

УДК 631.674:635.1/.7  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-84-87>

Мелихова Е.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Волгоградский государственный аграрный университет  
 Россия, г. Волгоград  
 E-mail: mel-v07@mail.ru

**Ключевые слова:** комбинированное орошение, комбинированная капельница, капельное орошение, мелкодисперсное, аэрозольное орошение, технические решения.

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Мелихова Е.В. ТЕХНОЛОГИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР. Овощи России. – 2019;(2):84-87.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-84-87>

**Поступила в редакцию:** 16.02.2019  
**Опубликована:** 30.03.2019

Melikhova E.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
 Volgograd State Agrarian University  
 Russia, Volgograd  
 E-mail: mel-v07@mail.ru

**Keywords:** combined irrigation, combined dropper, drip irrigation, finely dispersed, aerosol irrigation, technical solutions.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Melikhova E.V. TECHNOLOGY OF COMBINED IRRIGATION OF VEGETABLE CROPS. Vegetable crops of Russia. 2019;(2):84-87. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-84-87>

**Received:** 16.02.2019  
**Accepted:** 30.03.2019

# ТЕХНОЛОГИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР



Достоинства применения капельного орошения не вызывают никаких сомнений, однако оно не решает проблемы регулирования фитоклимата растений в открытом грунте в периоды с высокими температурами в условиях Нижнего Поволжья, при которых происходит угнетение развития овощных культур, что приводит к снижению урожайности. Использование комбинированного орошения (сочетание капельного и мелкодисперсного) решает проблему снижения температурных стрессов и повышает влажность на поверхности почвы. На основании проведенных исследований и публикаций российских ученых выявлены основные требования к функционированию систем комбинированного орошения. К ним относится обеспечение капельного и мелкодисперсного (аэрозольного) орошения, система должна работать как совместно, так и отдельно, регулирование фитоклимата растений, возможность использования внекорневой подкормки и средства химической защиты и др. Для решения этих задач рассмотрен ряд технических решений, которые позволят частично или полностью обеспечить все требования для стабильности технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на комбинированном орошении и устранить влияние вышеуказанных негативных природных условий Нижнего Поволжья. В ФГБНУ ВНИИ «Радуга» разработан комплект аэрозольного увлажнителя КАУ-1М, учеными Волгоградского ГАУ разработаны технические решения «Распылительная насадка системы комбинированного орошения для возделывания овощных культур» (Пат.№ 178110 U1) и «Капельница для комбинированного орошения» (Пат.№ 154632 U1). Предложенные технические решения для системы комбинированного орошения позволяют повысить эксплуатационную надежность, обеспечить растения почвенной влагой, дают возможность регулирования температурного, питательного режима растений, что позволит получать стабильные урожаи сельскохозяйственных культур и обеспечить экологическую безопасность для окружающей среды.

# TECHNOLOGY OF COMBINED IRRIGATION OF VEGETABLE CROPS

There are no doubts about the advantages of using drip irrigation, however, it does not solve the problem of regulating plant phytoclimate in open ground during periods of high temperatures in the Lower Volga region when the biological development of vegetable crops is inhibited, which leads to a decrease in yield. The use of combined irrigation in the combination of drip and fine solves the problem of reducing thermal stress and increases moisture on the soil surface. Based on the research and publications of Russian scientists, the main requirements for the functioning of combined irrigation systems have been identified. These include the provision of drip and fine (aerosol) irrigation, the system should work both jointly and separately, the regulation of plant phytoclimate, the possibility of using foliar feeding and chemical protection, etc. To solve this problem, a number of technical solutions have been considered, which will allow to partially or fully satisfy all the requirements for the stability of the technological process of growing crops under combined irrigation and eliminate the above-mentioned negative environmental conditions of the Lower Volga region. The FGBNU VNI "Raduga" developed the KAU-1M aerosol humidification kit, and the scientists of the Volgograd State Agrarian University developed technical solutions Spray Nozzle of the Combined Irrigation System for Cultivation of Vegetable Crops). The proposed technical solutions for the combined irrigation system will improve operational reliability, provide the plants with soil moisture, control the temperature, nutritional regime of the plants, which will make it possible to obtain stable yields of agricultural crops and environmental safety of the environment.

