

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИТОСАНИТАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

© 2025 г. В.И. Долженко^{a,b,*}

^aВсероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

^bСанкт-Петербургское отделение РАН, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: dolzhenko@icrzr.ru

Поступила в редакцию 02.04.2025 г.

После доработки 12.04.2025 г.

Принята к публикации 22.04.2025 г.

Актуальной проблемой обеспечения продовольственной безопасности страны является защита сельскохозяйственных культур от вредных организмов, негативное воздействие которых приводит к потере до 50% урожая. Фитосанитарная безопасность может быть достигнута разными методами, средствами и технологиями. Возделывание генетически защищённых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, а также использование биологического метода обеспечивают ресурсосбережение, получение экологически чистой продукции и снижение пестицидной нагрузки на агроценозы. Однако 98% применяемых в нашей стране средств защиты растений составляют химические пестициды, используемые на площади около 100 млн га. На примере совершенствования ассортимента инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и технологий их применения показаны достижения по снижению норм использования, токсичности для человека и окружающей среды, оптимизации препаративных форм пестицидов и увеличению доли препаратов 3 и 4 классов опасности. Доказана перспективность технологии предпосевной обработки семян пестицидами и разработки комбинированных препаратов, позволяющих одновременно защищать растения от вредителей и болезней. Определены задачи по научно-технологическому обеспечению фитосанитарной безопасности.

Ключевые слова: фитосанитарная безопасность, защита растений, вредные организмы, пестициды, инсектициды, фунгициды, гербициды, препаративные формы, интегрированная защита растений, энтомофаги, энтомопатогены.

DOI: 10.31857/S0869587325060088, EDN: FBBSCS

Увеличение производства сельскохозяйственной продукции и экспорта продовольственных культур, интенсификация растениеводства, расширение торговых связей, изменение климата и технологического уклада – факторы, требующие усиления

мер, обеспечивающих фитосанитарную и продовольственную безопасность страны.

Защита растений – система мероприятий по борьбе с организмами, наносящими урон посевам в открытом или защищённом грунте, окультуренным угодьям и естественной растительности. Подобные меры направлены на предупреждение проникновения, распространения и массового размножения или развития, а также на регулирование или ликвидацию популяций вредных организмов. В то же время защита растений – это раздел прикладной биологии, в рамках которого разрабатываются теоретические и методологические основы соответствующих мероприятий.

Роль защиты растений от вредных организмов в получении урожая сельскохозяйственных культур и его качества весьма велика. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (ФАО), ежегодно до 37% про-



ДОЛЖЕНКО Виктор Иванович – академик РАН, руководитель Центра биологической регламентации использования пестицидов ВИЗР.

довольственных культур в мире погибает от вредных организмов. В нашей стране при совокупном негативном воздействии вредителей, возбудителей болезней и сорных растений может теряться до 50% урожая [1].

В зависимости от уровня развития науки формировались разные концепции защиты растений – от сохранения урожая любой ценой и полного уничтожения вредных организмов до современной адаптивно-интегрированной защиты при условии рационального применения химических и биологических средств. Интегрированная защита растений сформирована в 1970-е годы, однако представления о необходимости использования природных факторов, ограничивающих развитие вредных организмов, высказывались и ранее [2, 3]. В основу этой концепции положены биологизированные и экологизированные подходы к обеспечению равновесия в агроэкосистемах, ориентированные не только на применение агротехнических, биологических, генетических, химических и других методов, но и на использование природных факторов, в том числе полезной фауны и флоры [4]. В целях успешной реализации приоритетных исследовательских программ, решения важнейших практических задач в сфере защиты растений академик М.С. Соколов с соавторами [5] предложил перейти к адаптивно-интегрированной защите растений. Изначально эта концепция научно обоснована академиком А.А. Жученко [6, 7]. Она представляет собой систему взаимосвязанных научно обоснованных фундаментальных положений, отвечающих требованиям современной экономической и социально-экологической политики, задаче ускоренного создания перспективных отечественных технологий для АПК страны [8].

Генетическая защита растений. Ежегодно на посевах сельскохозяйственных культур в Российской Федерации используется около 230 000 т пестицидов более 2000 наименований на площади, превышающей 100 млн га. Возделывание генетически защищённых сортов и гибридов позволяет снижать пестицидную нагрузку, сберечь ресурсы, получать экологически чистую органическую продукцию. Устойчивость возделываемых сортов предотвращает чрезвычайные ситуации, связанные с эпифитотиями вредных организмов, и обеспечивает конкурентоспособность сортов и гибридов.

