источником актуальной информации о документах, регламентирующих его работу: положение о Журнале, правила для авторов и требования к оформлению рукописей, порядок рецензирования и принятия статей к печати, инструкция по использованию электронной системы подачи рукописей, этические принципы и т.п.

2.3.2. Веб-сайт Журнала служит первичной платформой размещения материалов Журнала онлайн, обеспечивающей открытый доступ к полнотекстовым электронным версиям выпусков Журнала и отдельных статей, размещение метаданных и привязку DOI опубликованных научных статей.

2.3.3. На веб-сайте Журнала осуществляется подача рукописей и их последующая редакционная обработка через личный кабинет зарегистрировавшегося автора, ответственного за переписку.

с чем Редакционная коллегия Журнала «Вестник защиты растений» включает ведущих отечественных и зарубежных специалистов в областях, соответствующих тематике рукописей научных статей, принимаемых к рассмотрению.

3.2.2. С учётом ведущей роли ФГБНУ ВИЗР в своей области исследований в РФ, ядро Редакционной коллегии составляют сотрудники ФГБНУ ВИЗР, но не более 50 % от общего числа членов Редакционной коллегии.

3.2.3. Релевантность научного профиля и квалификация членов редколлегии определяется уровнем их публикационной активности в соответствующих областях исследований и наукометрическими показателями, полученными из библиографических баз данных: ядро РИНЦ, RSCI, Scopus, Web of Science Core Collection, а также наличием опыта проведения научной и научно-технической экспертизы.

3.2.4. Состав Редакционной коллегии определяется главным редактором и его заместителями и утверждается Учёным советом ФГБНУ ВИЗР. Решения о включении новых членов или досрочном прекращении полномочий членов редакционной коллегии принимаются на основании результатов голосования действующих членов редакционной коллегии. Для включения в состав Редакционной коллегии необходимо письменное согласие нового члена.

3.2.5. Ротация членов Редакционной коллегии проводится на регулярной основе с целью поддержания высокого уровня Журнала.

3.2.6. Основные задачи Редакционной коллегии:

- определение стратегии развития Журнала, обеспечение высокого научного уровня публикуемых материалов, соблюдение требований настоящего Положения;

- определение тематических рубрик Журнала;

- мониторинг деятельности научных журналов, публикационной активности отечественных и зарубежных учёных, поиск потенциальных авторов приглашённых статей и т.п.;

- содействие расширению читательской аудитории, популяризации Журнала среди научного сообщества;

- подготовка рекомендаций по организации, развитию и совершенствованию редакционно-издательской деятельности Журнала;

- составление и регулярная актуализация внутренних правил Журнала (правила подачи и оформления рукописей, порядок рецензирования, этические принципы, регламенты редакционной обработки рукописей и т.п.).

3.2.6. Основной формой работы редакционной коллегии является заседание, обеспечивающее коллективное обсуждение и решение вопросов, входящих в её компетенцию. Плановые заседания редакционной коллегии проводятся не реже одного раза в квартал по решению главного редактора. Заседания Редакционной коллегии проводятся ежеквартально для утверждения научных и прочих материалов, включаемых в очередной выпуск Журнала.

Необходимый для проведения заседания кворум должен составлять не менее 30 % голосующих от общего числа членов Редколлегии, при этом допускается дистанционное участие членов редколлегии в заседании с помощью любых доступных средств связи, а также заочное обсуждение и голосование с использованием электронной почты и других средств для обратной связи.

3.2.7. На заседаниях редакционной коллегии решаются следующие основные вопросы:

- утверждение материалов, представленных для публикации в Журнале;

- подготовка предложений по ротации состава Редакционной коллегии;

- обсуждение и выбор приоритетных направлений развития Журнала;

- обсуждение внутренних правил Журнала (правила подачи и оформления рукописей, порядок рецензирования, этические принципы, регламенты редакционной обработки рукописей и т.п.).

3.2.8. Члены редакционной коллегии Журнала:

- выступают в качестве ответственных редакторов или рецензентов рукописей научных статей в соответствии с решением, принятым Редакцией;

- участвуют в обсуждении рукописей и рецензий;

- знакомятся со всеми материалами по повестке дня заседания Редакционной коллегии Журнала;

- вносят предложения, замечания и поправки по существу обсуждаемых вопросов.

#### 4. ПРАВИЛА РАССМОТРЕНИЯ РУКОПИСЕЙ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

##### 4.1. Порядок поступления и приёма рукописей к рассмотрению

4.1.1. Все процедуры по редакционной обработке рукописей осуществляются через онлайн-сервис на веб-сайте Журнала. При необходимости, сотрудники Редакции оказывают консультационную помощь авторам по вопросам подачи рукописей.