## Введение

Основным преимуществом капельного орошения (КО) является экономия оросительной воды на единицу получаемой продукции. Это объясняется малым расходом воды при капельном поливе, который в полной мере должен удовлетворять потребности растений. Расход капельниц имеет размах в пределах 0,5...8,0 л/ч [1, 2].

Локальный характер увлажнения при КО исключает потери воды в междурядьях, что также способствует экономии поливной воды [3]. В отличие от поверхностного полива, при капельном орошении почти не наблюдается потеря воды на поверхностный сток и сброс, за счет этого экономия оросительной нормы составляет 30...40%. Отсутствие поверхностного стока элиминирует влияние водной эрозии почвы, не нарушает ее плодородия в отличие от поверхностного полива и дождевания. Минимальные потери воды на фильтрацию ниже корнеобитаемого слоя и на испарение, не происходит сноса воды ветром, что наблюдается при дождевании и составляет от 10 до 20% оросительной нормы [4].

Применение КО практически устраняет ирригационную эрозию, что позволяет его применять на землях со сложным рельефом, включая склоны с уклоном 50°...60°, где исключены другие способы полива [3].

Важнейшими преимуществами систем КО являются возможность корневой подкормки – подачи питательных веществ (комбинированных минеральных удобрений) вместе с поливной водой [4].

Достоинства применения капельного орошения не вызывают никаких сомнений, однако оно не решает проблемы регулирования фитоклимата растений в открытом грунте в периоды высоких температур в условиях Нижнего Поволжья, при которых происходит угнетение развития овощных культур, что приводит к снижению урожайности [6,8]. Использование комбинированного орошения (сочетание капельного и мелкодисперсного) решает проблему снижения температурных стрессов и повышает влажность на поверхности почвы. Для обеспечения комбинированного орошения рассмотрен ряд технических решений, которые позволяют частично или полностью устранить вышеуказанные негативные природные условия Нижнего Поволжья.

Научные исследования мелкодисперсного дождевания были начаты в 60-70-х годах XX века советскими, российскими и зарубежные ученые [1,6,7,8,9,12] и продолжают до настоящего времени. На основании проведенных исследований российских ученых выявлены основные требования к функционированию систем комбинированного орошения, к ним относятся: совмещение капельного и мелкодисперсного (аэрозольного) орошения (система должна работать как совместно, так и раздельно), регулирование фитоклимата растений, норма разового мелкодисперсного (аэрозольного) орошения должна составлять 450...800 л/га, диаметр распыленных капель не больше 600 мкм, при температуре >250С система аэрозольного орошения должна обеспечивать максимальное число увлажнений, возможность использования внекорневой подкормки и средства химической защиты и др. [1].

## Цель и задачи

Для решения выше обозначенных вопросов нами был поставлен ряд задач для устранения влияния негативных природных условий Нижнего Поволжья на растения и рассмотрен ряд технических решений, которые позволят частично или полностью обеспечить все требования для стабильности технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на комбинированном орошении в сочетании капельного и мелкодисперсного.

## Материалы и методы

В ФГБНУ ВНИИ «Радуга» разработан комплект аэрозольного увлажнения КАУ-1М, предназначенный для поддержания микроклимата надземной части сельскохозяйственных культур за счет снижения температурного стресса приземного слоя воздуха на 2,0...2,5 0С и повышения его относительной влажности на 6-7% за счёт периодического и многократного распыления дождя малой интенсивности (0,06-0,07 мм/мин) [10].

