



Развитие технологий и средств механизации для защиты растений в Российской Федерации

Анатолий Константинович Лысов,
кандидат технических наук, ведущий научный
сотрудник, лауреат премии Правительства РФ
в области науки и техники, e-mail: lysov4949@yandex.ru;

Тимур Викторович Корнилов,
ведущий специалист,
e-mail: tvkornilov@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург-Пушкин, Российская Федерация

Реферат. Отметим достижения отечественных ученых, инженеров и конструкторов по применению пестицидов в сельском хозяйстве. (*Цель исследования*) Провести ретроспективный анализ развития технологий защиты растений и средств механизации в Российской Федерации. (*Материалы и методы*) Использовали публикации в научных журналах, монографии, материалы конференций, экспозицию научно-методического кабинета (музея) Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений, архивные фотоматериалы. (*Результаты и обсуждение*) Представлены сведения о создании в 1931-1941 годах отечественных конных, навесных тракторных, автомобильного полевого и портального садового опрыскивателей. В 1960-е годы усилия были направлены на определение оптимальных размеров и радиуса фитоцидного действия капель распыленной жидкости для внесения средств защиты растений, прежде всего при малообъемном опрыскивании. Развивались аэрозольные технологии. Отметим вклад доктора технических наук В.Ф. Дунского в разработку теоретических основ физики и техники мелкокапельного и малообъемного опрыскивания. Важное значение для развития и совершенствования технических средств защиты растений имела разработка системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства при научно-методическом руководстве ученых Всероссийского института механизации сельского хозяйства. С уменьшением норм расхода рабочей жидкости потребовались ротационные (дисковые) распылители для наземной и авиационной опрыскивающей аппаратуры. Были созданы более экологически безопасные распылители с сепарацией или принудительным осаждением мелких капель, предложен способ электрозарядки капель. Современные подходы в разработке новых технологий защиты растений базируются на концепции точного земледелия. К ним относится дифференцированная обработка культур с учетом пространственной неоднородности распределения вредных объектов на участках поля. (*Выводы*) Технологии защиты растений и средства механизации развивались и совершенствовались с появлением новых химических средств. Следует отметить использование спектрометрии для формирования библиотек спектральных образов культурных и сорных, здоровых и больных растений для автоматической дешифрации снимаемой информации с участков поля с помощью нейронных сетей (искусственный интеллект), применение беспилотных летательных аппаратов для внесения средств защиты растений.

Ключевые слова: опрыскиватель, опыливатель, аэрозольная обработка, протравливание семян, малообъемное опрыскивание, ультрамалообъемное опрыскивание, электрозарядка капель, биологическая эффективность, нейронные сети, система машин, система государственных испытаний..

■ **Для цитирования:** Лысов А.К., Корнилов Т.В. Развитие технологий и средств механизации для защиты растений в Российской Федерации // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. N4. С. 100-108. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-100-108. EDN: WSAUFG.

Scientific article

Advancements in Plant Protection Technologies and Mechanization in the Russian Federation

Anatoly K. Lysov,
Ph.D.(Eng.), leading researcher, laureate of the Russian
Government Prize in the field of science
and technology, e-mail: lysov4949@yandex.ru;

Timur V. Kornilov,
leading specialist,
e-mail: tvkornilov@mail.ru

All-Russian Institute of Plant Protection, St.Petersburg–Pushkin, Russian Federation

Abstract. The paper highlights the achievements of domestic scientists, engineers and designers in pesticide application in agriculture. (*Research purpose*) The study provides a retrospective analysis of the evolution of plant protection technologies and mechanization tools in the Russian Federation. (*Materials and methods*) The research draws on a variety of sources, including publications in scientific journals, monographs, conference proceedings, archival photographs, and exhibits from the scientific and methodological office (museum) of the All-Russian Research Institute for Plant Protection. (*Results and discussion*) The paper details the development of domestic horse-drawn, mounted tractor, automobile field and portal garden sprayers in 1931-1941. In the 1960s, research focused on determining the optimal droplet size and phytocidal action radius for low-volume spraying of plant protection products. Aerosol technologies were developed. The paper highlights the contribution of Dr.Sc. V.F. Dunskey in establishing the theoretical foundations of fine-droplet and low-volume spraying physics and technology. It also emphasizes the development and enhancement of plant protection technologies by creating a comprehensive system of machines for agricultural mechanization. This progress was achieved under the scientific and methodological guidance of experts from the All-Russian Institute of Agricultural Mechanization. As the consumption rates of the working fluid decreased, rotary (disk) sprayers became essential for both ground and aerial spraying equipment. To enhance environmental safety, more eco-friendly sprayers were developed with systems for small droplet separation or forced sedimentation, and a method for electrically charging droplets was introduced. Modern approaches to the development of new plant protection technologies are based on the principles of precision farming. These approaches include differentiated crop treatment that considers the spatial heterogeneity in the distribution of harmful organisms within field areas. (*Conclusions*) Plant protection technologies and mechanization tools evolved and improved with the introduction of new chemical agents. Notably, spectrometry is used to create spectral image libraries of cultivated and weedy, healthy and diseased plants, facilitating the automatic decoding of data collected from field through neural networks (artificial intelligence). Additionally, unmanned aerial vehicles are utilized for the application of plant protection products.