Исследования Всероссийского НИИ защиты растений (ВИЗР), ФНЦ биологической защиты растений (ФНЦ БЗР), Всероссийского НИИ фитопатологии (ВНИИФ), ФИЦ “Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова” (ВИР) по разработке эффективной генетической защиты растений базируются на изучении механизмов изменчивости популяций фитопатогенных организмов, интенсивности генного потока, дрейфа генов, выявлении генетического разнообразия

устойчивости растений к вредным организмам. Заметный вклад в создание запаса генов устойчивости, разработку биотехнологий использования генов устойчивости в селекции вносят ВИЗР, ВИР, Институт цитологии и генетики СО РАН (ИЦиГ), Всероссийский НИИ сельскохозяйственной биотехнологии (ВНИИСБ), ВНИИФ, Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко), ФИЦ “Немчиновка”, Татарский НИИ сельского хозяйства (ТатНИИСХ) и ряд других учреждений. Если в 2010 г. количество сортов пшеницы озимой с устойчивостью к ржавчинным заболеваниям в Госреестре селекционных достижений составляло 41 наименование, то в 2023 г. уже 73. В НЦЗ им. П.П. Лукьяненко созданы сорта, не подверженные трём видам ржавчины, – Юмпа, Антонина, Безостая 100, Веха, Гурт [9].

Особое значение для предотвращения эпифитотий имеют сорта с групповой устойчивостью к пяти и даже шести возбудителям болезней. Например, сорт озимой пшеницы Адель не подвержен жёлтой и стеблевой ржавчинам, пыльной головне, мучнистой росе, септориозу и фузариозу колоса [10]. Успехи селекционеров в создании таких сортов можно оценить как мировое достижение, поскольку разрушена отрицательная корреляция между устойчивостью сорта к болезням и его продуктивностью: то есть теперь устойчивый сорт может быть ещё и высокоурожайным.

В связи с освоением нового инструментария и развития геномных и постгеномных технологий в ВИЗРе в сотрудничестве с ВИР и ИЦиГ разрабатывают технологии по изучению генетического разнообразия устойчивости ячменя и пшеницы к гембиотрофным патогенам, картофеля к возбудителям карантинных болезней [11–15]. Идентификация и картирование “главных” генов и локусов количественных признаков (QTL) устойчивости – это многоплановые исследования, в которых участвуют фитопатологи, генетики и биоинформатики.

Современное состояние исследований и достижений в области генетической защиты растений можно охарактеризовать, с одной стороны, как накопление фундаментальных знаний по генетическому разнообразию устойчивости, структурной и функциональной организации генетических детерминант устойчивости растений и вирулентности патогенов, а с другой – как расширение практического использования генетически защищённых сортов сельскохозяйственных растений.

Биологическая защита растений. В биологической защите растений применяются термины макро- и микробиометод. Микробиометод предполагает использование микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности в защите растений, макробиометод – использование макроорганизмов.

Самым безопасным и наиболее эффективным методом защиты растений в теплицах и при орга-

ническом земледелии, где применение химических пестицидов запрещено или ограничено, являются насекомые и клещи – агенты биологического контроля. Выпуски энтомофагов (естественных врагов вредителей) – важный элемент экологически чистых технологий выращивания растений [16].

Активное развитие технологий тепличного растениеводства, в том числе появление теплиц нового поколения, вносит коррективы в систему биологической защиты растений, что, в свою очередь, требует новых подходов к отбору энтомофагов. В частности, меняются критерии их эффективности. Одновременно с введением новых технологий возделывания тепличных культур расширяется видовой состав вредителей, в том числе за счёт инвазионных видов¹, поэтому постоянный поиск новых видов хищников и паразитов для биологического контроля вредителей – одна из актуальных задач науки [17]. Биоресурсы энтомофагов и акарифагов² весьма обширны. Потенциально в защите растений могут быть использованы представители как минимум 15 семейств перепончатокрылых (Hymenoptera), двукрылых (Diptera), жесткокрылых (Coleoptera), полужесткокрылых (Homoptera) и сетчатокрылых (Neuroptera) насекомых, а также клещей (Arachnida). В практику биологической защиты растений введено не более 300 видов, из которых коммерчески доступны 230. Иными словами, несмотря на вековую историю применения энтомофагов в защите растений, их природные ресурсы во многом остаются неосвоенными.

Большинство из используемых энтомофагов – это паразитические перепончатокрылые с узкой пищевой специализацией. Они сфокусированы на целевых вредителях и, как правило, более эффективны как агенты биологического контроля. Биоресурсы паразитических перепончатокрылых обширны. Только в отечественной фауне их известно около 10 тыс. видов, а в мировой фауне их по разным оценкам в 56 раз больше. При этом только несколько сотен их видов уже апробированы в биологическом контроле, из которых 179 активно используются методом сезонной колонизации для защиты овощных, плодовых и других культур. Второе место по масштабам производства и применения в мире занимают клещи семейства Phytoseiidae (Arachnida): 54 вида данного семейства используют в системах биологического контроля вредителей в основном против паутинных клещей, трипсов и белокрылок. Одним из первых представителей этого семейства, который был успешно внедрён в защиту растений,

стал специализированный хищник паутинных клещей *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. Из-за его узкой пищевой специализации для разведения фитосейулюса необходимы вегетирующие растения, на которых накапливают его жертву – паутинного клеща.