На рисунке 1 представлена схема системы КАУ-1М, состоящая из входного крана 1, фильтра 2; манометра 3; электромагнитного клапана 4 с контроллером 5; распределительного кла-

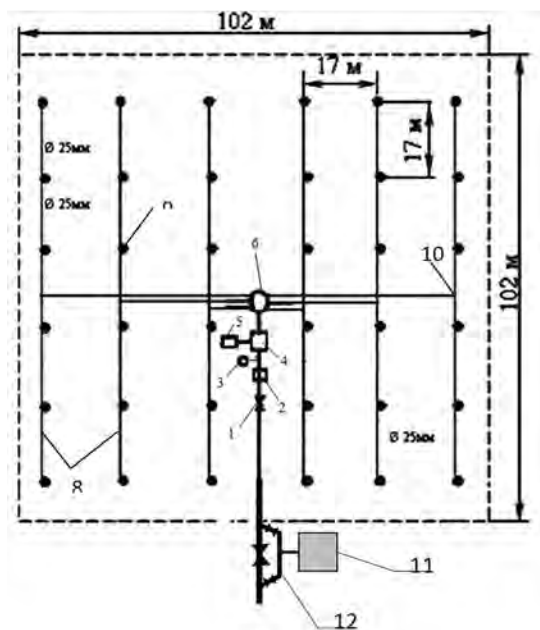


Рисунок 1. Система мелкодисперсного дождевания.  
Figure 1. Finely dispersed system.

пана 6; распределительного трубопровода 7; поливного трубопровода 8; стояки с распылительными насадками 9. Комплект имеет оросительную площадь равную 1 га и является модулем для построения систем. На входе в комплект устанавливается шаровый кран, фильтр, манометр и программируемый блок управления поливом, включающий электромагнитный клапан, компьютеризированный поливной контроллер-таймер и распределительный клапан. Клапан электромагнитный постоянного тока серии 410 DC Galcon 1S'' выполнен из нейлона с добавленным натуральным волокном. Максимальный расход 35 м<sup>3</sup>/ч, рабочее давление 0,07...1,0 МПа, максимальная температура до 800С, питание от батареек 9V (2 шт.) при соленоиде AC RAIN. Исполнение – нормально закрытый, импульсный, двухходовой.

## Результаты

Нами была предложена система комбинированного орошения (рис.2) для возделывания корнеклубнеплодов и овощных культур (Патент РФ №178110 U1), включающая оросительную сеть в виде поливных трубопроводов 1-4 с капельницами 5 и трубопроводами 19, снабженных распылительными насадками 6 для мелкодисперсного дождевания. Трубопроводы 1-4 и 19 посредством вентиля 20 и 18, распределительных трубопроводов 17 и регуляторов давления 14 и 15 посредством вентиля 13 подсоединены к насосной станции, включающей водозаборное устройство 7, насос 8 с фильтром 9 и манометром 10. Последний связан и со смесителем 12, подключенным к блоку 11 подготовки маточного раствора.

Каждая из распылительных насадок 6 (рис.3) содержит патрубков 23 с коническим диффузором 21 и сопряженную с ним упруго-эластичную мембрану 22 (рис.3), поджатую винтом 26, на

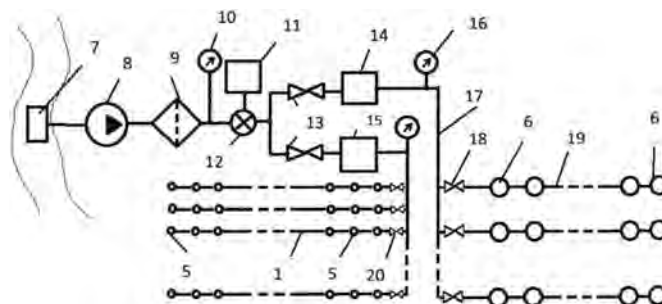


Рисунок 2. Система комбинированного орошения.  
Figure 2. Combined irrigation system.