Keywords: sprayer, pollinator, aerosol treatment, seed treatment, low-volume spraying, ultra-low-volume spraying, droplet electric charging, biological efficiency, neural networks, system of machines, state testing.

■ **For citation:** Lysov A.K., Kornilov T.V. Advancements in plant protection technologies and mechanization in the Russian Federation. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N4. 100-108 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-100-108. EDN: WSAUFG.

Защита сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорной растительности относится к ведущим мероприятиям сохранения урожая. Масштабы обработки посевов средствами защиты, необходимость охраны окружающей среды и соблюдения санитарно-гигиенических условий требуют высокого уровня механизации технологических процессов применения пестицидов.

Цель исследования. Ретроспективный анализ развития технологий и средств механизации по защите растений в Российской Федерации.

Материалы и методы. Для сбора и анализа информации использовали историко-аналитический метод. Рассмотрены и проанализированы литературные источники, статьи в научных журналах, монографии, материалы конференций, экспозиции научно-методического кабинета (музея) ВНИИ защиты растений, архивные фотоматериалы.

Исследовали этапы создания и совершенствования технологий и средств механизации для опрыскивания посевов (полнообъемное, малообъемное и ультрамалообъемное), протравливания посевного и посадочного материала, использования аэрозольных методов. Рассмотрены аспекты применения цифровых технологий в системах управления мероприятиями по защите растений. Уделено внимание современным методам оценки качества внесения препаратов химической защиты агрокультур,

дистанционного фитосанитарного мониторинга на основе оригинальных работ отечественных и зарубежных авторов.

Результаты и обсуждение. Становление отечественной науки в области механизации защиты растений относится к началу 1930-х годов. В феврале 1931 г. во Всесоюзном институте защиты растений (ВИЗР) в Киеве был организован отдел механизации как головное научно-конструкторское подразделение по механизации защиты растений на базе Политехнического института. Основу коллектива составили аспиранты ВИЗР И.Г. Чайко, А.В. Абрамсон, В.Г. Красько, Я.А. Мейсахович, П.Г. Давыдов, Ф.Е. Пушин под научным руководством профессора И.П. Яценко.

В создании лаборатории механизации непосредственно в Ленинграде большую роль сыграл И.Г. Чайко, возглавивший в ноябре 1932 г. опорный пункт отдела механизации ВИЗР. Опорный пункт занимался испытаниями отечественной и закупаемой из-за рубежа техники для защиты растений, а также разработкой методик испытаний. Вскоре сам отдел из Киева был переведен в Ленинград. Заведующим лабораторией механизации стал И.Г. Чайко, его заместителем Я.А. Мейсахович, научным руководителем профессор И.П. Яценко.

В довоенные годы основными технологиями защиты растений от вредителей и сорняков были

опрыскивание и опыливание. В связи с этим научные исследования в лаборатории механизации были направлены на создание рабочих органов к опрыскивающей технике и опыливателям. Из-за отсутствия специализированного конструкторского бюро здесь же проводились опытно-конструкторские работы. На базе мастерской ВИЗР изготавливали экспериментальные образцы, а изготовление опытных и промышленных образцов заказывали на заводе «Вулкан».

Лаборатория заняла в стране ведущие позиции по разработке новой техники для защиты растений. В 1931-1941 гг. появились первые конные, а затем навесные тракторные опрыскиватели, автомобильный полевой и садовый опрыскиватели (рисунки 1 и 2). Исследования по созданию комбинированного опрыскивателя-опыливателя проводил Ф.Е. Пушкин. Эта разработка была удостоена Сталинской премии.



Рис. 1. Конный опрыскиватель «ЗАРА»
Fig. 1. ZARA horse sprayer

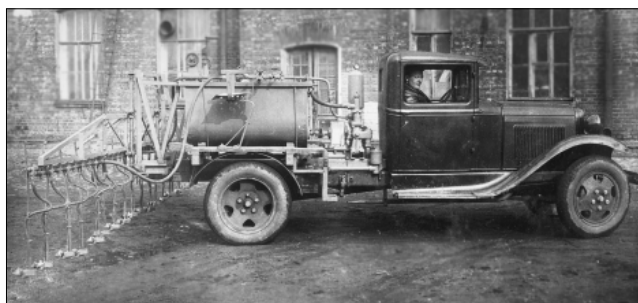


Рис. 2. Автомобильный опрыскиватель на базе «Газ АА»
Fig. 2. Car sprayer based on «Gas AA»

В начале Великой Отечественной войны ведущие специалисты лаборатории И.Г. Чайко, Н.К. Тарнович, Я.А. Мейсахович были призваны в армию, А.В. Абрамсон ушел в народное ополчение.

После войны начался новый этап развития техники для защиты растений. Во Львове были организованы ГСКТБ по машхимзащите и завод по выпуску опрыскивающей техники «Львовхиммаш». Усилились акценты на агротехнические требования к новым машинам, рабочим органам, технологиям применения пестицидов.

