

УДК 631.674.6

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-3-37-41

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИВНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

А.В. ГРУШИН, А.В. КОЛОМЕЕЦ

Ключевые слова: капельное орошение, поливной трубопровод, капельница, оросительная вода, водоисточник.

Keywords: drip irrigation, irrigation pipeline, dropper, irrigation water, water source.

Аннотация. В исследовании отражены основные вопросы, которые решаются при рассмотрении качества и подготовки поливной воды. В результате научно-аналитических исследований установлены основные показатели влияния оросительной воды на поливные трубопроводы. Предложены к обязательному использованию различные конструкции фильтров в зависимости от химических свойств поливной воды и способов ее подготовки. Рекомендованы к обязательному использованию гидроциклонные аппараты для очистки оросительной воды от крупных песчаных и илстых твердых частиц. Определена необходимость проведения купоросования воды на водоемах комплексного назначения в регулирующих или водопропускных сооружениях. Рекомендовано применять от биозагрязнений промывку сети поливных трубопроводов сернокислой медью 5 г/м^3 (по чистой меди) в течение 30 мин с последующей промывкой чистой водой. Рекомендованы способы и режимы хлорирования оросительной воды, которые должны быть увязаны с показателями анализа воды и устранением именно той проблемы, которую выявляет анализ. Рекомендовано к использованию механизированная раскладка и уборка трубопроводов наземного исполнения.

Abstract. This study reflects the main issues that are addressed when considering the quality and preparation of irrigation water. As a result, scientific and analytical studies have been conducted and the main indicators of the effect of irrigation water on irrigation pipelines have been established. Various filter designs are proposed for mandatory use, depending on the chemical properties of irrigation water and methods of its preparation. Hydrocyclone devices for cleaning irrigation water from large sandy and silty solid particles are recommended for mandatory use. The necessity of carrying out vitriolization of water in reservoirs of complex purpose in regulating or culverts has been determined. It is recommended to use flushing of the irrigation pipeline network with copper sulfate 5 g/m^3 (pure copper) for 30 minutes, followed by flushing with clean water. The methods and modes of chlorination of irrigation water are recommended, which should be linked to the indicators of water analysis and eliminate exactly the problem that the analysis reveals. It is recommended to use a mechanized layout and cleaning of pipelines of ground-based design.

Введение. Широкое использование капельного орошения позволяет повышать продуктивность сельскохозяйственных культур и улучшить качество получаемой продукции. В системах капельного орошения доминирующую роль играют поливные трубопроводы одноразового применения с толщиной стенки от 0,15 до 0,2 мм. В последнее время возрастает тенденция применения поливных трубопроводов капельного орошения многолетнего использования на многолетних насаждениях, особенно шпалерного типа, широко внедряемых в южных регионах страны. Поддержание работоспособности и продление срока службы поливных трубопроводов капельного орошения диктует важность правильного обслуживания капельных систем. Существует множество методов подготовки оросительной воды

и рекомендаций борьбы с загрязнением внутренних полостей системы.

Рядом отечественных и зарубежных ученых, таких как Ю.А. Юнчик, В.В. Носников, В.П. Максименко, С.А. Зайцев и др. [1–3], проведены комплексные научные исследования, затрагивающие качество поливной воды в системах трубопроводов капельного орошения. Однако отсутствуют исследования о влиянии качества воды на срок эксплуатации поливных трубопроводов.

Целью исследования является проведение научно-аналитического обзора для обоснования необходимости подготовки оросительной воды, в том числе в водоисточнике, и профилактики от засорения капельниц во время эксплуатации, которые оказывают влияние на качество водораспределения и срок эксплуатации поливных трубопроводов капельного орошения [4, 5].

Методы и объект исследования. При проведении исследований используются аналитические методы оценки качества воды и ее влияния на эксплуатационные характеристики трубопроводов для капельного орошения. Имеющаяся информация в доступных научных источниках о качестве поливной воды и ее физико-механических характеристиках позволяет оценить возможные сроки эксплуатации поливных трубопроводов для капельного орошения.

