

УДК 631.674.6

### Требования систем капельного орошения к поливной воде

**Юлия Ярославовна Сарахатунова**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

**Аннотация.** Целью исследования является обобщение требований к поливной воде для систем капельного орошения, рассмотрение способов предотвращения попадания загрязняющих веществ в систему капельного орошения и в ее отдельные элементы. В работе рассмотрены механические, химические и биологические загрязнители по степени допустимости их использования в системах капельного орошения. В результате исследований установлено, что нормируемые химические и физические показатели в системах капельного орошения в среднем в 2 раза выше, чем в системах искусственного дождевания.

**Ключевые слова:** капельное орошение, поливная вода, взвешенные вещества, критерии оценки, показатели пригодности

\*\*\*\*\*

### Drip irrigation system requirements for irrigation water

**Yulia Ya. Sarakhatunova**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

**Abstract.** The aim of the study is to summarize the requirements for irrigation water for drip irrigation systems, to consider ways to prevent the ingress of pollutants into the drip irrigation system and its individual elements. The mechanical, chemical and biological pollutants were considered according to the degree of admissibility of their use in drip irrigation systems. As a result of the research, it was found that the standardized chemical and physical indicators in drip irrigation systems are on average 2 times higher than in artificial sprinkling systems.

**Keywords:** drip irrigation, irrigation water, suspended solids, assessment criteria, salt index

**Введение.** Капельное орошение широко используется на юге России. В условиях засушливого климата и недостаточного количества осадков в течение вегетационного периода в Ростовской области капельное орошение получило широкое распространение. Основными преимуществами капельного орошения являются: локальность полива, отсутствие возможности разнесения вирусов от зараженных растений и плодов к здоровым растениям и плодам, ресурсосбережение и простота использования. Если говорить о недостатках, то это, во-первых, высокая стоимость системы капельного орошения, а во-вторых, высокие требования к качеству воды, используемой для полива и промывки.

Данное исследование проводится с целью совершенствования водозаборно-очистного сооружения в системах капельного орошения. Вследствие этого в качестве основного аспекта исследования можно выделить содержание в поливной воде взвешенных веществ и их фракций.

Вода для нужд орошения должна удовлетворять *общим* требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 17.1.2.03-90 [1], а также *индивидуальным* требованиям систем капельного орошения. В работе рассматривается влияние свойств воды из поверхностного источника на систему капельниц, их возможное механическое и химическое загрязнение, что в результате приводит к загрязнению каналов капельных микро-водовыпусков и выходу их из строя.

Воду принято оценивать по степени ее жесткости (мг-экв/дм<sup>3</sup>): очень мягкая – до 1,5; мягкая – 1,5–3,0; средней жесткости – 3,0–6,0; жесткая – 6,0–10,0; очень жесткая – 10,0 и более. Использование воды с высоким содержанием микроэлементов («жесткой воды»), таких как Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>, способствует засорению эмиттера в системах капельного орошения. Между равномерностью полива, сроком службы эмиттера и содержанием в поливной воде двухзарядных катионов Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> есть корреляция.

Механическое засорение системы капельного орошения происходит вследствие закупоривания эмиттеров капельниц и поливных лент наносами, глиной, песком и другим фракционным загрязнителем. Для предотвращения засорения элементов системы капельного орошения механическим загрязнителем используется блок механической очистки, в работе в качестве блока механической очистки предлагается водозаборно-очистное сооружение с фильтрующими кассетами или панелями.

Понимание механизма засорения эмиттера систем капельного орошения при использовании поверхностных источников воды имеет решающее значение для обеспечения эффективной и надежной работы системы в целом. В связи с этим целью исследования является обобщение требований к поливной воде для систем капельного орошения и рассмотрение способов предотвращения попадания загрязняющих веществ в систему капельного орошения и в ее отдельные элементы.