Большое внимание уделялось защитной обработке от головневых заболеваний перед посадкой семян, прежде всего зерновых культур. Совместно с ГСКТБ по машхимзащите был создан агрегат ПЗ-10 «Колос» для полусухого протравливания аэрозолями с размером капель до 150 мкм. Аэрозоли получали с помощью дискового распылителя.

Взамен конно-моторных опрыскивателей предлагались новые прицепные и навесные опрыскиватели, опыливатели для полевых культур и многолетних насаждений. По разработанным лабораторией механизации ВИЗР агротехническим требованиям в ГСКТБ по машхимзащите созданы первый отечественный прицепной тракторный опрыскиватель ОПВ с объемом бака 1200 л, опрыскиватель на самоходном шасси ОСШ-15, опрыскиватель-опыливатель навесной комбинированный ОНК-Б с рабочим давлением 10-25 атм и нормой расхода рабочей жидкости 750-1200 л/га.

В начале 1960-х годов появились препараты для химической обработки растений на основе хлор- и фосфорорганических соединений. Для их внедрения требовалось изменить подходы к оценке равномерности распределения рабочей жидкости на поверхности и густоты покрытия. Ставилась задача снизить нормы расхода жидкости на основе ленточного, малообъемного и ультрамалообъемного опрыскивания.

Токсикологические исследования показали, что эффективность новых технологий опрыскивания определяется не количеством израсходованного раствора на единицу площади, а дисперсностью распыла и густотой покрытия поверхности (Тарнович Н.К. Основы МО опрыскивания сельскохозяйственных культур. М.: Сельхозгиз. 1968. С. 23). Начались активные изыскания с целью определения оптимальных размеров капель распыленной жидкости и радиуса фитоцидного действия при различных технологиях внесения химических средств, прежде всего малообъемного опрыскивания.

С помощью штанговых опрыскивателей ОНК-Б, ОПШ-15, гербицидно-аммиачной машины ГАН-8 Я.А. Мейсаховичем были разработаны экономичные наконечники (распылители), позволявшие сократить расход жидкости приблизительно в 3 раза (Дунский В.Ф. Физика и техника мелкокапельного и МО опрыскивания. М.: Сельхозгиз. 1968. С. 7-13).

Внедрение новых распылителей позволило применять малообъемное опрыскивание посевов сахарной свеклы против свекловичного долгоносика и посадок картофеля против колорадского жука с нормой расхода рабочей жидкости 135 вместо 400 л/га. Увеличилась производительность машин и снизилась стоимость обработки посевов.

Большую роль в планировании научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ игра-

ла разработанная при научно-методическом руководстве специалистов ВИМ «Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства». На основе этого документа планировалась деятельность сельхозмашиностроения, решались задачи по комплексному обеспечению техникой сельского хозяйства в зональном его развитии [1, 2].

Следует отметить значительный вклад руководителей лаборатории системы машин ВИМ Л.М. Пилюгина и В.М. Бейлиса по научно-методической помощи и координации при формировании раздела «Системы машин в области механизации технологических процессов защиты растений».

Для повышения эффективности и биологической безопасности пестицидов в 1960-х годах разработана новая концепция создания машин с учетом биологических особенностей вредителей сельскохозяйственных культур и патогенных микроорганизмов, понимания физических основ процесса внесения агрохимикатов и его управления [3].

Резко возросшие объемы применения средств защиты растений определили приоритетные направления высокопроизводительных машин (аэрозольные генераторы, вентиляторные опрыскиватели и опыливатели) взамен. Требовалось обеспечить большую ширину захвата за счет транспортировки капель жидкости на поверхность воздушным потоком. Принцип действия заключался в свободном выпадении капель из воздушно-жидкостного потока [4].

Весомый вклад в разработку теоретических основ физики и техники мелкокапельного и малообъемного опрыскивания принадлежит доктору технических наук В.Ф. Дунскому, который в свое время учился в аспирантуре ВИЗР. Он обосновал и реализовал метод обработки растений аэрозолями с использованием ветра, что позволило резко увеличить ширину захвата аэрозольных генераторов и вентиляторных опрыскивателей. На этом принципе были созданы опрыскиватели с шириной захвата до 200 м.

Для защиты многолетних насаждений (садов, виноградников, хмельников) в лаборатории механизации ВИЗР проводились исследования по разработке технологии и исполнительных органов к вентиляторным опрыскивателям. Изучался характер истечения воздушного потока из сопла, распределение в его сечении распыляемого раствора, дальность и способность воздушного потока транспортировать капли диспергируемой жидкости к цели. Была определена величина сопротивления кроны деревьев воздушному потоку (Лепехин Н.С. Исследования воздушно-жидкостного потока вентиляторных опрыскивателей. М.: Сельхозмашиздат. 1968. С. 24-42).

Изучались вопросы аэрозольной обработки агрокультур с применением механического, термического и термомеханического способов образования аэрозолей. Исследовалось влияние метеорологических факторов на движение и оседание аэрозолей, в частности над посевами риса. Этим направлением занимался старший научный сотрудник лаборатории Э.И. Бонч. Было установлено, что эффективность осаждения высокодисперсного аэрозоля в значительной степени определяется состоянием приземного слоя воздуха: разностью температуры на различных горизонтах слоя, величиной турбулентности и восходящих конвективных токов (Бонч Э.И. Исследования технологии аэрозольной обработки сельскохозяйственных культур. М.: Сельхозмашиздат. 1968. С. 46-57).