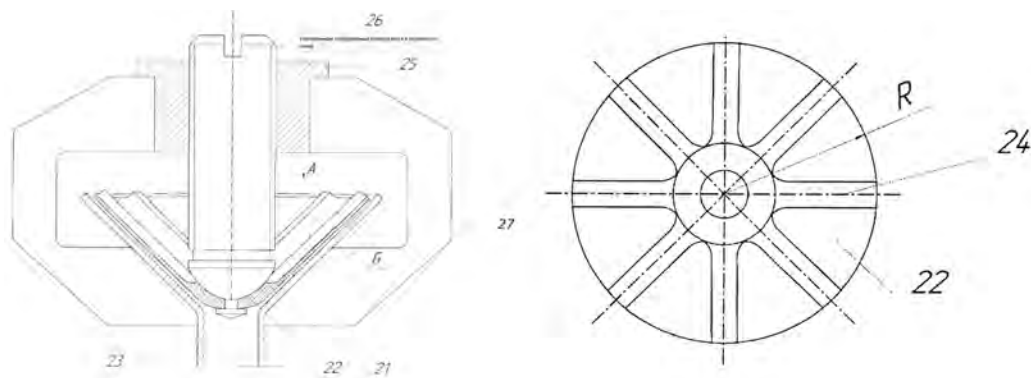


Рисунок 3. Распылительная насадка и мембрана системы комбинированного орошения (Патент РФ №178110 U1 «Распылительная насадка системы комбинированного орошения для возделывания овощных культур»).  
Figure 3. Spray nozzle and membrane combined irrigation system.

конец которого выполнен конус с проточкой для удержания мембраны 22.

Винт 26, помещённый в гайку 25 регулирует размер капель в зависимости от напора. Мембрана 22 выполнена в виде плоской окружности радиуса R, и снабжена радиально ориентированными ребрами 24, расположенными на её верхней поверхности. Толщина h упруго-эластичной мембраны 22 выполнена переменной в радиальном направлении мембраны, и уменьшающейся от центра к краям.

При подготовке системы комбинированного орошения поливные трубопроводы 1-4 с капельницами 5 (рис.4) раскладывают симметрично относительно оси рядков растений на расстоянии b, равном расчетному радиусу мелкодисперсного дождя посредством распылительных насадок 6. Расстояние H между распылительными насадками 6 выбирают из условия смыкания радиусов мелкодисперсного дождя.

При работе системы оросительная вода посредством водо-

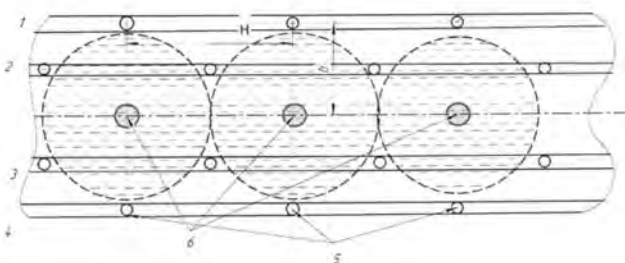


Рисунок 4. Схема расположения мелкодисперсных оросителей (6) и капельниц (5).  
Figure 4. Layout of fine sprinklers (6) and droppers (5).

заборного устройства 7, насоса 8 через фильтр 9 и смеситель 12 поступает в распределительные сети капельного и мелкодисперсного орошения через вентили 13 и регуляторы давления 15,14 для капельного и мелкодисперсного орошения соответственно (рис.2). В общем случае, в зависимости от гидравлических характеристик капельниц 5 и распылительных насадок 6, регуляторы давления 14 и 15 по отдельности настраивают на различные давления – 0,2...0,3 МПа для капельниц 5 и 0,5...0,7 Мпа для распылительных насадок 6. Давление в магистралях контролируется посредством манометров 10 и 16.

Для обеспечения мелкодисперсного дождя посредством распылительных насадок 6 оросительная вода под давлением 0,5...0,7 Мпа через патрубок 23 поступает в тонкий конический зазор между диффузором 21 и упруго-эластичной мембраной 22.

Для обеспечения комбинированного орошения вода из распределительной сети 17 через вентиль 18 вода поступает в участковые трубопроводы 19 с распылительными насадками 6. Из распределительной сети через вентиль 20 вода поступает в участковые трубопроводы 1 - 4 с капельницами 5. Величина зазора регулируется винтом 26 для обеспечения требуемого размера мелкодисперсных водяных капель, образующихся при столкно-

вении потока воду с окружающим воздухом. Совместная работа капельниц 5 и оросительных насадок 6 формируют оптимальные зоны увлажнения и фитоклимат растений, преимущественно овощных культур и корнеплодов, высаживаемых в рядках между капельницами 5.