Объектом аналитического исследования является оросительная вода. В настоящем исследовании выполнено обобщение требований к оросительной воде для капельного орошения позволяет понять причины и методы борьбы с проблемами, вызывающими засорение капельниц.

Основная часть. Вода – это жидкая среда, которая, в зависимости от водоисточника, содержит определенное количество механических, химических и биологических примесей. Пригодность воды по степени ее воздействия на элементы системы капельного орошения

Таблица 1

Пригодность воды по степени воздействия на элементы системы капельного орошения

Показатель	Уровень опасности		
	Низкий	Умеренный	Высокий
Общая минерализация, мг/дм ³	<500	500...2000	>2000
Взвешенные твердые примеси, мг/л	<50	50...100	>100
НСО ₃ , мг-экв/л	<2,0	>2,0	>2,5
pH	6...7	7...8	>8
Содержание марганца, мг/л	<0,1	0,1...1,5	>1,5
Содержание железа, мг/л	<0,2	0,2...1,5	>1,5
Содержание сероводорода, мг/л	0,2	0,2...2,0	>2,0
Количество популяций бактерий	<10·10 ⁶	10·10 ⁶ ...50·10 ⁶	>50·10 ⁶
Границы индекса стабильности воды I _c	-0,5 <I _c < +0,5	-0,5 <I _c > +0,5	-0,5 <I _c > +0,5

Таблица 2

Допустимое содержание взвешенных частиц минерального и органического происхождения в оросительной воде

Размеры проходных отверстий, мм	Взвешенные частицы		Гидробионты	
	Концентрация, мг/дм ³	Размер частиц, мкм	Концентрация, мг/дм ³	Размер частиц, мкм
<1	30...50	<50	5	<50
1...2	50...100	<70	10	<100
>2	100...300	<100	15	<150

Примечание. Для каждой модели капельницы сведения требуют уточнения.

и допустимое содержание взвешенных частиц минерального и органического происхождения в оросительной воде приведены в табл. 1 [6] и табл. 2 [7].

Качество оросительной воды по индексу стабильности I_c характеризует коррозионные свойства воды и возможность выпадения в осадок труднорастворимых карбонатов кальция. При показателе $I_c < -0,5$ возможна коррозия металлических частей оросительной системы, при $I_c > +0,5$ возможно выпадение в осадок карбоната кальция и соответственно засорение трубопроводов и капельниц.

Оптимальная температура оросительной воды для сельскохозяйственных культур 10...25 °С (допустимая 10...35 °С). рН оросительной воды после фильтрации не должен быть менее 6 и более 7, кроме случаев внесения удобрений или химикатов. Исполнительным элементом водораспределения в капельных системах является эмиттер, который интегрирован с внутренней стенкой трубопровода и образует с ней единую конструкцию капельницы. Эмиттер имеет отверстия входного фильтра, канал лабиринта для компенсации давления, полость бассейна с водовыпускным отверстием над ним в стенке трубопровода. Отверстия входного фильтра имеют проходные сечения от 0,25 мм, а канал лабиринта ширину и высоту от 0,5 до 1,2 мм, поэтому подготовка воды для полива и последующая профилактика засоров капельниц должна быть очень тщательной, особенно на системах многолетнего использования.

Результаты и обсуждение. Для обеспечения работоспособности системы капельного орошения, прежде всего, необходимо провести анализ воды в водисточнике с целью определения правильного подбора фильтрационного оборудования (табл. 3) и планирования мероприятий по ее улучшению и профилактическим промывкам системы от загрязнения.

Фильтростанция является ключевым элементом системы, от которого зависит ее эффективность и долговечность. Часто фермеры пренебрегают принципами подбора фильтрационного оборудования с целью экономии. Для очистки воды применяются фильтры различных конструкций, которые разделяют на засыпные песчано-гравийные, дисковые, сетчатые и вихревые. Выбор фильтра зависит от качества воды, степени его загрязнения и пропускаемого расхода. При наличии большого количества песка в воде первой ступенью очистки

воды должен быть гидроциклон в качестве предварительной фильтрации. В целях надлежащего его функционирования необходимо, чтобы перепад давления между входным и выходным, составлял более 6...7 м. При применении гидроциклона по мере накопления песка необходимо очищать нижний бак (но не менее 2 раз в сутки), открывая дренажный кран. Во время работы гидроциклона для промывания необходимо давление воды 2...3 атм.