В середине 1980-х годов при совместном участии Института химической кинетики и горения СО АН СССР, СибНИИ земледелия и химизации СО ВАСХНИЛ, других научных организаций была предложена принципиально новая технология аэрозольной обработки сельскохозяйственных культур против вредителей с применением генератора регулируемой дисперсности (Аэрозольные обработки сельскохозяйственных культур против вредителей с применением генератора регулируемой дисперсностью. Рекомендации. Госагропром РСФСР. СО ВАСХНИЛ. Новосибирск. 1987. С. 44). Прогрессивность технологии заключалась в том, что, зная вид насекомого, против которого проводится обработка, выбиралась необходимая дисперсность распыла для максимального отложения препарата на обрабатываемом объекте [5, 6].

Для совершенствования технологии применения гербицидов под руководством И.Н. Велецкого при участии Н.С. Лепехина и аспиранта ВИЗР И.Р. Бетенева исследовался ленточный способ внесения защитного препарата (Велецкий И.Н., Лысов А.К., Лепехин Н.С. и др. Механизация защиты растений. М.: Агропромиздат. 1992. 223 с). Установили, что ленточное внесение на пропашных культурах нельзя проводить существующими штанговыми опрыскивателями из-за невозможности стыковки междурядий. Однако такой способ подходил при одновременном выполнении с операциями высева семян или культивации (Методические указания по применению гербицидов ленточным способом. М.: Колос. 1970. 56 с.).

Для распыления ленточным способом предлагались приспособления к культиваторам и сеялкам, новый тип рециркуляционных устройств, обеспечивающих возврат излишка рабочей жидкости в бак опрыскивателя. При ширине ленты опрыскивания 25 см расход препарата и воды в сравнении со сплошным внесением сокращался в 2,8 раза при междурядьях 70 см и в 3,6 раза при междурядьях 90 см.

В этот же период в лаборатории механизации ВИЗР проводились работы по организации и научно-методическому руководству государственных испытаний технологий и способов применения средств защиты растений от вредителей, болезней и сорной растительности. При комплексной оценке учитывались используемые препараты, технология внесения и технические средства. Научно-методическое руководство и испытания осуществляли сотрудники лаборатории Я.А. Мейсакевич, Н.К. Тарнович, И.Н. Велецкий, Э.И. Бонч, Н.С. Лепехин, инженеры и агрономы Г.Г. Созин, В.Н. Гаврилова, Н.Я. Кочнева.

По результатам государственных испытаний в 1968-1971 гг. Объединенный научно-технический совет рекомендовал внедрить новые прогрессивные технологии защиты от вредителей, болезней и сорняков. В их числе:

- малообъемное опрыскивание садовых насаждений (расход рабочей жидкости 350-500 л/га при повышении концентрации пестицидов в 3-4 раза, опрыскиватели ОВС-А и ОВТ-1);
- малообъемное опрыскивание виноградников (расход рабочей жидкости 100-500 л/га при повышении концентрации пестицидов в 2-3 раза, опрыскиватели ОВ-4, ОМБ-500, ОУМ-4);
- ленточное внесение жидкого гербицида эпта-на с немедленной заделкой в верхний слой почвы для защиты посевов сахарной свеклы (расход гербицида 2,8 кг/га, жидкости 200 л/га, подкормщик-опрыскиватель ПОУ) и др.

В 1975-1986 гг. в лаборатории механизации под руководством И.Н. Велецкого занимались совершенствованием технологий ленточного внесения гербицидов, малообъемного (МО) и ультрамалообъемного (УМО) опрыскивания, применения гранулированных и микрогранулированных препаратов, пены для защиты растений, созданием опрыскивающей аппаратуры на воздушной подушке. И.Н. Велецким была заложена основа комплексной механизации процессов защиты растений путем создания машин для применения химических и биологических средств защиты растений.

Первым реальным шагом в комплексной механизации защиты растений стало создание семейства опрыскивателей на базе ОН-400. Одновременно менялась концепция развития техники для защиты растений. На первый план выдвигаются задачи экологической безопасности для растений: уменьшение сноса, снижение норм расхода рабочей жидкости и препарата, разработка прогрессивных технологий протравливания посевного материала и опрыскивания. Из-за опасности загрязнения окружающей среды значительно уменьшилось, а затем полностью прекратилось использование технологии опыливания, обработки полевых культур

вентиляторными и аэрозольными генераторами методом бокового дутья по ветру.

Совершенствование штанговых опрыскивателей шло по пути повышения производительности за счет ширины захвата, перехода на новый тип низконапорных распылителей, обеспечивающих качественный распыл при давлении от 1 до 4 атм, уменьшения сноса мелких капель из зоны обработки.

Увеличить ширину захвата опрыскивающей техники невозможно было без эффективной стабилизации штанги и дистанционного управления складывания и раскладывания ее секций. Решение этих задач позволило создать новую опрыскивающую аппаратуру для полевых культур (ОПШ-15-01, ОП-2000-2-01, ОМ-620-2, ОП-3200) с нормой внесения рабочей жидкости 75-300 л/га.