Переход на современные технологии производства энтомофагов требует выполнения двух условий. Во-первых, необходимы культуры хищников и паразитов с заданными свойствами, которые обеспечат эффективный контроль вредителей в современных теплицах. Во-вторых, нужны существенные капиталовложения в строительство нового поколения биофабрик. ВИЗР располагает обширной коллекцией энтомофагов, специалистами по их видовой диагностике и селекции, методическими разработками по сохранению высокого качества коллекционных культур при длительном хранении. В коллекцию ВИЗРа входят виды, на использовании которых базируются современные системы биологической защиты [18]. Общее число энтомофагов в 2024 г. достигло 42 видов. В коллекции хранятся уникальные селекционные линии энтомофагов. В течение последних пяти лет коллекцию пополнили новые виды восточноазиатской фауны, которые в ближайшем будущем найдут применение в защите растений.

В соответствии с тенденциями развития тепличного растениеводства в России стала очевидной необходимость создания отечественного промышленного производства энтомофагов, которое обеспечит широкий ассортимент биологических средств защиты растений, стабильность поставок в течение всего года, строгий контроль качества энтомофагов (прежде всего видовую чистоту культур), рентабельность массового разведения энтомофагов, основанную на значительных объёмах производства и сопряжении технологических циклов разных видов энтомофагов. Примером взаимовыгодного сотрудничества в области крупномасштабного производства полезных насекомых для защиты растений может служить биотехнологическое производство ООО «НПП ИНАППЕН» и ВИЗРа. Институт предложил патенты и технологии, а коммерческая структура – производственные мощности. Проект должен обеспечить потребности отечественного растениеводства и сопредельных стран.

Огромным потенциалом в биологической защите растений обладают микроорганизмы. Микробиологические препараты, разрабатываемые и используемые в России, основаны на вирусах, бактериях и грибах. Вирусные инсектициды высокоспецифичны для целевых вредных организмов, безопасны для теплокровных, птиц, рыб и полезных насекомых. Основные энтомопатогенные вирусные препараты, как правило, создают на основе представителей семейства *Baculoviridae*. Бактериальные препараты для борьбы с вредными насекомыми и клещами разрабатывают на основе разных штам-

¹ Инвазионный (инвазивный) вид – биологический вид, распространение которого угрожает биологическому многообразию. Типичная первоначальная причина распространения инвазионных видов – непреднамеренная интродукция организмов за пределы мест их естественного обитания.

² Организмы, которые истребляют вредных насекомых, называются энтомофагами, а хищники и паразиты, уничтожающие клещей, – акарифагами.

мов *Bacillus thuringiensis*. Основу препаратов для борьбы с фитопатогенами составляют бактерии родов: *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. nigrum*, *B. amyloliquefaciens*), *Pseudomonas* (*Ps. aureofaciens*, *Ps. fluorescens*). Грибные препараты для борьбы с вредителями созданы на основе *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* и др., а для борьбы с фитопатогенами – на основе рода *Trichoderma* (*Tr. veride*, *Tr. asperellum*, *Tr. harzianum*, *Tr. virens*). В 2025 г. для применения в Российской Федерации разрешены 36 инсектицидов: на основе энтомопатогенных вирусов (2), бактерий (12), грибов (5), продуктов вторичного метаболизма актиномицетов (18), 48 фунгицидов на основе бактерий (31), грибов (3), бактерий и грибов (4), а также шесть феромонов [19–21]. Доля биопестицидов на мировом рынке средств защиты растений составляет около 10% [22].

Следует отметить, что разработка и внедрение микробиологических средств осуществляются недостаточно активно. В 2004 г. можно было использовать 37 препаратов, в 2018 – 60, в 2025 г. – 90. Есть тенденция на постепенное увеличение микробиопрепаратов, но работу по этому важному направлению экологизации защитных мероприятий необходимо интенсифицировать.

В настоящее время быстро развиваются технологии защиты растений, основанные на РНК-интерференции. Несмотря на очевидные преимущества РНК-препаратов и/или внедрения в геном растений генов, кодирующих смертоносные для насекомых молекулы малых РНК, привлекает к себе внимание комбинированное использование искусственных (в виде спреев препаратов двухцепочечных РНК (дцРНК)) и природных механизмов регулирования численности популяций вредителей с помощью естественных “контролёров”, в качестве которых перспективны эндофитные бактерии *Bacillus thuringiensis* [23, 24].

Химическая защита растений. Первые упоминания об использовании химических веществ для

защиты продовольственных культур появились в третьем тысячелетии до н.э. Человечество использовало серу и соли меди. В настоящее время в нашей стране 98% общего объёма средств защиты растений составляют химические пестициды [25]. Масштабы мероприятий по защите сельскохозяйственных культур постоянно растут. Площади фитосанитарных обработок пестицидами выросли с 58.9 млн га в 2010 г. до 100 млн га в 2023 г.