При использовании воды из открытого водоема необходимо использовать песчано-гравийные фильтры. Эти фильтры предназначены для удаления органических и неорганических частиц и представляют собой закрытые емкости, в которых в качестве фильтрующего элемента используется колотый гранитный песок фракции 1,2...2,4 мм. Фильтры с кварцевым песком, используют частицы с размерами от 0,3 до 1,2 мм и гарантируют, фильтрацию всех частиц с размером, выше 80 мкм. Давление воды, рекомендуемое на входе в фильтростанцию, составляет не менее 3 атм. (при более низком давлении снижается эффективность промывания гравийного наполнителя обратным потоком воды). Периодичность промывания фильтров зависит от степени загрязнения воды и интенсивности водопотока. При «грязной» воде необходимо промывать фильтры не реже 1 раза в час. Минимальное количество промываний (при «чистой» воде) — не менее 2 раз в сутки. Средний срок службы гравия составляет 3...5 лет и зависит от интенсивности работы фильтра, после чего подлежит полной замене.

В качестве контрольных после песчано-гравийного фильтра, при заборе воды из открытых водисточников обязательно устанавливаются сетчатые или дисковые фильтры тонкой очистки. Дисковые фильтры по сравнению с сетчатыми более надежные и имеют более продолжительный срок эксплуатации фильтрующего элемента (картриджа). Картриджи (сетчатые, дисковые) подвержены износу и сохраняют свои свойства 2...3 года, после чего необходима их замена.

Фильтрация воды защитит систему от мелких частиц песка, органики, не растворившихся компонентов удобрений, крупного ила, части водорослей, но всегда надо помнить, что полного очищения путем фильтрации добиться нельзя. Качество очистки воды зависит от параметров фильтрующего элемента, выраженное в количестве отверстий на один дюйм и обозначает-

Таблица 3

Зависимость типа фильтров от источника воды

Тип водисточника	Источник воды	Загрязняющие элементы	Тип фильтрации
Подземные воды	Скважина	Песок, карбонаты кальция	Сетчатый или дисковый фильтры
	Глубинная скважина	Песок, карбонаты кальция, железо	Сетчатый фильтр и сепаратор песка (по необходимости)
Поверхностные воды	Река	Органическое вещество, водоросли	Песчано-гравийный и контрольные фильтры
	Канал		
	Водоохранилище		

ся в mesh (меш). Для большинства капельных трубопроводов этот параметр не должен быть ниже, чем 120 mesh или 0,125 мм.

Конструктивное исполнение фильтров зависит от расхода системы капельного орошения, орошаемой площади и степени очистки. В зависимости от величины расхода системы капельного орошения из отдельных фильтров собирается необходимое количество блоков, модулей, объединяемых в фильтрационные станции. В зависимости от количества комплектов модулей, обеспечивают соответствующий пропуск воды.

Но через фильтры все равно проходят частицы мельчайшего ила, растворенные в воде соли, микроорганизмы, осаждающиеся во внутренних полостях трубопроводов. Осаждение взвешенных частиц связано со скоростью воды в трубопроводе: чем она ниже, тем осаждение происходит эффективнее и способствует накоплению отложений и закупорки капельниц. Поэтому оросительная сеть нуждается в периодическом уходе. Система капельного орошения нуждается в периодических промывках чистой водой со скоростями течения воды не менее 0,5 м/с и давлением с коэффициентом 1,3...1,5 от рабочего, открывая поочередно концевые заглушки на 5...8 капельных линиях. Время промывки не должно быть менее 5 мин или до чистой воды.