Переход на технологии с уменьшенными нормами расхода рабочей жидкости потребовал реализации нового направления в технике — ротационных (дисковых) распылителей для наземной и авиационной опрыскивающей аппаратуры. В развитие этого направления значительный вклад внесли аспиранты лаборатории механизации ВИЗР В.Ф. Дунский и Г.Е. Церуашвили. По результатам изучения качественных показателей распыла вращающихся дисковых распылителей были разработаны агротехнические требования на семейство ультрамалообъемных монтируемых опрыскивателей многолетних насаждений и полевых культур от вредителей, болезней и сорняков с нормой расхода рабочей жидкости 1-5 л/га на полевых культурах и 25-40 л/га для садов и виноградников.

Также были разработаны агротехнические требования на семейство малообъемных монтируемых и прицепных опрыскивателей.

Параллельно с созданием новой техники отрабатывались технологии мало- и ультрамалообъемного опрыскивания, в них снижение норм расхода препарата достигалось за счет качества распыла и снижения потерь пестицида. Так, проведены производственные испытания обработки опрыскивателем ОМ-630 посадок картофеля против фитофтороза и колорадского жука: нормы расхода рабочей жидкости составила 10 л/га, препарата снизилась на 25 и 50% при ширине захвата 40 м. Для предотвращения испарения капель диспергируемой жидкости в раствор препарата вносили 30%-й водный раствор мочевины (Применение ультрамалообъемного опрыскивания растений картофеля для защиты от фитофтороза и колорадского жука. Рекомендации. М.: Агропромиздат. 1989. С. 15).

Совместно со специалистами лаборатории инсектоакарицидов В.В. Курдюковым и А.А. Смирновой испытывались технологии ультрамалообъемного опрыскивания в борьбе с саранчовыми при

норме расхода рабочей жидкости 1-5 л/га и сниженной на 50% нормой расхода инсектицида в Якутии и Павлодарской области. Была достигнута 100%-ная биологическая эффективность защитных мероприятий.

Таким образом, практически было доказано, что новые технологии малообъемного и ультрамалообъемного опрыскивания позволяют уменьшить нормы расхода препаратов без снижения биологической эффективности при значительном экономическом эффекте и улучшении экологической безопасности для окружающей среды.

В этот же период в лаборатории механизации создавались новые технологии и средства с целью исключить основной недостаток опрыскивающей техники – снос препарата за пределы обрабатываемой зоны. Для снижения негативных последствий сноса при внесении гербицидов предназначался принципиально новый рабочий орган для контактного смачивания сорной растительности. Он состоял из специального сетчатого барабана с размером ячеек, исключающим фильтрацию рабочего раствора. Данная технология рекомендовалась только для использования на очагах сорной растительности пастбищ и в коммунальном хозяйстве для обработки газонов и неудобий [7].

Под руководством А.А. Цырина разрабатывалась технология внесения гранул для защиты от нематод сахарной свеклы, зерновых культур от вредителей и болезней, картофеля одновременно с высевом семян. Были определены основные параметры технологии, созданы аппликаторы для внесения гранул, разработан электронный стенд для исследований различных систем дозирования гранул. Многолетние испытания показали, что в условиях недостаточной влажности почвы эффективность данного метода резко снижается и становится экономически неоправданной. Поэтому такая технология была рекомендована в зонах с достаточным содержанием влаги в почве.

Поиск способов уменьшения сноса рабочей жидкости проводился по направлению создания рабочих органов с принудительным осаждением капель воздушным потоком или сепарацией мелких капель-спутников, подверженных сносу из зоны обработки, а также электростатической.

Совместно с Украинским институтом механизации и электрификации изучались возможности создания для штанговых опрыскивателей вращающихся дисковых распылителей с принудительным осаждением капель. В результате был предложен пневмостантовый опрыскиватель с принудительным осаждением капель (Патент RU2050133, 1995). Испытания опытного образца подтвердили высокую эффективность устройства с нормой расхода рабочей жидкости 10-40 л/га.

Совместно с НИИ экспериментальной физики разрабатывался опрыскиватель с сепарацией мелких капель [8]. Наличие в спектре распыла большого количества наиболее подверженных сносу капель размером до 60 мкм во всем мире сдерживало широко-масштабное использование вращающихся дисковых распылителей для технологий МО и УМО опрыскивания. В связи с этим была предложена конструкция вращающегося дискового распылителя, обеспечивающего сепарацию капель до 50-60 мкм [9].

С 1994 по 1998 г. технологии опрыскивания с сепарацией мелких капель испытывались на зерновых, картофеле и овощных культурах с нормами расхода рабочей жидкости 1-20 л/га и сниженной на 50% нормой расхода препарата. Испытание опрыскивателя с применением инсектицида «Децис» против пьявицы при норме расхода рабочей жидкости 10 и 20 л/га в Ростовской области на зерновых культурах показало высокую биологическую эффективность защитных мероприятий: 84-93% при снижении в два раза нормы расхода препарата. Агротехнологическая оценка качества опрыскивания подтвердила, что полное отсутствие подверженных сносу мелких капель позволяет экономить 3-10% пестицида.