Благодаря научно-технологическим разработкам ВИЗРа, ФНЦ БЗР, ВНИИФ, ВНИИЗР, ряда других научных учреждений и аграрных университетов (РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина, Санкт-Петербургский ГАУ), а также коммерческих структур (АО Фирма “Август”, АО “Шёлково-Агрохим”, ООО “Агро Эксперт Групп” и др.) постоянно расширяется и совершенствуется ассортимент средств защиты растений, разрешённых к применению на территории Российской Федерации. В настоящее время он насчитывает более 2000 наименований (табл. 1). Как видим за 65 лет количество пестицидов разного назначения с момента регулирования оборота средств защиты растений (1961 г.) увеличилось в 35 раз. Совершенствуются действующие вещества, комбинации, препаративные формы и технологии применения. Особое внимание научные учреждения уделяют разработке технологических регламентов эффективного и безопасного использования средств защиты растений [26, 27].

На примере химических средств борьбы с вредителями можно проследить совершенствование ассортимента препаратов и действующих веществ (табл. 2). Сокращается количество неорганических и фосфорорганических соединений, прекращено использование хлор- и броморганики. Увеличивается количество неоникотиноидов и комбинированных препаратов.

Дальнейшее совершенствование ассортимента инсектицидов можно проиллюстрировать на при-

Таблица 1. Средства защиты растений, разрешённые для применения в сельском хозяйстве Российской Федерации

Средства защиты растений	Количество препаратов по годам							
	1961	1971	1981	1991	2001	2011	2019	2025
Инсектициды и акарициды	34	72	141	153	109	213	372	449
Фунгициды	11	37	93	174	130	208	444	597
Гербициды	10	35	163	277	193	380	799	900
Родентициды	7	6	9	12	5	18	27	16
Нематициды	0	9	6	16	5	3	2	4
Прочие *	5	–	–	130	58	100	152	179
Всего	62	162	412	762	500	922	1796	2145

* Дефолианты, десиканты, феромоны, регуляторы роста растений, моллюскоциды, репелленты.

Таблица 2. Химические средства борьбы с вредителями

Химический класс	Количество препаратов / действующих веществ					
	1960	1980	2000	2010	2019	2025
Неорганические	6/5	5/3	3/1	4/1	4/1	3/1
Хлорорганические	11/4	21/10	–	–	–	–
Броморганические	–	3/2	1/1	–	–	–
Фосфорорганические	5/5	55/29	21/10	45/8	72/7	42/6
Неоникотиноиды	–	–	4/3	26/5	77/5	86/5
Комбинированные препараты	–	7	6	14	77	121
Всего	34/26	127/69	111/50	175/45	358/50	408/55

Таблица 3. Инсектициды для защиты картофеля от колорадского жука

Показатели	Количество по годам						
	1986	1992	2000	2003	2005	2019	2025
Препараты	35	51	49	65	89	136	139
Действующие вещества	16	29	18	21	27	31	30
Химические классы	5	5	6	7	7	8	8
Препаративные формы	6	7	8	13	13	19	18
Биопрепараты	2	6	6	8	8	8	9
Средняя норма применения препаратов (л, кг/га)	1.3	0.9	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2
Умеренно опасные препараты	17	20	17	27	36	50	54

мере средств защиты картофеля от колорадского жука (табл. 3). Анализ данных таблицы 3 по годам позволяет утверждать, что постепенно увеличивается количество используемых препаратов и биопрепаратов, сохраняются низкие нормы применения, снижается опасность инсектицидов для теплокровных животных за счёт увеличения количества умеренно опасных препаратов. В наших исследованиях представлен подробный анализ результатов научно-исследовательских работ по изучению средств защиты растений от вредных насекомых и клещей, разработке регламентов их эффективного и безопасного применения, совершенствованию ассортимента, методологии и стратегии их использования с учётом современных требований [28].

Важное направление в обеспечении фитосанитарной безопасности – разработка технологий, методов и средств борьбы с возбудителями болезней растений. На протяжении многих лет в целях снижения потерь, вызываемых фитопатогенами, использовали различные средства: серу, медь и её соли, известь, формалин и препараты на основе ртути [29]. Совершенствование фунгицидов осуществлялось путём изъятия препаратов на основе сильнодействующих ядовитых веществ, создания препаратов на основе действующих веществ 3 и 4 классов опас-

ности³ из новых химических классов, создания комбинированных препаратов с меньшими нормами применения и токсичностью для человека и теплокровных животных. Принципиальные изменения в ассортименте фунгицидов представлены в таблице 4.

Количество используемых препаратов увеличилось с 11 в 1961 г. до 597 в 2025 г., расширился спектр действующих веществ, появились новые химические классы, развивается применение комбинированных препаратов, позволяющих защищать растения от нескольких болезней и снижать токсическую нагрузку. Отчётливо видна тенденция сокращения норм применения фунгицидов – от 12.9 л, кг/га в 1961 г. до 0.8 л, кг/га в 2025 г. Снижается токсичность препаратов, их основу составляют средства 3 и 4 классов опасности.