**Материалы и методы.** В работе применялись теоретические методы исследования: анализ, сравнение и дедукция. В процессе исследования были рассмотрены требования к поливной воде, используемой в системах капельного орошения. В результате обобщены основные требования к содержанию в поливной воде механических, химических и биологических загрязнителей.

**Результаты и обсуждение.** Большинство поверхностных вод в Южном федеральном округе по химическому составу являются довольно жесткими. Кроме этого, поверхностные водоисточники характеризуются наличием взвешенных частиц различных фракций. Эти две проблемы классифицируются соответственно как опасность химического и механического засорения. Третьей опасностью является биологическое засорение, которое может быть вызвано развитием водорослей или бактерий.

Отечественными учеными было установлено [2, 3], что допустимая крупность взвесей, поступающих в капельную оросительную систему, зависит от диаметра поливных трубок и конструкций капельных микроводовыпусков. Размер задерживаемых фильтрующим сооружением частиц должен превышать 0,1 размера минимального прохода в эмиттере во избежание засорения [3]. Допустимые параметры содержания бактериального и химического загрязнителя для систем капельного орошения приведены в таблице 1 [4]. Допустимые значения концентрации и размеров взвешенных частиц, содержащихся в поливной воде систем капельного орошения, приведены в таблице 2 [4].

**Таблица 1 – Показатели пригодности поливной воды для использования капельных систем**

Показатель	Степень пригодности воды		
	пригодна	условно пригодна	непригодна
Общая минерализация, мг/л	< 500	500–2000	> 2000
Показатель рН	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 бактерий, ед./л	< 10 · 10 <sup>6</sup>	10 · 10 <sup>6</sup> – 50 · 10 <sup>6</sup>	> 50 · 10 <sup>6</sup>

**Таблица 2 – Допустимые значения концентрации и размеров взвешенных частиц, содержащихся в поливной воде систем капельного орошения**

Размер проходных отверстий, мм	Допустимое значение концентрации взвешенных частиц в воде и их размеры			
	Минеральные частицы		Гидробионты	
	концентрация, мг/л	размер частиц, мкм	концентрация, мг/л	размер частиц, мкм
< 1	30–50	< 50	5	< 50
1–2	50–100	< 70	10	< 100
> 2	100–300	< 100	15	< 150

Китайскими учеными [5], проводившими эксперименты с капельным орошением, было доказано, что микроэлементы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , являющиеся катионами, связываются с органическими веществами, анионами и микроорганизмами, образуя неорганические соли, которые в свою очередь отвечают за минерализацию воды, быстро оседают и вступают в реакцию с металлами и пластмассами. Вследствие этого образуются осадки, закупоривающие эмиттер капельниц, такие как кварц, силикат, карбонат, хлорит, арагонит, доломит, кальцит, мусковит и др.

В системах капельного орошения можно использовать переходные, или, как их еще называют, солончатые воды, но стоит учитывать, что воды должны иметь минерализацию не более 1–3 г/л, т. е. должны являться слабосолончатыми. В таблице 3 представлены показатели оценки пригодности воды для систем капельного орошения по мнению Л. А. Воеводиной [6–8].

**Таблица 3 – Показатели оценки пригодности воды для систем капельного орошения**

Компонент, содержащийся в воде	Степень сложности проблемы		
	незначительная	средняя	высокая
<b>Влияние на засорение капельниц</b>			
<b>Физическое засорение</b>			
Взвешенные вещества, мг/л	< 50	50–100	> 100
<b>Химическое засорение</b>			
рН	< 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 ( $\text{H}_2\text{S}$ ), мг/л	< 0,2	0,2–2,0	> 2,0
Минерализация, мг/л	< 500	500–2000	> 2000
<b>Биологическое засорение</b>			
Количество бактерий, шт./л	< 10000	10000–50000	> 50000
<b>Влияние на урожайность культуры</b>			
Электропроводность (EC), мСм/см	< 0,75	0,75–3,0	> 3,0
Нитраты, мг/л	< 5	5–30	> 30
<b>Токсичность отдельных ионов</b>			
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