По техническому заданию ВИЗР на ОАО «Подольский электромеханический завод» был разработан опрыскиватель с сепарацией мелких капель ОСК-200 (Лысов А.К. Современные технологии и средства механизации для систем интегрированной защиты растений. Санкт-Петербург-Пушкин: ООО «АльфаМиг», 2019. 164 с.).

Принципиально новым направлением повышения эффективности использования СЗР путем сокращения потерь препаратов, снижения норм расхода рабочей жидкости и более точного нанесения стал переход на технологию опрыскивания с электростатической зарядкой капель. Лаборатория ВИЗР проводила эти работы совместно с Московским энергетическим институтом, Днепропетровским химико-технологическим институтом, ГСКБ по машхимзащите. Был предложен пневмостантовый опрыскиватель с электростатической зарядкой капель, на котором отрабатывались регламенты применения технологии опрыскивания с электростатической зарядкой капель на картофеле и овощных культурах.

Согласно исследованиям технологии опрыскивания с электростатической зарядкой капель, густота капель на верхней поверхности листа увеличивается в десятки раз и в 2-3 раза на его нижней стороне (Цырин А.А., Лысов А.К., Корнилов Т.В. и др. Снижение экологической опасности применения пестицидов при пневматическом и электростатическом способах опрыскивания сельскохозяйственных культур. СПб: ВИЗР. 1995. С. 533-534). Это дает возможность при норме рабочей жидкости 20 л/га

снизить в 2-4 раза норму расхода препарата. Впервые была теоретически обоснована и разработана конструкция дискового распылителя с электрозарядкой капель, что позволило снизить энергоемкость опрыскивателей, отказавшись от пневматического распыла для зарядки капель (Патент RU2089299, 1997). Также был разработан новый инжекторный центробежный распылитель с открытой камерой (Патент RU1787409, 1993).

В начале XXI века в целях уменьшения риска окружающей среде из-за сноса мелких капель полевые штанговые опрыскиватели стали оснащаться новым поколением инжекторных щелевых плоскофакельных распылителей различных типоразмеров для гербицидов, инсектицидов, фунгицидов и микробиологических препаратов.

Для снижения энергетических затрат, удельного давления на почву и упрощения гидравлической схемы подачи рабочей жидкости на распылители разработана конструкция вращающегося дискового перфорированного барабана с принудительным осаждением мелких капель (рис. 3).

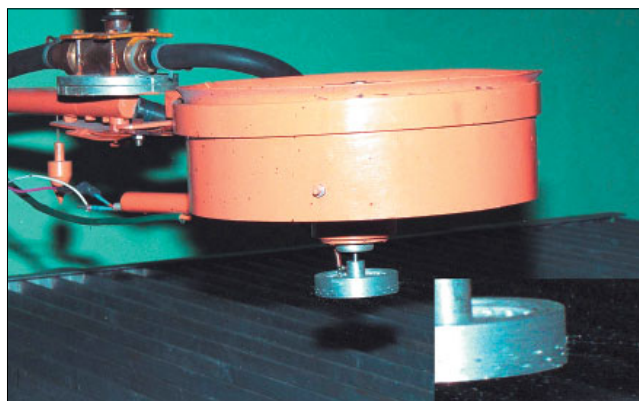


Рис. 3. Ультрамалообъемный распылитель с принудительным осаждением капель

Fig. 3. Ultra-low-volume forced droplet atomizer

Образующиеся капли в спектре распыла перфорированного барабана за счет направленного воздушного потока, создаваемого крыльчаткой вентилятора, принудительно осаждаются на обрабатываемую поверхность (Патент RU2574678, 2016). Направленный воздушный поток, выходящий из цилиндрического кожуха корпуса распылителя, имея однородную скорость по сечению, воздействует на спектр капель распыленной жидкости, создаваемым перфорированным барабаном. Такой опрыскиватель может работать целую смену при одной заправке [10].

Важнейшим направлением снижения пестицидной нагрузки на агроценозы и обеспечения экологической безопасности для окружающей среды являются агротехнологии, базирующиеся на концепции *Precision Farming* (точное земледелие –

Precision Agricultural). Прогресс в развитии цифровых технологий на основе высокопроизводительных персональных компьютеров с большим объемом памяти, широкое распространение Интернета позволяют использовать качественно новые подходы. Такие технологии создают реальные возможности снизить пестицидную нагрузку на агроценозы, повысить качество растениеводческой продукции, сократить затраты на мероприятия по защите растений [11].

Разрабатываются дистанционные методы геокодированного съема информации о неоднородности распределения сорной растительности на участках поля. Предложен новый метод обработки снимаемой информации (рис. 4). Для преобразования исходного изображения распределения сорной растительности на поле в частотную область совместно с Университетом аэрокосмического приборостроения (Лысов А.К., Корнилов Т.В., Федченко В.Г., Хабаров М.П. Новые методы дистанционного мониторинга с использованием сверхлегких летательных аппаратов; в сб.: Высокопроизводительные и высокоточные технологии и методы диагностики и фитосанитарного мониторинга. М.: РАСХН. 2007. С. 26-38) предложено использовать прямое дискретное преобразование Фурье [12].