Особую роль в эффективности, технологии применения, безопасности для человека и окружающей среды играют препаративные формы пестицидов,

³ Класс опасности – условная величина вредного воздействия, которая устанавливается в соответствии с нормативными отраслевыми документами. 1-й класс – вещества чрезвычайно опасные; 2-й – вещества высокоопасные; 3-й – вещества умеренно опасные; 4-й – вещества малоопасные.

Таблица 4. Ассортимент фунгицидов

Показатели	Количество по годам				
	1961	1980	2009	2019	2025
Препараты	11	88	173	407	597
Действующие вещества	7	41	59	89	101
Химические классы	7	17	26	38	44
Биологические препараты	–	3	21	34	48
Комбинированные препараты	2	16	61	240	322
Средняя норма применения (л, кг/га)	12.9	6.1	0.9	0.9	0.8
Средняя ЛД ₅₀ (для крыс, мг/кг)	1714	2151	3316	3320	3330

сочетающие требуемые физико-химические свойства веществ с особенностями их распределения в окружающей среде. Эти формы постоянно совершенствуются. Уходят из оборота такие формы, как дуст (порошок), так как они пылят при работе, их заменяют на смачивающиеся порошки, гранулы, а также жидкие формы: концентрат эмульсии, концентрат суспензии, водный раствор, микрокапсулированная суспензия и др. (табл. 5).

В последнее время широкое распространение получили коллоидные системы – мицеллярные растворы (концентрат коллоидного раствора) и микроэмульсии. Эти инновационные препаративные формы имеют ряд преимуществ. Размер частиц меньше 0.1 мкм, что позволяет частицам действующего вещества быстро проникать в защищаемое растение и оказывать защитное и куративное (лечащее) действие. Они обладают высокой дождестойкостью, полным смачиванием поверхности растений и хорошей адгезией.

Перспективный технологический приём в защите растений – предпосевная обработка семян. Этот приём эффективен для защиты зерновых, зернобобовых, овощных и технических культур от большинства возбудителей болезней и многих вредителей [30]. Обработка семян сельскохозяйственных культур вне полевых условий позволяет защитить высеваемое семя как от внешней, так и от внутренней инфекции, а молодое растение – от фитогаров и фитопатогенов. Данный приём имеет неоспоримые преимущества по сравнению с другими способами использования химических средств: он экономичен (не нужно обрабатывать посеы тракторным опрыскивателем), экологичен (исключается загрязнение пестицидами окружающей среды), не зависит от погодных условий. О перспективности этого направления можно судить по постоянно расширяющемуся ассортименту препаратов для предпосевной обработки семян. Доля таких веществ в общем объёме пестицидов составляет 40%.

Таблица 5. Препаративные формы фунгицидов

Препаративная форма	Количество по годам				
	1961	1982	2009	2019	2025
Дуст (Д)	2	6	–	–	–
Порошок (П)	2	3	1	–	–
Паста (ПС)	1	3	4	–	–
Смачивающийся порошок (СП)	1	57	35	49	41
Концентрат эмульсии (КЭ)	–	7	25	80	98
Водно-диспергируемые гранулы (ВДГ)	–	–	14	34	53
Концентрат коллоидного раствора (ККР)	–	–	2	3	6
Микроэмульсия (МЭ)	–	–	3	10	17
Концентрат микроэмульсии (КМЭ)	–	–	–	1	9
Суспензионная микроэмульсия (СМЭ)	–	–	–	1	2
Текущая суспензия (ТС)	–	–	–	2	6

Таблица 6. Ассортимент гербицидов

Показатели	Количество по годам							
	1962	1971	1982	1992	2000	2009	2019	2025
Препараты	18	61	183	276	164	267	798	903
Действующие вещества	11	52	90	97	76	65	96	101
Комбинированные препараты	—	7	35	49	37	75	177	320

Важное условие получения стабильных урожаев – борьба с сорными растениями. Посевы большинства культур засорены, а при наличии многолетних корневищных и корнеотпрысковых сорняков потери урожая достигают 30–40% [31]. Сорные растения отличаются от других групп вредных организмов тем, что они распространены повсеместно и постоянно оказывают отрицательное влияние на культурные растения, конкурируя с ними за свет, влагу и питательные вещества.

Арсенал средств защиты сельскохозяйственных культур от сорных растений к концу прошлого столетия включал широкий набор химических препаратов. Однако в связи с возделыванием новых культур, изменением климатических условий и видового состава сорных растений, а также возникновением их резистентных популяций ассортимент гербицидов и технологии их применения постоянно совершенствуются (табл. 6). В начале XXI в. были исключены из оборота высокотоксичные действующие вещества и препараты, к 2025 г. разработаны инновационные, более безопасные действующие вещества (101), в несколько раз увеличилось количество препаратов на их основе (903). Предпочтение отдают гербицидам с более низкими нормами применения, менее токсичным, избирательно действующим, более экологичным и безопасным.