Если водозабор для нужд капельного орошения осуществляется из источника воды, загрязненного наносами более допустимых пределов, то требуется установка усиленного блока механической очистки в системе капельного орошения или оптими-

зорованного водозаборно-очистного сооружения. На данный момент не установлено нормативно-технической документации, регулирующей требования к поливной воде для систем капельного орошения, поэтому все рекомендации принимались исходя из ГОСТ 17.1.2.03-90 [1] и конструктивных параметров систем капельного орошения, а именно лент, капельниц и их отверстий. Показатели оценки пригодности воды для систем капельного орошения приведены в таблице 4 [6].

**Таблица 4 – Требования к качеству оросительной воды капельниц различных конструкций**

Наименование капельницы и организации-разработчика	Истечение воды	Размер наименьших водопропускных отверстий, мм	Требования к качеству			Источник информации
			Допустимое содержание взвеси, мг/л	Допустимые размеры частиц взвеси, мм	Допустимое содержание гидробитонов, мг/л	
«Молдавия-1», «Молдавия-1А», ВНИИМиТП	Непрерывная подача воды, саморегулирующаяся, очищается вручную	1,0	30	0,05–0,20	–	233
«Таврия», УкрНИИИМ, «Узгипровхоз-2»	Капельно-струйное непрерывное истечение, поплавковая, очищается вручную	1,5	300	0,2	10	233
«Коломна-1», ВНПО «Радуга»	Выплеск воды за короткий промежуток времени, импульсная	2,5	500	1,0	10	233
«Украина-1», Укргипровхоз	Непрерывная подача воды каплями, самопромывающаяся	3,0	300	0,8–1,0	10	233
К-316, УкрНИИОС	То же	1,5	300	0,25	10	64
КСС-2, НГМА	Непрерывного действия саморегулирующаяся и самопромывающаяся	2,0	300	0,30	10	354
Капельный шланг с капельницами-кнопками, Италия, Израиль	Непрерывная подача воды, компенсированные и некомпенсированные по давлению	1,0	35	0,03	4	214
Капельный шланг со встроенными капельницами, Италия, Израиль, Германия	То же	0,5	30	0,02	3	214

Учеными из Китая и США был предложен механизм прерывистого колебания давления воды для предотвращения образования загрязняющих веществ в эмиттере [9]. Применение периодических колебаний давления воды считается эффективным способом преодоления засорения эмиттера при использовании источника воды с высоким содержанием наносов. Учеными были проведены эксперименты, в результате которых

было установлено, что периодические колебания давления воды напрямую изменяли распределение скорости потока, вследствие этого помогали избежать усиленного засорения эмиттера. Периодически колеблющееся рабочее давление тем эффективнее помогало снизить содержание веществ, закупоривающих эмиттер капельниц, чем более применялось. Режим с изменяющимся в течение 4 ч рабочим давлением снизил содержание закупоривающих эмиттер веществ на 26 %. Количество частиц глины и порошка уменьшилось на 56 и 34 % соответственно. При этом содержание кварца, силиката, кальция, магния и карбоната в закупоривающих веществах уменьшилось на 36, 35 и 11 % соответственно. Также учеными из Испании [10], проводившими динамическое моделирование фертигации в агрегатах капельных систем, была установлена зависимость между засорением капельных эмиттеров и равномерным распределением давления, что подтверждает эффективность механизма прерывистого колебания рабочего давления для предотвращения засорения эмиттеров капельного орошения.

Китайские ученые из Пекина, а также американские ученые из Висконсина предложили метод ускоренного тестирования на месте (ISA – in-situ accelerated) [11] для изучения поведения засорения эмиттера в системах капельного орошения с использованием некачественных источников орошения. Учеными были проведены эксперименты с нормальным прерывистым методом (NI – method and the normal intermittent) и методом ISA. Результаты исследований показали, что метод ISA может точно и очень эффективно наглядно представить поведение эмиттера при засорении. Особенно точным будет результат при установлении корреляции между методами NI и ISA, который можно использовать для калибровки.