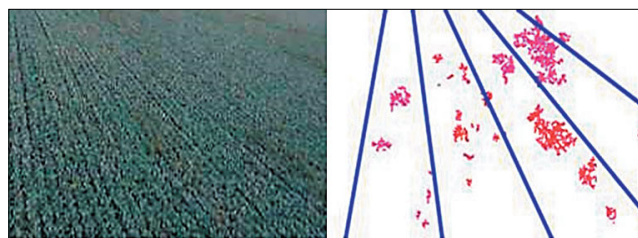


Рис. 4. Фотография капустного поля до и после обработки с помощью фильтров

Fig. 4. Photo of a cabbage field before and after processing using filters

Проводятся работы по использованию метода спектрометрии для формирования библиотек спектральных образов культурных и сорных, здоровых и больных растений для технологий дискретного внесения средств защиты растений [13, 14]. Для анализа светотражательных характеристик здоровых и больных растений картофеля и автоматизации процесса дешифрации дистанционно снимаемой информации разработана специальная нейросетевая программа *WaveLetNN* анализа спектрально-отражательных характеристик растений (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669473, 2023).

В настоящее время продолжают исследования по использованию беспилотных воздушных судов (БВС) для дистанционного мониторинга и внесения средств защиты растений.

Выводы. Исторический анализ развития технологий и средств механизации для защиты растений охватывает период почти 100 лет и деятельность нескольких поколений ученых, инженеров и конструкторов по применению пестицидов в сельском хозяйстве. Технологии и средства механизации внесения пестицидов начали разрабатываться в 1930 г. в лаборатории механизации, организованной на базе Всесоюзного института защиты растений. С учетом имеющегося на тот момент ассортимента агрохимических средств создавались первые отечественные опрыскиватели. По своим параметрам средства не отвечали требованиям экологической безопасности, прежде всего из-за применения препаративных форм пестицидов в виде дустов и смачивающихся порошков.

С появлением более эффективных средств защиты растений развивались новые направления внесения пестицидов в виде аэрозолей и широкозахватных вентиляторных опрыскивателей, обработки аэрозолями с использованием ветра, что позволило резко увеличить ширину захвата аэрозольных генераторов и вентиляторных опрыскивателей.

Для протравливания семенного материала был создан протравливатель зерна ПЗ-10 «Колос» механическим аэрозолем с размером капель до 150 мкм, получаемым с помощью дискового распылителя.

Предложены технологии и средства механизации для малообъемного и ультрамалообъемного опрыскивания со сниженным расходом рабочей жидкости и препаратов. Апробирована технология электрозарядки капель не более 50 мкм, в несколько раз повышающая густоту покрытия поверхности.

Для ультрамалообъемного опрыскивания созданы рабочие органы с вращающимися дисковыми распылителями и сепарацией мелких капель, перфорированные или сетчатые барабаны с принудительным осаждением мелких капель. Их применение позволяет значительно уменьшить снос препаратов в окружающую среду и нормы расхода агрохимикатов до 50%.

В рамках реализации концепции «Умное сельское хозяйство» появились новые разработки на основе геоинформационных технологий для дифференцированного внесения химикатов с учетом пространственной неоднородности распределения вредных объектов на участках поля.

Для использования нейронных сетей по автоматической дешифрации снимаемой информации о фитосанитарном состоянии посевов на основе спектрометрии формируется библиотека спектральных образов культурных, сорных, здоровых и больных растений, что позволит оперативно управлять средствами механизации внесения пестицидов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бейлис В.М., Московский М.Н., Лавров А.В. Система технологий и машин в современных условиях // *Аграрный научный журнал*. 2022. N12. С. 70-72. DOI: 10.28983/asj.y2022i12pp70-72.
2. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N4. С. 4-12. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12.
3. Коротченя В.М., Ценч Ю.С., Лобачевский Я.П. Система машин как фактор научно-технического прогресса в агропромышленном комплексе // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2024. N4. С.67-72. DOI: 10.31857/S2500262724040123.
4. Ценч Ю.С., Сидоров И.В. Этапы развития технологий и технических средств для внесения удобрений и защиты растений // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. N3. С. 14-22. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-14-22.
5. Куценогий К.П. Теоретические основы оптимизации технологии применения инсектицидных аэрозолей // *Химия в сельском хозяйстве*. 1981. Т. XIX. N10. С. 12-18.
6. Киров Е.И., Горбунов Н.Н., Поскольный Н.Н. и др. Эффективность применения инсектицидных аэрозолей для защиты сельскохозяйственных культур от вредителей; в сб.: Оптимизация технологии применения инсектицидных аэрозолей. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ. 1983. С. 26-32.
7. Ценч Ю.С. Становление и развитие системы испытаний сельскохозяйственных машин и орудий в России. В сб.: Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция. М.: ИИЕТ РАН, 2020. С. 154-158. EDN: PRZZHC.
8. Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения гербицидов в растениеводстве. М.: Печатный город. 2010. 187 с.
9. Баркалов А.Г., Боровко Ю.И., Веретенников Ю.М. и др. Фитосанитарный щит для продовольствия России; под ред. акад. В.А. Захаренко и К.В. Новожилова; Рос. акад. с.-х. наук. ВНИИ защиты растений. М.; СПб.: Интрейд корпорейшн. 1998. 140 с.
10. Гончаров Н.Р., Лысов А.К., Наумова Н.И., Корнилов Т.В. Экономическая эффективность УМО с принудительным осаждением капель при защите посадок картофеля от сорняков // *Экономика сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий*. 2019. N3. С. 54-57. EDN: UCYLCB.
11. Лысов А.К. Методологические подходы для решения задач по дискретному внесению пестицидов // *Вестник защиты растений*. 2018. N3(97). С. 5-9. DOI: 10.31993/2308-6459-2018-3(97)-5-9.
12. Lysov A.K., Fedchenko V.G. New approaches for remote