Расширение сферы применения и повышение безопасности во многом достигнуто за счёт создания комбинированных препаратов, количество которых достигло 320 (35% от общего количества гербицидов). Продолжают совершенствоваться препаративные формы гербицидов. Значительное место занимают водно-диспергируемые гранулы и концентраты эмульсий, снижается количество порошкообразных форм. Появились новые препаративные формы, позволяющие снижать нормы применения, и технологии обработки полей. Например, препараты Зонтран (концентрат коллоидного раствора) и Лазурит Супер (концентрат нано-эмульсии) за счёт инновационных препаративных форм можно применять не только до всходов культуры, но и в ранние фазы роста растений. При этом удалось снизить норму применения действующего вещества гербицидов на единицу обрабатываемой площади практически в 3 раза.

Научно-технологические разработки фундаментального и поискового характера по защите расте-

ний соответствуют Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации о переходе к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству, разработке и внедрению систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений, Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период о разработке и внедрении новых природоподобных, биологических и химических средств защиты растений, Указу Президента РФ № 529 от 18.06.2024 г. о подготовке технологий создания биологических и химических средств для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, их защиты от болезней и вредных организмов, а также технологий сохранения биологического разнообразия и борьбы с чужеродными (инвазивными) видами животных, растений и микроорганизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Санин С.С.* Фитосанитарная экспертиза – основа управляемой защиты растений // Современные системы и методы фитосанитарной экспертизы и управления защитой растений. Большие Вязёмы, 2015. С. 4–13.
Sanin S.S. Phytosanitary examination – the basis of controlled plant protection // Modern systems and methods of phytosanitary examination and plant protection management. Bol'shiye Vyazyomy, 2015. Pp. 4–13.
2. *Фадеев Ю.Н.* Интегрированная система защиты растений // Вестник АН СССР. 1978. № 4. С. 75–82.
Fadeev Yu.N. Integrated plant protection system // Bulletin of the USSR Academy of Sciences. 1978, no. 4, pp. 75–82.
3. *Фадеев Ю.Н., Новожилов К.В., Байку Г.* Принципы интегрированной защиты растений. М.: Колос. 1981. С. 19–49.
Fadeev Yu.N., Novozhilov K.V., Baiku G. Principles of integrated plant protection. Moscow: Kolos, 1981. P. 19–49.
4. *Долженко В.И.* Защита растений: Настоящее и будущее // Плодородие. 2018. № 1. С. 24–26.