Полученные в лабораторных условиях экспериментальные зависимости расхода воды и дальности струи распылительных насадок 6 от давления позволяют выбрать требуемые параметры мелкодисперсного дождя (рис.5). Повышенная податливость более тонкой мембраны 22 у её края обеспечивает мелкодисперсное дождевание при малых давлениях воды, а наличие радиально ориентированных ребер 24 корректирует расходную характеристику насадки 6 при высоких давлениях воды, расширяя диапазон регулирования расхода.

При необходимости осуществления фертигации (распыления растворенных в поливной воде макро- и микроэлементов, гербицидов и других веществ) в блоке 11 готовят маточный раствор, который посредством смесителя 12 подают в оросительную распределительную сеть 17 [13].

Нами была разработана комбинированная капельница, которая упрощает конструкцию оросительной системы и уменьшает её материалоемкость [13]. Комбинированная капельница предназначена для использования на капельном и комбинированном (капельное + мелкодисперсное) орошении (Рис 6).

Капельница подсоединена к поливному трубопроводу 1 с выпускными отверстиями 2. Устройство 3 для заполнения водой выполнено в виде гильзы 11 с оребрением 4, 5 и 6, 7 (рис.6). Клапан 8 выполнен в виде трубчатой мембраны, размещенной в кольцевой канавке гильзы 12 в зоне расположения радиальных отверстий 10 и 11. На гильзе 12 выполнены продольные канавки 9 клиновидного сечения, глубина H которых относится к ширине L, как 0,8...1,2. Канавки 9 образуют лабиринтные каналы, гидравлически сообщающиеся с кольцевой канавкой 13.

Капельница работает в двух режимах – капельного орошения

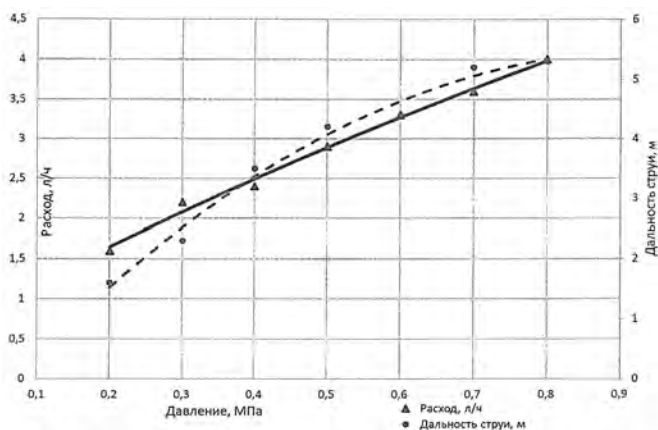


Рис. 5. Зависимость расхода воды и дальности струи от давления в сети.  
Figure 5. Dependence of water consumption and jet distance on the pressure in the irrigation network.

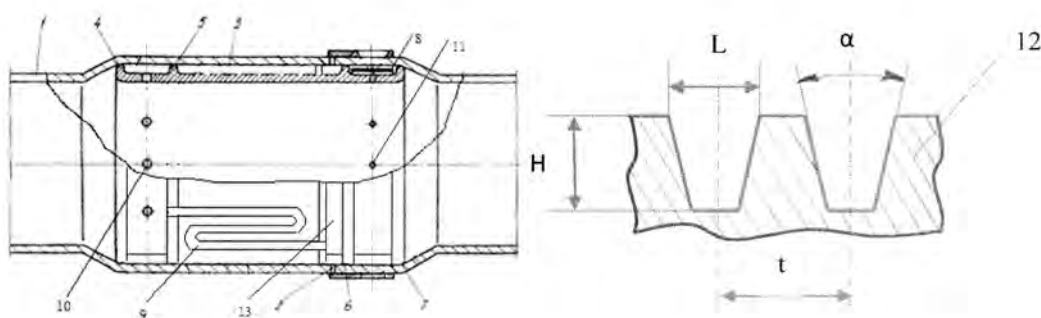


Рисунок 6. Продольный разрез и поперечное сечение капельницы для комбинированного орошения (Пат. РФ 154632 U1 A01G25/02. «Капельница для комбинированного орошения»).