4.1.2. Редакция принимает к рассмотрению электронные версии основных документов рукописи, подаваемой через личный кабинет автора согласно порядку, изложенному в инструкции на официальном веб-сайте Журнала.

##### 4.2. Принципы рецензирования и редактирования рукописей

4.2.1. Для организации рецензирования рукописи Редакция назначает ответственного редактора из числа членов Редакционной коллегии.

4.2.2. Ответственный редактор проводит оценку научной новизны и теоретической значимости рукописи, передаёт её рецензентам согласно порядку рецензирования рукописей, предлагает редакторские замечания.

4.2.3. Соответствие научного профиля тематике рассматриваемой рукописи и квалификация рецензентов определяется по публикационной активности в данной области исследований и наукометрическим показателям библиографических баз данных: ядро РИНЦ, RSCI, Scopus, Web of Science Core Collection.

4.2.4. Рецензирование осуществляется в строгом соответствии с порядком рецензирования и этическими принципами, опубликованными на официальном веб-сайте Журнала.

##### 4.3. Принципы принятия и утверждения рукописей

4.3.1. Ответственный редактор принимает решение о возможности принятия рукописи к печати на основании рецензий и собственной оценки качества материала, авторских ответов на замечания и исправлений рукописи, при необходимости консультируясь с другими членами Редакционной коллегии.

4.3.2. Принятая рукопись научной статьи передаётся ответственному секретарю для утверждения на заседании Редакционной коллегии.

Рассмотрено на заседании Редакционной коллегии журнала «Вестник защиты растений»  
Протокол № 1 от 05.03.2020

Главный редактор

В.А. Павлюшин

Одобрено на заседании Ученого Совета ФГБНУ ВИЗР  
Протокол № 2 от 18.03.2020

Председатель Учёного совета ФГБНУ ВИЗР

Ф.Б. Ганнибал

Ученый секретарь ФГБНУ ВИЗР

Н.А. Белякова

Приложение 1**ДОЛЖНОСТНЫЕ ОБЯЗАННОСТИ ЧЛЕНОВ РЕДАКЦИИ  
ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»****1. Главный редактор Журнала:**

- определяет политику Журнала с учётом целей и задач, стоящих перед изданием.
- осуществляет общее руководство работой редакции Журнала;
- руководит заседаниями редакционной коллегии Журнала;
- принимает решение о назначении ответственных редакторов для проведения экспертизы и координирует их работу;
- представляет редакционную коллегию на Ученом совете ФГБНУ ВИЗР;
- организует работу по привлечению к изданию Журнала ведущих ученых и высококвалифицированных специалистов;
- определяет численный и профессиональный состав редакционной коллегии;
- определяет очередность публикации принятых к печати материалов;
- организует финансово-экономическую деятельность, связанную с изданием и распространением Журнала.

**2. Заместители главного редактора Журнала:**

- проводят первичную оценку качества рукописей и соответствия их профилю Журнала, готовят предложения о назначении ответственных редакторов для каждой рукописи научной статьи, принятой к рассмотрению;
- проводят проверку оригинальности текста рукописей и соответствия их этическим принципам, принятым в Журнале;
- совместно с главным редактором осуществляют оперативное руководство подготовкой и изданием Журнала в соответствии с решениями, принятыми на заседаниях редакционной коллегии;
- участвуют в подготовке и проведении заседаний Редакционной коллегии;
- готовят материалы для обсуждения на заседаниях Ученого совета ФГБНУ ВИЗР.

**3. Ответственный секретарь Журнала:**

- организует прием, регистрацию и архивирование поступающих рукописей научных статей, а также других материалов, касающихся подготовки и издания Журнала;
- организует работу ответственных редакторов по подготовке рецензий и заключений на представленные рукописи статей, контролирует сроки их представления в Редакцию;
- разрабатывает графики подготовки и публикации выпусков Журнала, готовит проекты содержания выпусков и предлагает их для рассмотрения на заседаниях

Редакционной коллегии, координирует работу технического секретаря по подготовке номеров Журнала к печати;

- организует и контролирует электронную верстку и корректуру рукописей статей;

- готовит необходимые документы для проведения заседаний Редакционной коллегии Журнала, оповещает членов редакционной коллегии о месте, дате и повестке заседания, ведет протоколы заседаний Редакционной коллегии Журнала;

- ведет статистику показателей редакционно-издательской деятельности;

