

5. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Особенности системы мониторинга при осуществлении точной мелиорации / В.В. Шабанов, В.Н. Маркин. // Материалы II Международной научной конференции «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего», посвященной памяти академика Е. И. Ермакова Санкт-Петербург, 02–04 октября 2019 г.- СПб.: ФГБНУ АФИ, 2019. -С. 964-970.

## References

1. The Impact of land reclamation on the complexity of soil cover – [Electronic resource] – Studwood –[access Mode] <https://studwood.ru> – (accessed 08.10.2019).
2. Emergence and development of soils. Factors of soil formation [Electronic resource] - <https://helpiks.org> (accessed 06.03.20).
3. Glagolev M. V. Model sensitivity Analysis // Dynamics of the environment and global climate change. Vol. 3. -2012. - N 3. - Pp. 31-53.
4. Markin V. N. Ways to determine the requirements of plants for the content of N, P, K in the soil / V. N. Markin // Reports of VASHNIL. - N 4. -M. 1987. - P. 42-45.
5. Shabanov V. V., Markin V. N. Features of the monitoring system in the implementation of accurate land reclamation / V. V. Shabanov, V. N. Markin. // Materials of the II International scientific conference "Trends in the development of agrophysics: from actual problems of agriculture and crop production to technologies of the future", dedicated to the memory of academician E. I. Ermakov St. Petersburg, 02-04 October 2019-St. Petersburg: FGBNU AFI, 2019. - Pp. 964-970.

УДК 631.6:631.67.03

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.21.92.021

## СРЕДСТВА ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

**Новикова И.В., Лунева Е.Н., Денисов В.В.**

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова  
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Новочеркасск, Россия

*Аннотация.* В статье сформулированы требования к качеству оросительной воды в зависимости от характера истечения воды. Предлагаются варианты компоновки очистных сооружений в системах капельного орошения. Приведены краткие характеристики очистных сооружений из списка наиболее распространенных.

*Ключевые слова:* качество оросительной воды, система капельного орошения, очистные сооружения, отстойники, микрофильтр, фильтр с плавающей загрузкой

## WATER TREATMENT FACILITIES FOR DRIP IRRIGATION OF AGRICULTURAL LAND

**Novikova I. V., Luneva E. N., Denisov V. V.**

Novocherkassk engineering-meliorative Institute. A. K. Kortunov of the Donskoy state agrarian UNIVERSITY, Novocherkassk, Russia

*Abstract.* The article defines the requirements for irrigation water quality depending on the nature of water outflow. Options for the layout of treatment facilities in drip irrigation systems are offered. Brief characteristics of treatment facilities from the list of the most common ones are given.

*Key words:* quality of irrigation water, drip irrigation system, sewage treatment plants, septic tanks, microfilter, filter with float-ing download

Важным аспектом систем капельного орошения является надежность. Главная причина выхода систем капельного орошения из строя - засорение капельниц. Чтобы избежать механического засорения, необходимо применять эффективную систему фильтрации и первым шагом является выбор источника воды, которая будет использоваться для орошения, а также разработка системы мероприятий, связанных с адаптацией капельной системы к водным источникам [1].

Содержание примесей в речной воде, как источнике орошения для капельного полива, колеблется в широком диапазоне. После очистки речная вода может содержать большое количество органических веществ и взвесей. Если в качестве источника орошения используются озера или водоемы, то в летний период в процессе разложения органических взвесей в несмешиваемом придонном слое воды озер и водоемов могут накапливаться растворенные в воде соединения железа и марганца, сероводород и другие продукты метаболизма. В таких водоемах вода наивысшего качества находится на средней глубине несколько выше данного слоя, где следует проводить водозабор воды. В органическую взвесь входят: бактерии, одноклеточные организмы, колонии сине-зеленых водорослей, личинки насекомых, клещей, дафний размером от 1 до 1300 микрон. Вода из скважин обычно содержит малую концентрацию органических веществ, имеет вероятность поступления с водой песка, часто характеризуется повышенным содержанием железа, марганца, высокой жесткостью.

Поэтому, проектируя инженерную компоновочную сеть системы капельного орошения, необходимо иметь обстоятельные данные о качестве воды в источнике орошения, сопоставительный анализ с требованиями, предъявляемыми к качеству воды капельницами, определить оптимальный состав очистных сооружений при обязательной увязке их производительности с расчетным расходом воды, подаваемую на мелиоративную систему [2].