Figure 6. Longitudinal section and cross section of a dripper for combined irrigation.

и мелкодисперсного дождевания. При подаче оросительной воды под давлением 0,020...0,025 МПа стенка трубопровода 1 приподнимается над кольцевой кромкой оребрения 5 и заполняет полость клиновидных канавок 9 лабиринтного канала. При переходе потока воды в каждой канавке 9 происходит частичная потеря давления (на 0,0025...0,0030 МПа). Из последней клиновидной канавки 9 между оребрением 6 вода через выпускное отверстие 2 поступает на поверхность орошаемого поля.

При повышении давления воды в трубопроводе 1 до 0,040...0,047 МПа эластичная мембрана клапана 8, плотно охватывает радиальные отверстия 10 в клиновидных канавках 9.

При давлении до 0,06 МПа вода через радиальные отверстия 10 заполняет клиновидные канавки 9, а выпускные отверстия 2 прижимаются к клапану 8 и перекрывают выход воды. Одновременно с поступлением воды в радиальные отверстия 10 она давит на поверхность упругого клапана 8. Из клиновидных канавок 9 под рабочим давлением она поступает в выпускное отверстие 2, вода разбивается на мелкодисперсные капли и выбрасывается в атмосферу.

## Выводы

Описанные технические разработки «Распылительная насадка системы комбинированного орошения для возделывания овощных культур» и «Капельница для комбинированного орошения» отвечают основным функциональным требованиям, предъявляемым к системам комбинированного орошения, и позволяют повысить качество каплеобразования при упрощении конструкции; улучшают качество полива путем индивидуальной регулировки расхода каждого водовыпуска в соответствии с потребностью растения; позволяют проводить регулирование размеров капель и интенсивности дождя в процессе полива; при этом увеличить срок службы и эксплуатационную надежность работы аппарата при поливе оросительной водой, забираемой из открытых каналов с наносами и высоким содержанием минеральных примесей. Использование данных разработок позволит получать стабильные урожаи сельскохозяйственных культур, при этом обеспечивать экологическую безопасность для окружающей среды [13].

## Об авторе:

Мелихова Е.В. – кандидат техн. наук, доцент

## About the author:

Melikhova E.V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

## Литература

1. Дубенок Н.Н., Майер А.В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – №1 (49). – С.9-19.
2. Бородычев В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур. – Волгоград, 2010. – С.5-12.
3. Карпунин В.В., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И. Инновационные технологии и технические средства повышения эффективности систем капельного орошения // Инновационные технологии повышения эффективности мелиоративных систем и безопасности гидротехнических сооружений. – Волгоград: ПНИИЗМТ, 2010. – С.14-20.
4. Кирейчева Л.В. Стратегия развития комплексных мелиораций в России // В сборнике: Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения материалы Международной научно-практической конференции. – 2016. – С.4-9.
5. Кирейчева Л.В., Табук Мусаллам А.С., Шуравилин А.В. Технология капельного режима орошения картофеля на почвах юга Омана: монография. – Lambert: Германия. – 2017. – 145 с.
6. Хажметов Лиуан Мухажевич Мелкодисперсное дождевание – экономичный и высокоэффективный способ орошения NOVAINFO.RU №44-4, 2016 г. – С.26-33. [Электронный ресурс]: <https://novainfo.ru/pdf/044-4.pdf> (Дата обращения 17.02.2019)
7. Бурдюгов В.Г., Зинковский В.Н. Эффективность мелкодисперсного дождевания полевых культур / В кн.: Рациональное использование и охрана водных ресурсов. Труды ЮжНИИГ и М. – Новочеркасск, 1980. – С.79-83.
8. Система комбинированного орошения / В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, В.К. Губин и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – №1 (41). – С.201-210.
9. Комбинированное орошение сельскохозяйственных культур / А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – №2 (38). – С.6-12.
10. Miller P.C.H., Hadfield D.J. A simulation model of the spray drift from hydraulic nozzles / J. agr. Engg Res. – 1989. – Vol. 42. – №2. – P.135-147.
11. Стационарно-сезонная система аэрозольного орошения КАУ-1М / А.А. Терпигорев, А.В. Грушин, С.А. Гжибовский // Вестник мелиоративной науки. №2. – 2018. – С.10-18. [Электронный ресурс]: <http://vniiraduga.ru/wp-content/uploads/2018/07/Statya-v-Vestnike-meliorativnoy-nauki-N2-2018.pdf>
12. Шумаков Б.Б., Бородычев В.В. Техника и технология аэрозольного орошения // Обзорная информация ЦБНТИ Минводхоза СССР. – М., 1989. – Вып. 9. – С.3-60.
13. Мелихова Е.В. Бородычев В.В., Рогачев А.Ф. Функционально-морфологический анализ и совершенствование технических средств комбинированного орошения // Мелиорация и водное хозяйство 2018. – №4. – С.30-36.