При использовании воды из открытых водоисточников, возникает угроза засорения системы гидробионтами в виде сине-зеленых водорослей, железистых и сернокислых бактерий и других микроорганизмов. Гидробионты, попадая в поливную сеть, на фоне теплой воды и достаточного количества питательных веществ, начинают бурно развиваться, образуя конгломераты, забивающие капельницы. Для предотвращения попадания гидробионтов в систему с оросительной водой применяют прием купоросования воды на водоемах комплексного назначения в регулирующих или водопропускных сооружениях (бассейнах, аквакамерах, трубопроводах) при менее 25...30 млн кл/л сине-зеленых водорослей путем равномерного распределения медного купороса на поверхности воды с концентрацией не более 0,1 г/м³ (по чистой меди 1 мг/л), при температуре воды не ниже +17 °С и штилевом состоянии водоема до 12 ч дня, когда основная масса водорослей находится на поверхности. Такая процедура безвредна для скота, рыбы и орошаемых культур. На водоисточниках технического назначения при содержании в воде более 10 млн кл/л медный купорос вносится по поверхности из расчета 0,3...0,7 г/м³ по чистой меди. Необходимое время контакта не менее 5 ч.

Уменьшению попадания гидробионтов в систему капельного орошения способствуют:

- ночные и ранние утренние поливы (с 18 до 24 ч и с 0 до 8 ч), когда концентрация гидробионтов на уровне водозаборного устройства наименьшая;
- забор оросительной воды с глубины более 2,5 м;
- сооружение легких навесов для защиты регулирующих бассейнов и аванкамер от проникновения солнечной радиации;

- периодическая обработка воды в регулирующих бассейнах повышенными дозами медного купороса (1...5 г/м³) с последующей обязательной их очисткой;
- регулярная очистка ила при слое в 2 см, но не менее 3 раз за ротационный период в промежуточных регулирующих бассейнах.

Биозагрязнение системы предотвращают промывкой сети сернокислой медью 5 г/м³ (по чистой меди) в течение 30 мин с последующей промывкой чистой водой.

От биозагрязнения системы проводятся промывки сети хлорной известью 20 г/м³ или 20 мг/л. Частота – 1 раз в месяц и в конце сезона. Время промывки 10...60 мин. С последующей промывкой чистой водой. Рекомендуемые способы и режимы хлорирования оросительной воды должны быть увязаны с показателями анализа воды и устранением именно той проблемы, которую выявляет анализ. При хлорировании надо помнить, что применение высоких концентраций хлора недопустимо из-за высокой разъедающей способности хлора к молекулам полиэтилена, особенно при высоком давлении и высоких температурах (происходит химическая дегградация с образованием трещин в стенках труб), а также надо следовать требованиям п. 17 ГОСТ 17.1.3.13–86 [8], чтобы не допускать загрязнения поверхностных вод при сельскохозяйственном орошении. Безопасная для растений и полиэтилена доза хлора до 10 мг/л при постоянном применении или 50 мг/л при периодическом применении.

Другой проблемой оросительной воды является ее минерализация, то есть количественное содержание растворенных в ней солей. Жесткая вода с высоким содержанием солей кальция, магния, железа и т. п. способствует засорению капельниц в поливных трубопроводах. Считается, что содержание растворимых солей в воде в пределах до 3 г/л пригодно для капельного орошения. Особенно важно определение минерализации воды для регионов с повышенным содержанием минералов в воде. Допустимые уровни минерализации воды приведены в табл. 4 [9].

По мнению Л.А. Воеводиной, степень пригодности воды для капельного орошения с различным содержанием физических, биологических, химических загрязнителей и токсичных ионов можно разделить на три категории: вызывающие проблемы незначительной, средней или высокой сложности (табл. 5) [10, 11].