Примеры схем расположения очистных сооружений на системах капельного орошения приведены на рисунке 1.

Вода, используемая для капельного орошения, по составу не должна вызывать засоления и осолонцевания почвы. При минерализации воды от 1 до 3 г/л необходимо иметь данные о составе химических соединений, растворенных в ней. При наличии в воде соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) даже в незначительных количествах или хлоридов свыше 1 г/л вода для капельного орошения не пригодна, так же, как и при величине общей минерализации выше 3 г/л. Содержание в поливной воде двухвалентного железа не должно превышать 0,5 мг/л. Данные по допустимому содержанию в воде взвешенных частиц приведены в таблице 1.

В зависимости от физико-химических свойств воды, поступающей в систему орошения, и требований потребителей к ее качеству могут применяться следующие сооружения очистки: сетчатые фильтры – для удаления из воды частиц песка и крупных частиц ила, а также для предупреждения попадания в трубопроводы крупных предметов; бассейны-отстойники; гидроциклоны – для удаления минеральных частиц, имеющих плотность больше или примерно равную плотности воды; микрофильтры и барабанные сетки – для удаления водорослей и грубодисперсных частиц взвеси; зернистые фильтры – для удаления

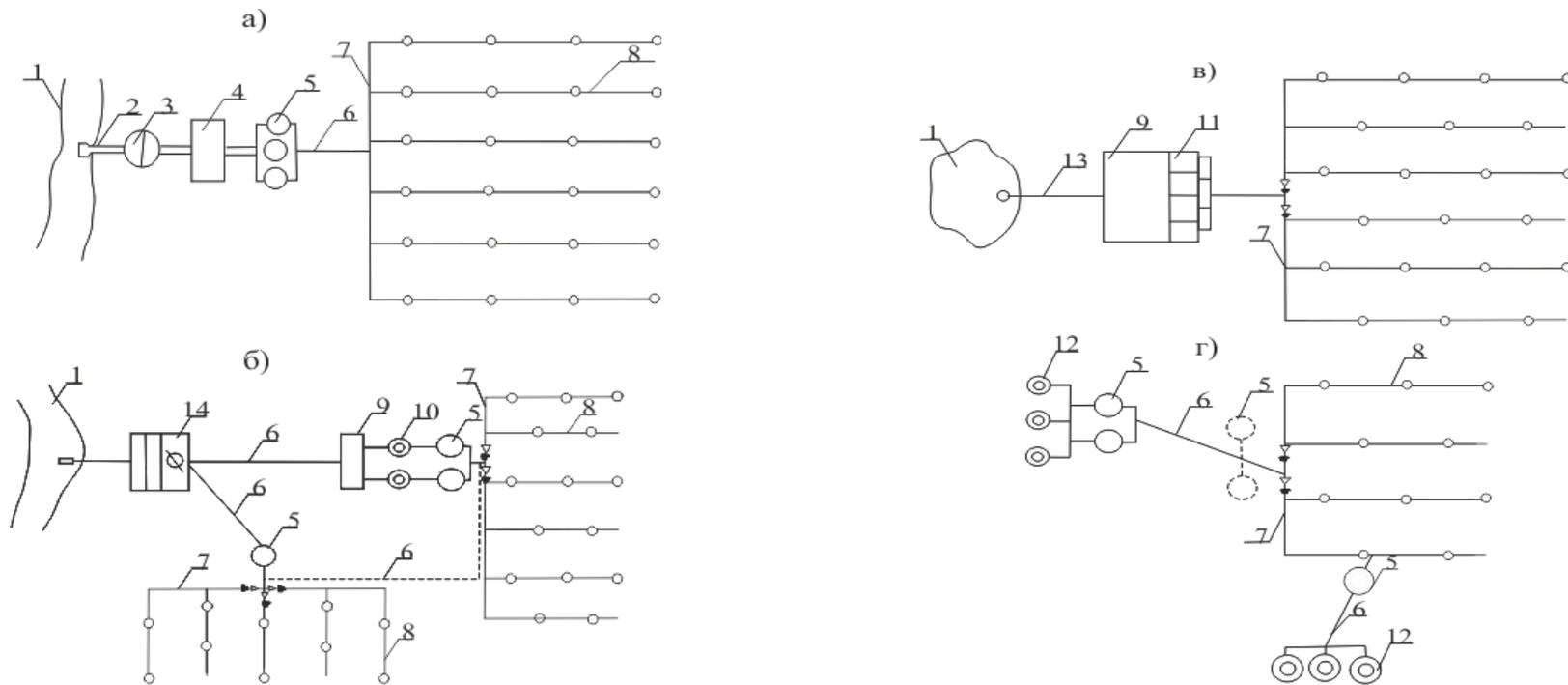


Рисунок 1 – Схемы расположения очистных сооружений на системах капельного орошения

а) централизованная схема водоподготовки с односторонним питанием оросительной сети; б) рассредоточенная схема водоподготовки с расположением очистных сооружений вблизи орошаемого участка; в) централизованная схема водоподготовки с гравитационной водоподачей; г) рассредоточенная схема водозабора и водоочистки подземных вод с двухсторонним питанием оросительной сети:

1 – водоисточник; 2 – самотечная линия; 3 – береговой колодец; 4 – насосная станция 1-го подъема; 5 – напорные фильтры с плавающей загрузкой; 6 – напорные трубопроводы; 7 – магистральные трубопроводы; 8 – распределительные трубопроводы; 9 – регулирующие бассейны-отстойники; 10 – всасывающие камеры насосов 2-го подъема; 11 – безнапорные фильтры с плавающей загрузкой; 12 – подземный водозабор (скважины); 13 – гравитационный водовод; 14 – береговой водозабор совмещенного типа