**Выводы.** В ходе исследований были рассмотрены существующие общие требования к поливной воде для оросительных систем в целом и частные требования для систем капельного орошения. Выявлены требования к поливной воде по содержанию в ней загрязнителей различных типов. Проведено аналитическое сравнение общих требований к поливной воде и требований к воде для систем капельного орошения.

Установлено, что в оросительной воде в целом допускается содержание растворимых солей до 0,10 %, т. е. 1 г/л, в то время как требования к поливной воде для нужд капельного орошения выше в 2 раза, т. е. допускается содержание растворимых солей до 0,05 % (или 0,5 г/л), если говорить об эмиттере с диаметром отверстия меньше 1 мм, а именно такой эмиттер преимущественно используется для полива. Допустимое содержание взвешенных веществ в поливной воде в среднем 1–2 г/л, это зависит от системы и способа орошения, для капельных систем этот показатель в норме не превышает 0,5–1,0 г/л. Требования почти по всем химическим и физическим показателям, которые нормируются по ГОСТ 17.1.2.03-90 «Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения» для нужд орошения, в системах капельного орошения завышены (в среднем) в 2 раза. Из этого можно вывести коэффициент, исходя из зависимостей нормы содержания растворимых солей 1 г/л : 0,5 г/л и взвешенных веществ 1 г/л : 0,5 г/л. Коэффициент будет равен 2. Можно сделать вывод, что нормируемые химические и физические показатели в системах капельного орошения в среднем в 2 раза выше, чем в системах искусственного дождевания.

#### Список источников

1. ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. Введ. 1991-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2001. 8 с.
2. Штанько А. С., Шкура В. Н. Водозаборное сооружение из канала для капельных оросительных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 3(75). С. 9–15.
3. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие. М., 2017. 200 с.

- 
4. Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С. Капельные оросительные системы: учеб. пособие. М., 2019. 179 с.
5. Dynamic effects of chemical precipitates on drip irrigation system clogging using water with high sediment and salt loads / Y. Li, J. Pan, X. Chen, S. Xue, J. Feng, T. Muhammad, B. Zhou // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 213. P. 833–842. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.11.021>.
6. 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.
7. Воеводина Л. А. Влияние капельного орошения водой неблагоприятного химического состава на гумусное состояние обыкновенных черноземов // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2013. № 1(09). С. 1–12. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=619> (дата обращения: 20.08.2021).
8. Воеводина Л. А. Влияние капельного орошения донской водой на физико-химические свойства черноземов обыкновенных // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2011. № 2(2). 8 с. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=439> (дата обращения: 20.08.2021).
9. The mechanism of intermittent fluctuations of water pressure on the formation of pollutants in the emitter in the drip irrigation system using water with a high sediment content / Q. Li, P. Song, B. Zhou, Y. Xiao, T. Muhammad, Z. Liu, H. Zhou, Y. Li // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 215. P. 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.01.010>.
10. Dynamic fertigation modeling tool for drip irrigation units / R. Gonzalez Perea, M. A. Moreno, J. F. Ortega, A. del Castillo, R. Ballesteros // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. Vol. 173. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105434>.
11. Accelerated experimental test method at the site of clogging of the emitter of drip irrigation with poor-quality water / X. Han, Y. Li, B. Zhou, Z. Liu, J. Feng, Y. Xiao // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 212. P. 136–154. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.024>.
- 

***Информация об авторе***

**Ю. Я. Саракхатунова** – аспирант.

***Information about the author***

**Yu. Ya. Sarakhatunova** – Postgraduate Student.

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 01.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.*

*The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 01.09.2021; accepted for publication 17.09.2021.*