Определить степень пригодности оросительной воды в водоисточнике можно методом расчета коэф-

Таблица 4

Допустимые уровни минерализации поливной воды

Класс качества оросительной воды	Допустимые уровни минерализации оросительной воды с гранулометрическим составом		
	Тяжелый и(или) ППК >30	Средний и(или) ППК = 30...15	Легкий и(или) с ППК <15
I неопасный	0,2...0,5	0,2...0,6	0,2...0,7
II малоопасный	0,5...0,8	0,6...1,0	0,7...1,2
III умеренно опасный	0,8...1,2	1,0...1,5	1,2...2,0
IV опасный	Более 1,2	Более 1,5	Более 2

фициента Стеблера или ирригационному коэффициенту. Для расчета коэффициента Стеблера K_a применяют формулы [12]:

$$K_a = \frac{288}{5rCl^-}$$

Соотношение концентрации содержания иона Na^+ меньше, чем содержание иона Cl^- , т. е. $rNa^+ < rCl^-$. Присутствует хлорид натрия.

$$K_a = \frac{288}{rNa^+ + 4rCl^-}$$

Соотношение концентрации мг-экв/л содержания иона Na^+ больше содержание иона Cl^- , но меньше суммарного содержания ионов сильных кислот, т. е. $rCl^- + rSO_4^{2-} > rNa^+ < rCl^-$. Присутствует хлорид натрия и карбонат натрия.

$$K_a = \frac{288}{10rNa^+ - 5rCl^- - 9rSO_4^{2-}}$$

Соотношение концентрации мг-экв/л содержания иона Na^+ больше суммарного содержания ионов сильных кислот $rNa^+ > rCl^- + rSO_4^{2-}$. Присутствует хлорид, сульфат и карбонат натрия. Содержание данного иона в мг-экв/л обозначают r .

Степень пригодности воды в водоисточнике по оценке значений коэффициента Стеблера K_a приведена в табл. 6. Минеральные соли, при определенных условиях выпадают в осадок, накапливающийся в полостях трубопроводов и капельниц, что приводит к их закупорке. Полив водой с показателем pH выше 5,8 способствует образованию минеральных отложений.

При высоком содержании в водоисточнике солей железа (10 мг/л и более) эффективным методом считается барботация, которая способствует окислению железа и выпадению его в осадок. Аэрацию воды в водоеме лучше проводить до полива. Для аэрации пригодны водоемы без течения, аванкамеры и подобные водоприемники.

Для предотвращения закупорки капельниц поливные трубопроводы необходимо промывать слабыми растворами (0,6 %) ортофосфорной (85 % H_3PO_4), сернической (H_2SO_4), азотной (60 % HNO_3) или соляной кислоты (33 % HCl). Заглушки при этом должны быть закрыты. Прием применяется в основном на лентах и трубках многолетнего использования. После кислотной обработки систему промывают чистой водой в течение не менее 10 мин, открывая концевые заглушки

Таблица 6

Качество оросительной воды по K_a

K_a	Пригодность воды для орошения
Более 18	Хорошая, успешно применяется для орошения
6...18	Удовлетворительная, в почве могут накапливаться щелочи
1,2...5,9	Неудовлетворительная, при поливе необходим искусственный дренаж
Менее 1,2	Плохая, непригодная для орошения

Таблица 5

Показатели оценки пригодности воды для систем капельного орошения

Компонент, содержащийся в воде	Степень сложности проблемы		
	Незначительная	Средняя	Высокая
Физическое засорение капельниц			
Взвешенные вещества, мг/л	<50	50...100	>100
Химическое засорение капельниц			
pH	<7	7...8	>8
Железо Fe, мг/л	<0,1	0,1...1,5	>1,5
Марганец Mn, мг/л	<0,1	0,1...1,5	>1,5
Сероводород H_2S , мг/л	<0,2	0,2...2,0	>2,0
Минерализация, мг/л	<500	500...2000	>2000
Биологическое засорение капельниц			
Количество бактерий, шт./л	<10000	10000...50000	>50000
Влияние на урожайность культуры			
Электропроводность EC, мСм/см	<0,75	0,75...3,0	>3,0
Нитраты, мг/л	<5	5...30	>30
Токсичность отдельных ионов			
Бор, мг/л	<0,7	0,7...3,0	>3,0
Хлорид, мг/л	<4	4...10	>10,0
Хлорид, мг-экв/л	<142	142...355	>355
Натрий (SAR)*	<3,0	3...9	>9

* – оценка воды по опасности осолонцевания (SAR).