- Dolzhenko V.I.* Plant Protection: Present and Future // Fertility. 2018, no. 1, pp. 24–26.
5. *Соколов М.С., Санин С.С., Долженко В.И. и др.* Концепция фундаментально-прикладных исследований защиты растений и урожая // *Агрехимия*. 2017. № 4. С. 3–9.
Sokolov M.S., Sanin S.S., Dolzhenko V.I. et al. The concept of fundamental and applied research on plant and crop protection // *Agrochemistry*. 2017, no. 4, pp. 3–9.
 6. *Жученко А.А.* Эколого-генетические основы интегрированной системы защиты растений // Сборник трудов Всероссийского съезда по защите растений “Проблемы оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства”. С.-Петербург, 1997. С. 9–24.
Zhuchenko A.A. Ecological and genetic foundations of the integrated plant protection system // Collection of works of the All-Russian Congress on Plant Protection “Problems of Optimization of the Phytosanitary State of Plant Growing”. St. Petersburg, 1997. Pp. 9–24.
 7. *Жученко А.А.* Основы адаптивно-интегрированной системы защиты агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов от вредных видов // Роль мобилизации генетических ресурсов цветковых растений. Саратов, 2012. С. 180–195.
Zhuchenko A.A. Fundamentals of an adaptive-integrated system for protecting agrocenoses, agroecosystems and agrolandscapes from harmful species // The role of mobilization of genetic resources of flowering plants. Saratov, 2012. Pp. 180–195.
 8. *Захаренко В.А.* Особенности развития технологий защиты растений в агроэкосистемах в условиях рыночной экономики России // *Агрехимия*. 2023. № 8. С. 45–57.
Zakharenko V.A. Features of the development of plant protection technologies in agroecosystems in the conditions of the market economy of Russia // *Agrochemistry*. 2023, no. 8, pp. 45–57.
 9. *Беспалова А.А., Романенко А.А., Кудряшов И.Н. и др.* Сорты пшеницы и тритикале. Краснодар: НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, 2020.
Bespalova A.A., Romanenko A.A., Kudryashov I.N. et al. Wheat and triticale varieties. Krasnodar: P.P. Lukyanenko Scientific Center for Plant Protection, 2020.
 10. *Афанасенко О.С.* Генетическая защита зерновых культур: итоги и перспективы // Защита и карантин растений. 2020. № 9. С. 3–7.
Afanasenko O.S. Genetic protection of grain crops: results and prospects // *Plant protection and quarantine*. 2020, no. 9, pp. 3–7.
 11. *Хютти А.В., Рыбаков Д.А., Гавриленко Т.А., Афанасенко О.С.* Устойчивость к возбудителям фитофтороза и глободероза современного сортимента семенного картофеля и его фитосанитарное состояние в различных агроклиматических зонах европейской части России // *Вавиловский журнал* генетики и селекции. 2020. № 4. С. 363–375. <https://doi.org/10.18699/VJ20.629>
Huutti A.V., Rybakov D.A., Gavrilenko T.A., Afanasenko O.S. Resistance to pathogens of late blight and globoderosis of the modern assortment of seed potatoes and its phytosanitary state in various agroclimatic zones of the European part of Russia // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020, no. 4, pp. 363–375. <https://doi.org/10.18699/VJ20.629>
 12. *Кочетов А.В., Гавриленко Т.А., Афанасенко О.С.* Новые генетические технологии защиты растений от паразитических нематод // *Вавиловский журнал* генетики и селекции. 2021. № 125(3). С. 337–343. [Doi.org/10.18699/VJ21.037](https://doi.org/10.18699/VJ21.037)
Kochetov A.V., Gavrilenko T.A., Afanasenko O.S. New genetic technologies for plant protection from parasitic nematodes // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021, no. 125(3), pp. 337–343. [Doi.org/10.18699/VJ21.037](https://doi.org/10.18699/VJ21.037)
 13. *Афанасенко О.С., Лашина Н.М., МIRONENKO N.V. et al.* Evaluation of responses of potato cultivars to different strains of potato spindle tuber viroid and symptoms of mixed viroid/viral infection // *Agronomy*. 2022, no. 12, 2916. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122916>
 14. *Jambuthenne D.T., Riaz A., Athiyannan N. et al.* Mining the Vavilov wheat diversity panel for new sources of adult plant resistance to stripe rust // *Theoretical and Applied Genetics*. 2022, no. 135, pp. 1355–1373. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04037-8>
 15. *Лашина Н.М., МIRONENKO N.V., Зубкович А.А., Афанасенко О.С.* Ювенильная устойчивость сортов и образцов ячменя к net-, spot- и гибридной (net × spot) формам *Pyrenophora teres* // *Микология и фитопатология*. 2023. № 1. С. 48–59. DOI: 10.31857/S0026364823010099
Lashina N.M., Mironenko N.V., Zubkovich A.A., Afanasenko O.S. Juvenile resistance of barley varieties and accessions to net-, spot- and hybrid (net × spot) forms of *Pyrenophora teres* // *Mycology and phytopathology*. 2023, no. 1, pp. 48–59. DOI: 10.31857/S0026364823010099
 16. *Белякова Н.А.* Современные тренды в скрининге и селекции энтомофагов // *Материалы V Всероссийского конгресса по защите растений*. С.-Петербург, 2024. С. 241.
Belyakova N.A. Modern trends in screening and selection of entomophages // *Proceedings of the V All-Russian Congress on Plant Protection*. St. Petersburg, 2024. P. 241.
 17. *Белякова Н.А., Павлюшин В.А.* Скрининг биоресурсов насекомых и клещей для биологического контроля вредителей в защищённом грунте // *Вестник защиты растений*. 2023. № 1. С. 49–70.
Belyakova N.A., Pavlyushin V.A. Screening of biore-sources of insects and mites for biological control of pests in protected ground // *Bulletin of Plant Protection*. 2023, no. 1, pp. 49–70.