- обеспечивает присвоение номеров DOI научным статьям Журнала, регистрацию в Directory of Open Access Journal, депонирование опубликованных научных статей (выпусков Журнала) в онлайн-архиве;

- организует размещение опубликованных материалов в Научной электронной библиотеке eLibrary.ru, на официальном сайте Журнала и в социальной сети ResearchGate;

- осуществляет передачу обязательного электронного экземпляра выпусков в Российскую Государственную Библиотеку;

- ведет деловую переписку, опросы общественного мнения и другие мероприятия, направленные на укрепление связей Журнала с читателями, авторами, рецензентами статей;

- готовит документацию для проверок со стороны надзорных органов, заявок на включение в библиометрические базы данных и т.п.;

- принимает участие в организации финансово-экономической деятельности, связанной с изданием Журнала;

- обеспечивает хранение протоколов заседаний редакционной коллегии и другой документации, касающейся деятельности Журнала на бумажных и электронных носителях.

**3.1.6. Корректор англоязычных текстов:**

- осуществляет проверку правильности перевода на английский язык сведений об авторе, названия статьи, аннотации, ключевых слов и списка литературы;

- осуществляет коррекцию текстов англоязычных рукописей и других публикуемых материалов.

**3.1.7. Технический секретарь Журнала:**

- обеспечивает редакторскую подготовку рукописи к публикации, включающую корректуру, редактуру, ретуширование иллюстраций и создание оригинал-макета;

- в случае необходимости может вносить незначительные редакторские правки в текст без изменения научного содержания авторского материала;

- организует издание печатной версии Журнала в типографии.

## ИЗМЕНЕНИЯ В ПРАВИЛАХ ДЛЯ АВТОРОВ

С 2020 года подача рукописей для рассмотрения Редакцией осуществляется онлайн через личный кабинет автора, ответственного за переписку. Доступ в систему Электронной регистрации с сопутствующей инструкцией открыт на официальном вебсайте Журнала по адресу: [www.vestnik.vizrspb.ru](http://www.vestnik.vizrspb.ru).

По всем техническим вопросам, касающимся работы электронного онлайн-сервиса, просим обращаться в Редакцию по электронной почте: [vestnik@vizr.spb.ru](mailto:vestnik@vizr.spb.ru); [ytokarev@vizr.spb.ru](mailto:ytokarev@vizr.spb.ru).

### Изменения в требованиях к оформлению статей

С 2020 года изменяются показатели рекомендуемого объема рукописей (Приложение 2, Таблица 1):

#### Приложение 2

**Таблица 1.** Рекомендуемый объем рукописи в зависимости от типа статьи

Тип статьи	Максимальное количество страниц текста*	Максимальное количество единиц иллюстративного материала (таблиц и рисунков)**	Объем аннотации (количество слов)
Полнотекстовый обзор	40	20	150-250
Мини-обзор	20	10	100-150
Полнотекстовая статья	20	10	150-250
Краткое сообщение	6	2	100-150
Дискуссионная заметка	4	1	Нет
Хроника	10	2	Нет

\* страницы документа RTF, отформатированные согласно настоящим Правилам;

\*\* при условии, что 1 единица иллюстративного материала занимает 0.5 страницы.

## CHANGES TO GUIDES FOR AUTHORS

Since 2020 manuscript submission to the Editorial Office is performed online via personal account of the corresponding author. Access to Editorial managing system, supplied with instruction, is available online on the official website of the Journal: [www.vestnik.vizrspb.ru](http://www.vestnik.vizrspb.ru).

In case of technical questions concerning Editorial managing system work, please inquire at Editorial Office using e-mail: [vestnik@vizr.spb.ru](mailto:vestnik@vizr.spb.ru); [ytokarev@vizr.spb.ru](mailto:ytokarev@vizr.spb.ru).

### Changes in Instructions for Manuscript Organization

Since 2020, recommended size limitations are subject to change (Appendix 2, Table 1):

#### Appendix 2

**Table 1.** Size limitations for different article types

Article type	Maximal number of pages of text*	Maximal number of illustrative units (tables & figures)**	Abstract volume (word count)
Full-text review	40	20	150-250
Mini-review	20	10	100-150
Full-text article	20	10	150-250
Short communication	6	2	100-150
Discussion note	4	1	No
Chronicle	10	2	No

\* pages of RTF document formatted according to the Instructions;

\*\* One unit occupies 0.5 pages.

Научное издание

**Индекс 36189**

Подписано к печати 19 марта 2020 г.

Формат 60x84/8. Объем 7 1/2 п.л. Тираж 250 экз.