ки поливных трубопроводов. Затем закрыв заглушки – промывают до 30 мин через капельницы. При необходимости промывают повторно. Надо помнить, что кислота всегда добавляется в воду, а не наоборот! Частота таких промывок – один раз в месяц и обязательная в конце сезона перед уборкой на хранение.

Работоспособность капельниц возрастает при частых поливах малыми поливными нормами, что предотвращает отложение солей на стенках лабиринта при высыхании.

На срок службы многолетних поливных трубопроводов большое влияние оказывают методы их раскладки, уборки после эксплуатации и хранения. Раскладывать и убирать трубопроводы наземного применения лучше всего специальными механизированными средствами. При их ручном волочении происходит трение о грунт, которое приводит к образованию на трубках царапин и потертостей, понижающих прочность трубок, особенно тонкостенных. Перед уборкой трубопроводы должны быть подготовлены. Обязательно должна быть проведена промывка системы слабым раствором кислоты. После чего, необходимо удалить воду из внутренних полостей с помощью воздушного компрессора путем подачи достаточного количества воздуха в трубки с открытыми заглушками. Давление продувки не должно превышать максимально допустимое. Качество продувки зависит не от давления, а от объема воздуха, подаваемого в систему. Затем трубопроводы надлежит сматывать в бухты, используя специальные средства механизации. При этом внутренний диаметр бухт должен соответствовать

оптимальному, чтобы трубопроводы не деформировались, это около 500 мм для всех диаметров капельных трубок. Хранить бухты поливных трубопроводов капельного орошения надо в сухих складских помещениях с ровным чистым полом, лучше на картоне, при положительных температурах в горизонтальном положении и штабелем, не превышающим 2 м. Места хранения должны быть защищены от проникновения грызунов. Соблюдение регламента обслуживания и хранения поливных трубопроводов капельного орошения увеличивает эффективность их применения и продляет срок службы.

Выводы и рекомендации. Установлены основные показатели влияния оросительной воды на поливные трубопроводы (на основании показателей табл. 1). Предложены к обязательному использованию различные конструкции фильтров в зависимости от химических свойств поливной воды и способов ее подготовки. Рекомендованы к обязательному использованию гидроциклонные аппараты для очистки оросительной воды от крупных песчаных и илистых твердых частиц. Определена необходимость проведения купоросования воды на водоемах комплексного назначения в регулирующих или водопропускных сооружениях. Рекомендовано применять от биозагрязнений промывку сети поливных трубопроводов сернистой медью 5 г/м^3 (по чистой меди) в течение 30 мин с последующей промывкой чистой водой. Рекомендованы способы и режимы хлорирования оросительной воды, которые должны быть увязаны с показателями анализа воды и устранением именно той проблемы, которую выявляет анализ. Рекомендовано к использованию механизированная раскладка и уборка трубопроводов наземного исполнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юнчик Ю.А., Умерова Л.Р., Терлеев В.В. О качестве воды для целей полива на территории Республики Крым // Неделя науки ИСИ: материалы Всероссийской конференции (Санкт-Петербург, 26–30 апреля 2021 г.) Ч. 1. СПб.: ФГАУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2021. С. 259–262.
2. Носников В.В., Селищева О.А. Качественные характеристики поливной воды и их влияние на технологические аспекты выращивания посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой // Труды БГУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2021. № 2(246). С. 81–87. DOI 10.52065/2519-402X-2021-246-10-81-87.
3. Максименко В.П., Зайцев С. Регулирование качества поливной воды на оросительных системах // Природообустройство. 2011. № 5. С. 15–20.
4. ГОСТ 17.1.2.03–90 (СТ СЭВ 6457–88). Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. М.: Изд-во стандартов, 1991. 10 с.
5. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: https://55.rospotrebnadzor.ru/Files/SanPin_203685.pdf
6. Рубинштейн Ф. Обслуживание системы капельного орошения. AgroSheriff.Ltd URL: <https://kuban.farmgarden.ru/obsluzhivanie-sistemy-kapelnogo-orosheniya.html>
7. Требования к качеству оросительной воды. Технологии капельного орошения. URL: http://vsego-nechego.ucoz.ru/publ/trebovaniya_k_kachestvu_orositelnoj_vody/1-1-0-3.
8. ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения. М.: Изд-во стандартов, 1986. 2 с.
9. Бабаева К.С. Оценка качества оросительной воды. Агроконсультант. ООО «Агроплем», 2024. С. 4. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1743409075&tld=ru&lang=ru&name=2575d1f6d94d4a2cbce53b774b1c75531041898.pdf>.
10. Воеводина Л.А. Оценка качества воды для систем капельного орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2009. Вып. 42. С. 174–179.
11. Мелиоративное земледелие: метод. указания к лабораторным и практическим занятиям для бакалавров по направлениям «Агрономия» и «Садоводство» / В.П. Василько [и др.]. Краснодар: КубГАУ, 2014. 95 с.
12. Ковшов Ю.А., Комиссаров А.В. Классификация оросительных вод Республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013 Т. 15, № 3(4). С. 1311–1314.