18. *Белякова Н.А., Павлюшин В.А., Попов Д.А.* Освоение биоресурсов энтомофагов: проблемы и дальнейшие пути развития // Труды Русского энтомологического общества. С.-Петербург. 2022. С. 5–20.
Belyakova N.A., Pavlyushin V.A., Popov D.A. Development of bioresources of entomophages: problems and further development paths // Transactions of the Russian Entomological Society. St. Petersburg, 2022. P. 5–20.
19. *Долженко Т.В., Долженко В.И.* Инсектициды на основе энтомопатогенных вирусов // Агрохимия. 2017. № 4. С. 26–33.
Dolzhenko T.V., Dolzhenko V.I. Insecticides based on entomopathogenic viruses // Agrochemistry. 2017, no. 4, pp. 26–33.
20. *Долженко Т.В.* Бактериальные инсектоакарициды для защиты растений: изучение и перспективы применения // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2021. № 3(160). С. 50–62.
21. *Долженко Т.В., Буркова Л.А., Долженко О.В.* Методы оценки биологической эффективности применения синтетических половых феромонов фитофагов // Садоводство и виноградарство. 2018. № 4. С. 52–56.
Dolzhenko T.V., Burkova L.A., Dolzhenko O.V. Methods for assessing the biological efficiency of using synthetic sex pheromones of phytophages // Gardening and Viticulture. 2018, no. 4, pp. 52–56.
22. *Мироненко О.В., Асатурова А.М., Шипиевская Е.Ю. и др.* Органическое земледелие в Российской Федерации. Биопестициды в производстве органической продукции. Краснодар: Просвещение – Юг, 2024.
Mironenko O.V., Asaturova A.M., Shipievskaya E.Yu. et al. Organic farming in the Russian Federation. Biopesticides in organic production. Krasnodar: Prosvetshchenie–Yug, 2024.
23. *Хайруллин Р.М., Сорокань А.В., Габдрахманова В.Ф., Максимов И.В.* Перспективные свойства *Bacillus thuringiensis* и направления их использования для защиты растений // Прикладная биохимия и микробиология. 2023. № 4. С. 337–354.
Khairullin R.M., Sorokan A.V., Gabdrakhmanova V.F., Maksimov I.V. Promising properties of *Bacillus thuringiensis* and directions of their use for plant protection // Applied Biochemistry and Microbiology. 2023, no. 4, pp. 337–354.
24. *Gal'chinsky N.V., Yatskova E.V., Sharmagiya A.K., Plugatar Yu.V., Oberemok V.V.* Mixed insect pest populations of diaspidae species under control of oligonucleotide insecticides: 3'-end nucleotide matters // Pesticide Biochemistry and Physiology. 2024, vol. 200, p. 105838.
25. *Говоров Д.Н., Живых А.В., Шабельникова А.А.* Применение пестицидов. Год 2023-й // Защита и карантин растений. 2024. № 4. С. 9–10.
Govorov D.N., Zhiviykh A.V., Shabelnikova A.A. Use of pesticides. Year 2023 // Plant protection and quarantine. 2024, no. 4, pp. 9–10.
26. *Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Лантмиев А.Б.* Развитие химического метода защиты растений в России // Защита и карантин растений. 2021. № 4. С. 3–13.
Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I., Laptiev A.B. Development of chemical plant protection methods in Russia // Plant protection and quarantine. 2021, no. 4, pp. 3–13.
27. *Долженко В.И., Лантмиев А.Б.* Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность // Плодородие. 2021. № 3. С. 71–75.
Dolzhenko V.I., Laptiev A.B. Modern range of plant protection products: biological efficiency and safety // Plodorodie. 2021, no. 3, pp. 71–75.
28. *Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Буркова Л.А. и др.* Совершенствование ассортимента средств борьбы с вредителями растений в XXI веке // Агрохимия. 2021. № 1. С. 31–40.
Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I., Burkova L.A. et al. Improving the range of plant pest control products in the 21st century // Agrochemistry. 2021, no. 1, pp. 31–40.
29. *Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Кунгурцева О.В. др.* Развитие исследований по формированию современного ассортимента фунгицидов // Агрохимия. 2020. № 9. С. 32–47.
Grishechkina L.D., Dolzhenko V.I., Kungurtseva O.V. et al. Development of research on the formation of a modern assortment of fungicides // Agrochemistry. 2020, no. 9, pp. 32–47.
30. *Гришечкина Л.Д.* Фунгициды для защиты пшеницы яровой от семенной и почвенной инфекции // Защита и карантин растений. 2022. № 3. С. 13–17.
Grishechkina L.D. Fungicides for the protection of spring wheat from seed and soil infections // Plant protection and quarantine. 2022, no. 3, pp. 13–17.
31. *Маханькова Т.А., Долженко В.И., Голубев А.С.* Формирование ассортимента гербицидов в России // Агрохимия. 2022. № 11. С. 50–61.
Makhankova T.A., Dolzhenko V.I., Golubev A.S. Formation of the assortment of herbicides in Russia // Agrochemistry. 2022, no. 11, pp. 50–61.

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF PHYTOSANITARY SAFETY

V.I. Dolzhenko^{a,b,*}

^aAll-Russian Research Institute for Plant Protection, St. Petersburg, Russia

^bSt. Petersburg Branch of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

*E-mail: dolzhenko@icZR.ru

A pressing issue of ensuring food security in the country is protecting agricultural crops from harmful organisms, the negative impact of which can lead to a loss of 50% of the harvest. Phytosanitary safety can be achieved by various methods, means and technologies. Cultivation of genetically protected varieties and hybrids of agricultural crops, as well as the use of the biological method ensure resource conservation, the production of environmentally friendly products and a reduction in the pesticide load on agrocenoses. However, 98% of the plant protection products used in our country are chemical pesticides used on an area of about 100 million hectares. The example of improving the range of insecticides, fungicides, herbicides and technologies for their application shows achievements in reducing the standards of use, toxicity for humans and the environment, optimizing the preparative forms of pesticides and increasing the share of drugs of hazard classes 3 and 4. The prospects of pre-sowing seed treatment technology with pesticides and the development of combined drugs that allow simultaneous protection of plants from pests and diseases have been proven. The tasks for scientific and technological support of phytosanitary safety have been defined.

Keywords: phytosanitary safety, plant protection, harmful organisms, pesticides, insecticides, fungicides, herbicides, formulations, integrated plant protection, entomophages, entomopathogens.