## References

1. Dubenok N.N., Mayer A.V. Development of combined irrigation systems for irrigation of agricultural crops // News of the Nizhnevolsky agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2018. №1 (49). P.9-19.
2. Borodychev V.V. Modern technology drip irrigation of vegetable crops. Volgograd, 2010. P.5-12.
3. Karpunin V.V., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Innovative technologies and technical means to improve the efficiency of drip irrigation systems // Innovative technologies to improve the efficiency of land reclamation systems and the safety of hydraulic structures. - Volgograd: PNIEMT, 2010. P.14-20.
4. Kireycheva L.V. Development Strategy for Integrated Land Reclamation in Russia // In the collection: Land Reclamation and Water Management: Problems and Solutions, Materials of the International Scientific and Practical Conference. 2016. P.4-9.
5. Kireycheva L.V., Tabuk Musallam A.S., Shuravilin A.V. The technology of drip irrigation of potatoes in the soils of the south of Oman: a monograph. Lambert: Germany, 2017. 145 p.
6. Khazhmetov L.M. Fine sprinkling - an economical and highly efficient method of irrigation NOVAINFO.RU No.44-4, 2016. P.26-33. [Electronic resource]: <https://novainfo.ru/pdf/044-4.pdf> (circulation date 17.02.2019)
7. Burdyugov V.G., Zinkovsky V.N. Efficiency of fine sprinkling of field crops / In the book: Rational use and protection of water resources. Works YuzhNIIG and M. Novocherkassk, 1980. P.79-83.
8. Combined irrigation system / V.V. Borodychev, M.Yu. Khrabrov, V.K. Gubin et al. // Proceedings of the Nizhnevolsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2016. №1 (41). P.201-210.
9. Combined crop irrigation / A.S. Ovchinnikov, V.V. Borodychev, M.Yu. Khrabrov et al. // Proceedings of the Nizhnevolsky agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2015. №2 (38). P.6-12.
10. Miller P.C.H., Hadfield D.J. A simulation model of the spray drift from hydraulic nozzles / J. agr. Engg Res. 1989. Vol. 42. №2. P.135-147.
11. Stationary-seasonal aerosol irrigation system KAU-1M / A.A. Terpigorev, A.V. Grushin, S.A. Grzybowski // Bulletin of ameliorative science. №2. 2018. P.10-18 [Electronic resource]: <http://vniiraduga.ru/wp-content/uploads/2018/07/Statya-v-Vestnike-meliorativnoy-nauki-N2-2018.pdf>
12. Shumakov B.B., Borodychev V.V. Technique and technology of aerosol irrigation // Overview information of the Central Scientific Research Institute of the Ministry of Water Resources of the USSR. M., 1989. Vol.9. P.3-60.
13. Melikhova E.V., Borodychev V.V., Rogachev A.F. Functional-morphological analysis and improvement of technical means of combined irrigation // Land reclamation and water economy 2018. №4. P.30-36.