мелкодисперсных и грубодисперсных частиц взвеси минерального и органического происхождения, а также для обезжелезивания исходной воды.

Таблица 1 – Требования к качеству оросительной воды в зависимости от характера истечения воды [3]

Характер истечения воды	Размеры наименьших водопрпускных отверстий, мм	Требования к качеству воды		
		допустимое содержание взвеси, мг/л	размер частиц взвеси, мм	допустимое содержание гидробионтов, мг/л
Непрерывная подача воды	1,0	30	0,01-0,05	-
Капельно-струйное истечение, основанное на поплавковой конструкции капельниц	1,5	300	0,1	10
Непрерывная подача воды каплями	1,5	300	0,25	10

При необходимости одновременного осуществления нескольких технических приемов очистки, в состав станций водоподготовки могут включаться одновременно несколько типов очистных сооружений [4]. Технические характеристики микрофильтров и барабанных сеток приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики микрофильтров и барабанных сеток

Размерный ряд	Барабан фильтра					Ориентировочная производительность, тыс. м <sup>3</sup> /сут
	диаметр, м	длина звена, м	число звеньев, шт.	общая длина, м	рабочая площадь, м <sup>2</sup>	
Микрофильтры						
1	1,5	1,0	1	1	2	2,5
			2	2	4	5,0
			3	3	6	7,5
2	3,0	1,5	1	1,5	6	7,5
			2	3,0	12	15,9
			3	4,5	18	21,5
Барабанные сетки						
1	1,5	1,0	1	1	2,5	10,0
			2	2	5,0	20,0
			3	3	7,5	30,0
2	3,0	1,5	1	1,5	7,5	30,0
			2	3,0	15,0	60,0
			3	4,5	22,0	90,0

При оценке качества очистки воды на микрофильтрах следует учитывать, что при различных перепадах уровней воды во входной камере и внутри барабана степень очистки будет различной.

Фильтры с плавающей загрузкой представлены в многообразном исполнении. Принцип работы заключается в фильтровании воды через пенополистирольные зернистые загрузки в порядке убывающей крупности гранул.

Техническая характеристика фильтра с плавающей загрузкой приведена в таблице 3. Конструктивная схема фильтра с плавающей загрузкой представлена на рисунке 2.

Фильтры оборудуются манометрами, расходомерами, кранами для выпуска воздуха и отбора проб, люками и смотровыми стеклами. С помощью последних ведется наблюдение за процессом промывки.