reading the information on the heterogeneity of the distribution of weeds in the areas of the field for a application of plant protection products. XVIII Int. Plant Protection Congress. Berlin. 2015. 141.

13. Лысов А.К., Павлюшин В.А. Фитосанитарное проектирование агроэкосистем и дистанционное зондирование // *Современные проблемы дистанционного зон-*

дирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. N5. С. 101-109. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-101-109.

14. Lysov A.K., Kornilov T.V., Khiutti A.V. Spectral characteristics of reflection of waves in the optical range of healthy and diseased potato plants by Y-virus and late blight. *Research on Crops*. 2021. Vol. 22. Special iss. 38-41. DOI: 10.31830/2348-7542.2021.010.

REFERENCES

1. Beilis V.M., Moskovsky M.N., Lavrov A.V. The system of technologies and machines in modern conditions. *Agrarian Scientific Journal*. 2022. N12. 70-72 (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2022i12pp70-72.
2. Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S. Principles of forming machine and technology systems for integrated mechanization and automation of technological processes in crop production. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022. Vol. 16. N4. 4-12 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12.
3. Korotchenya V.M., Tsench Y.S., Lobachevsky Y.P. The machine system as a factor of scientific and technological progress in agro-industrial complex. *Russian Agricultural Sciences*. 2024. N4. 67-72 (In Russian). DOI: 10.31857/S2500262724040123.
4. Tsench Yu.S., Sidorov I.V. Stages of technologies and technical means development for fertilization and plant protection. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N3. 14-22 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-14-22.
5. Kutsenogiy K.P. Theoretical foundations for optimizing insecticidal aerosol application technology. *Chemistry in Agriculture*. 1981. Vol. XIX. N10. 12-18 (In Russian).
6. Kirov E.I., Gorbunov N.N., Poskolny N.N. et al. Efficiency of insecticidal aerosol application for protecting agricultural crops from pests. In the collection: Optimization of insecticidal aerosol application technology. Novosibirsk: SO VASKhNIL. 1983. 26-32 (In Russian).
7. Tsench Yu.S. Formation and development of the testing system for agricultural machinery and implements in Russia. In: S. Vavilov Institute for the History of Science and Technology, RAS. Annual scientific conference. Moscow. 2020. 154-158. EDN: PRZZHC.
8. Nikitin N.V., Spiridonov Yu.Ya., Shestakov V.G. Scientific and practical aspects of herbicide application technology in crop production. Moscow. Pechatny Gorod. 2010. 187 (In Russian).
9. Lysov A.K., Novozhilov K.V., Veretennikov Yu.M. et al. Phytosanitary shield for Russia's food security. Moscow. IntradeCorporation, 1998. 140 (In Russian).
10. Goncharov N.R., Lysov A.K., Naumova N.I., Kornilov T.V. Economic efficiency of fine droplet spraying systems with forced deposition for weed control in potato crops. *Economics of Agriculture and Processing Enterprises*. 2019. N3. 54-57 (In Russian). EDN: UCYLCB.
11. Lysov A.K. Methodological approaches for solving problems of discrete introduction of pesticides. *Plant Protection News*. 2018. N3(97). 5-9 (In Russian). DOI: 10.31993/2308-6459-2018-3(97)-5-9.
12. Lysov A.K., Fedchenko V.G. New approaches for remote reading the information on the heterogeneity of the distribution of weeds in the areas of the field for an application of plant protection products. XVIII Int. Plant Protection Congress. Berlin. 2015. 141 (In English).
13. Lysov A.K., Pavlyushin V.A. Phytosanitary design of agroecosystems and remote sensing. *Current problems in Remote Sensing of the Earth from Space*. 2022. Vol. 19. N5. 101-109 (In Russian). DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-101-109.
14. Lysov A.K., Kornilov T.V., Khiutti A.V. Spectral characteristics of reflection of waves in the optical range of healthy and diseased potato plants by Y-virus and late blight. *Research on Crops*. 2021. Vol. 22. Special iss. 38-41 (In English). DOI: 10.31830/2348-7542.2021.010.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Лысов А.К. – научное руководство;

Корнилов Т.В. – обработка данных.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Lysov A.K. – scientific guidance;

Kornilov T.V. – data processing.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

02.07.2024

30.09.2024