REFERENCES

1. Yunchik Yu.A., Umerova L.R., Terleev V.V. On the quality of water for irrigation purposes in the territory of the Republic of Crimea // ISI Science Week : Proceedings of the All-Russian Conference in 3 parts, St. Petersburg, April 26–30, 2021. Part 1. St. Petersburg: FSAEI of Higher Education «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University», 2021. Pp. 259–262.
2. Nosnikov V.V., Selishcheva O.A. Qualitative characteristics of irrigation water and their influence on the technological aspects of growing coniferous planting material with a closed root system // Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry, environmental management and processing of renewable resources. 2021. № 2(246). Pp. 81–87. DOI 10.52065/2519-402X-2021-246-10-81-87.
3. Maksimenko V.P., Zaitsev S.A. Regulation of irrigation water quality in irrigation systems // Environmental management. 2011. No. 5. Pp. 15–20.
4. GOST 17.1.2.03–90. Nature protection. Hydrosphere. Criteria and indicators of water quality for irrigation. Introduced 1991–07-01. Moscow: Publ. of standards, 2001. 8 p.
5. Resolution of January 28, 2021 № 2 «On approval of sanitary rules and numbers SanPiN 1.2.3685–21 «Hygienic standards and requirements for ensuring safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans.»
6. <https://kuban.farmgarden.ru/obsluzhivanie-sistemy-kapelnogo-orosheniya.html>
7. http://vsego-nechego.ucoz.ru/publ/trebovaniya_k_kachestvu_orositelnoj_vody/1-1-0-3
8. GOST 17.1.3.13–86. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for the protection of surface waters from pollution.
9. Babaeva K.S. Assessment of the quality of irrigation water. Agroconsultant. ООО «Агроплем», 2024. P. 4. <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1743409075&tld=ru&lang=ru&name=2575d1f6d94d4a2cbce53b774b1c75531041898.pdf>.
10. Voevodina L.A. Water quality assessment for drip irrigation systems // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture: collection of scientific papers FGBNU «RosNIIPM». Novochechekassk, 2009. Issue. 42. Pp. 174–179.
11. Melioration agriculture: method. Guidelines for laboratory and practical classes for bachelors in the areas of «Agronomy» and «Gardening» / V.P. Vasilko [et al.]. Krasnodar: KubSAU, 2014. 95 p.
12. Kovshov Yu.A., Komissarov A.V. Classification of irrigation waters of the Republic of Bashkortostan, 2013.

Грушин Алексей Владимирович, науч. сотрудник отдела техники и технологии микроорошения, gav.vniiraduga@yandex.ru;
Коломеец Анастасия Валерьевна, мл. науч. сотрудник отдела техники и технологии микроорошения, kolomeec.n@bk.ru
 (ВНИИ систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г. Коломна, Российская Федерация).