Напорный фильтр с плавающей загрузкой разделен на три зоны загрузки. Нижняя сборная система может быть выполнена из стальных или полиэтиленовых дырчатых труб с диаметром отверстий 20 – 30 мм, направленных в сторону дна, или из бетонных и металлических дырчатых плит и блоков. Средняя дренажная система для отбора фильтрата из толщи загрузки состоит из фильтрующих элементов, заполненных трехслойной засыпкой из пенополистирольных гранул, подсоединенных к центральному коллектору. Число фильтрующих элементов и расстояние между ними устанавливается по гидравлическому расчету.

Таблица 3 - Техническая характеристика фильтра с плавающей загрузкой

Параметры	Количество
Тип фильтра	напорный
Средняя производительность, м <sup>3</sup> /ч	150
Диаметр фильтра, мм	3400
Высота рабочего слоя загрузки, мм	1500
Общая высота загрузки, мм	2000
Крупность гранул загрузки по зонам, мм:	
верхней	4-6
средней	2-4
нижней	1-2
Максимальное содержание взвеси в исходной воде, мг/л	500
Расход промывной воды, м <sup>3</sup> /ч	480
Продолжительность промывки, мин	3-5
Максимально-допустимое давление на входе в фильтр, МПа	0,6
Сумма потерь напора в фильтре в конце фильтроцикла, МПа	0,15
Продолжительность фильтроцикла не менее, ч	8
Масса фильтра без загрузки, кг	7765
Масса фильтра с загрузкой, кг	10365
Габаритные размеры, мм:	
высота	5410
длина по обвязке	6870
ширина	4000
Количество обслуживающего персонала, чел	1
Энергоемкость, кВт. ч/м <sup>3</sup>	-
Металлоемкость, кг/га	77

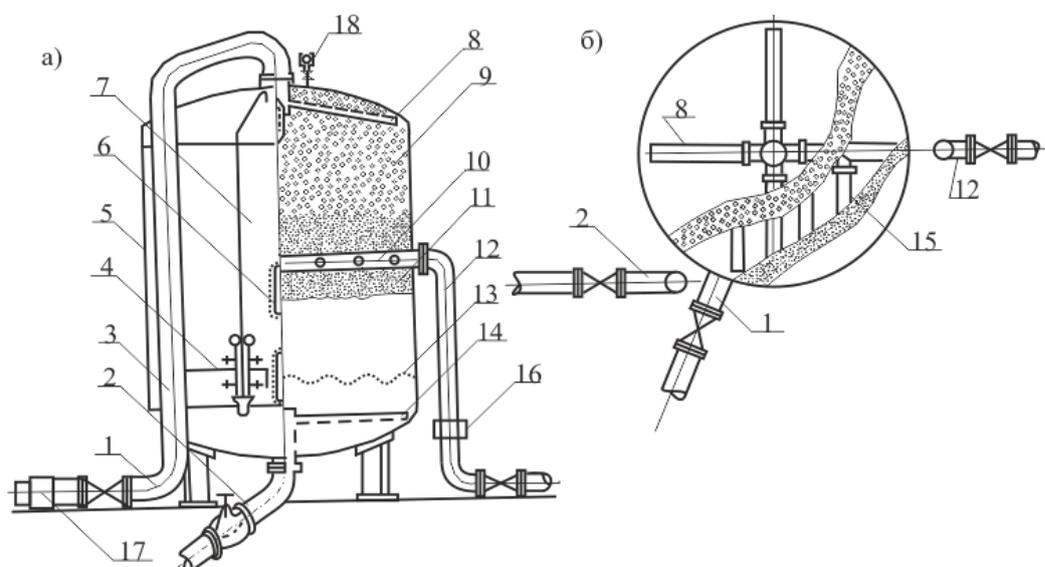


Рисунок 2 – Конструктивная схема фильтра с плавающей загрузкой большой грязеемкости - а) общий вид; б) план:

1 – трубопровод промывной воды; 2 – трубопровод исходной воды; 3 – манометры; 4 – люк; 5 – смотровое окно; 6 – корпус фильтра; 7 – воздухоотборник; 8 – верхняя распределительная система; 9 – рабочий слой фильтра; 10 – дренажная система; 11 – поддерживающий слой фильтра; 12 – трубопровод фильтрата; 13 – граница расширения загрузки фильтра при промывке; 14 – нижняя сборная система; 15 – дренажные трубы; 16 – улавливающее устройство; 17 – водомер; 18 – вантуз

Принцип работы фильтра с плавающей загрузкой заключается в следующем: исходная вода из регулирующего бассейна или водоисточника подается насосом по трубопроводу 2 в верхнюю распределительную систему 8. При движении сверху вниз через зернистый слой 9 вода освобождается от грубодисперсных и коллоидных загрязнений и посредством дренажной системы 10, размещенной в толще фильтрующей среды, и трубопровода 1 отводится под нужным напором потребителю (обычно  $H = 0,15-0,2$  МПа). По достижении предельных потерь напора в загрузке или по проскоку взвеси в фильтрат в количестве свыше допустимых значений, фильтр выводят на промывку. Для промывки плавающей загрузки достаточно открыть задвижку на трубопроводе 12. Под действием нисходящего потока исходной воды, поступающей из верхней распределительной системы, загрузка расширяется до определенной границы. Гранулы интенсивно перемешиваются, задержанные в загрузке загрязнения выносятся потоком воды по трубопроводу 1 в сбросной коллектор.

Интенсивность промывки назначается в пределах 12-15 л/см<sup>2</sup>, продолжительность – до 3-5 минут.

Эффект осветления в сильной степени зависит от дисперсности взвеси и толщины загрузки с диаметром гранул равным 0,8-1,0 мм и колеблется от 70-90% (при содержании в воде грубодисперсных взвесей) до 40-50% (при содержании в воде лишь тонкодисперсной взвеси).

Многообразие вариантов технологических схем и средств водоподготовки для систем капельного орошения требует точного подхода к выбору наиболее оптимального варианта компоновки состава сооружений для очистки воды на

основании характеристики качественного анализа водоисточника. Порядок степеней очистки должен обеспечить надежную и бесперебойную подачу очищенной от загрязнителей минерального и органического происхождения воды в водопроводящую сеть капельного орошения.

#### **Список использованных источников**

1. Лунева Е. Н., Лещенко А. А. Предложения по вопросам проектирования капельного орошения яблоневого сада // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России: Материалы науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), 07-24 ноября 2017 г., Вып. 15. Ч. 1 / Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ. – Новочеркасск: Лик, 2017. –331 с. ISBN 978-5-906993-15-1 (С. 108-119).
2. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84.
3. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации систем капельного орошения: ВТР-П-28-81: утв. М-вом мелиорации и вод. хоз-ва СССР 08.05.81. – М.: Минводхоз СССР, 1981. –180 с.
4. Новикова И.В. Средства и технологии водоподготовки для капельного орошения сельскохозяйственных угодий / И. В. Новикова, Е. Н. Лунева, А. В. Грицай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(35). – С. 1–17. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=615>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17.

#### **References**

1. Luneva E. N., Leshchenko A. A. Proposals on the design of drip irrigation of the Apple orchard // Melioration and water management. Ways to improve the efficiency and environmental safety of land reclamation in the South of Russia: Materials of scientific and practical conference. (Shumakovsky readings), November 07-24, 2017, Issue 15. Part 1 / Novochoerk. eng. - melior. in-t Donskoy GAU. - Novochoerkassk: Lik, 2017. -331 p. ISBN 978-5-906993-15-1 (P. 108-119).
2. SP 31.13330.2012 water Supply. Outdoor networks and structures. Updated version of SNiP 2.04.02-84.
3. Guidelines for the design, construction and operation of drip irrigation systems: VTR-P-28-81: approved. M-vom of land reclamation and water. farm of the USSR 08.05.81. - M.: Minvodfarm of the USSR, 1981. -180 p.
4. Novikova I. V. Means and technologies of water treatment for drip irrigation of agricultural lands / I. V. Novikova, E. N. Luneva, A.V. Gritsay // Scientific journal of the Russian research Institute of land reclamation problems [Electronic resource]. – 2019. – № 3(35). – P. 1-17. - access Mode: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=615>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17.

УДК 631.6:631.67:631.6.2:536.255

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.19.44.022

## **ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ НА РАСТЕНИЯ И КОРНЕОБИТАЕМЫЙ СЛОЙ ПОЧВЫ**

**Павлущенко В. А.**

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

*Аннотация.* Впервые выведено дифференциальное уравнение теплопереноса при мелиоративно-гидротехнических воздействиях на растения и корнеобитаемый слой почвы.