

УДК 631.6:631.67.03

DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17

И. В. Новикова, Е. Н. Лунева, А. В. Грицай

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Цель исследований – выбор оптимального варианта технологической схемы и состава параметров сооружений для очистки воды на основании анализа данных о качестве воды в источнике и требований, предъявляемых к качеству воды капельницами, при обязательной увязке производительности очистных сооружений с расчетным расходом воды оросительной системы. В ходе работы сформулированы требования к качеству оросительной воды в зависимости от характера истечения воды. Предлагаются схемы расположения очистных сооружений в системах капельного орошения. Даются рекомендации по выбору оптимального варианта схемы водоподготовки на системах капельного орошения в зависимости от качества исходной воды. При использовании для целей орошения водоисточников с высоким содержанием взвешенных веществ до 1000 мг/л необходима двухступенчатая очистка исходной воды. При требуемой производительности очистных сооружений до 3750 кубических метров в час рекомендуется принимать очистку с помощью барабанной сетки с размерами ячеек от 0,025 до 0,25 мм или напорных сетчатых фильтров с размерами ячеек от 0,2 до 2,5 мм плюс крупнозернистые фильтры. Производительность гидроциклонов вкуче с гравийно-кварцевыми фильтрами или фильтрами с плавающей загрузкой достигает 20 кубических метров в час при содержании взвешенных частиц в исходной воде до 300 мг/л. Рациональность применения конкретного комплекса сооружений зависит от технологической и экономической эффективности их работы на конкретной воде, от принятого типа капельниц оросительной системы, что требует тщательной проработки на стадии методологического проектирования.

Ключевые слова: качество оросительной воды, система капельного орошения, очистные сооружения, безреагентная очистка воды, двухступенчатая очистка, микрофильтр, фильтр с плавающей загрузкой.

I. V. Novikova, E. N. Luneva, A. V. Gritsay

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

WATER TREATMENT TECHNIQUES AND TECHNOLOGIES FOR DRIP IRRIGATION OF AGRICULTURAL LAND

The purpose of the research is to select the optimal variant of the technological scheme and structure of water purification facilities parameters based on data analysis of water quality in the water source and requirements of emitters for water quality with the obligatory linking the treatment plants capacity with design water discharge of the irrigation system. In the course research requirements for the irrigation water quality depending on the nature of the

water flow were formulated. The location plans of sewage treatment plants in drip irrigation systems are proposed. Recommendations on choosing the optimal variant of the water treatment scheme in drip irrigation systems depending on the quality of the source water are given. When using water sources with a high content of suspended solids up to 1000 mg/l for irrigation, a two-step purification of the source water is necessary. With the required capacity of sewage treatment plants up to 3750 cubic meters per hour, the treatment using a drum grid with cell sizes from 0.025 to 0.25 mm or pressure mesh screens with cell sizes from 0.2 to 2.5 mm plus coarse-grained filters is recommended. The performance of hydrocyclones, coupled with gravel-quartz filters or floating load filters reaches 20 cubic meters per hour when the content of suspended particles in the source water is up to 300 mg/l. The rationality of using a particular facilities complex depends on the technological and economic efficiency of their work on a specific water, on the type of drip irrigation system adopted, which requires careful study at the methodological design stage.

Key words: irrigation water quality, drip irrigation system, sewage treatment plants, non-reagent water treatment, two-stage purification, micro-filter, floating-load filter.

Введение. Система капельного орошения – мелиоративная система с оптимальными параметрами, обеспечивающая капельное орошение растений, гарантированное повышение продуктивности земельного участка и минимальный ущерб природе, а также имеющая надежное эколого-экономическое обоснование. Система капельного орошения включает биогенную и антропогенную составляющие [1]. При проектировании систем капельного орошения высокие требования предъявляются к степени очистки воды от физических, химических и биологических загрязнителей. Надежность работы систем капельного орошения снижается из-за засорения, трудностей с очисткой капельниц и наблюдаемого разрушения (по разным причинам) водоводов, а также биологического загрязнения воды в них биогенными элементами. У большинства капельниц-водовыпусков подача заданного расхода обеспечивается за счет малого диаметра выпускного отверстия и значительной протяженности канала гашения энергии водного потока. Такие микроводовыпуски-капельницы требуют тщательной очистки воды, которую осуществляют с помощью различных технических средств или их сочетания [2]. В связи с этим целью исследований является выбор оптимального варианта технологической схемы и состава параметров сооружений для очистки воды на основании анализа данных о качестве воды в источнике и требований, предъявляемых к качеству во-

ды капельницами, при обязательной увязке производительности очистных сооружений с расчетным расходом воды оросительной системы.

Материалы и методы. В состав инженерных сетей капельного орошения входит система песчано-гравийных, дисковых, сетчатых фильтров с ручным или автоматическим управлением их промывкой, выбираемых в зависимости от качества воды. Выбор водоисточника, типа водозаборного сооружения, схемы очистных сооружений и взаиморасположение перечисленных объектов проектирования должны осуществляться на основе технико-экономического сравнения вариантов и в соответствии с СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» [3].

Основные факторы, которые необходимо учитывать в технико-экономическом сравнении вариантов: удаленность источника от объекта орошения, качество и количество воды в сравниваемых водоисточниках, условия осуществления водозабора, площадь орошаемого участка и его конфигурация, плановое взаиморасположение элементов сети трубопроводов, возможность осуществления очистки воды для нескольких орошаемых участков на одном узле очистных сооружений, условия отвода промывных вод, величины приведенных капитальных вложений в строительство объектов узла сооружений в сравниваемых вариантах.

Определение расчетной производительности узла очистных сооружений $Q_{сут}$ ($\text{м}^3/\text{сут}$) следует производить по формуле [4]:

$$Q_{сут} = T \cdot Q_{пол} + Q_{соб.н.},$$

где T – продолжительность работы фильтра за сутки, ч;

$Q_{пол}$ – максимальный часовой расход на полив, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{соб.н.}$ – расход воды на собственные нужды узла очистных сооружений (на промывку сеток, зернистых загрузок, на мойку территории станции и пр.), $\text{м}^3/\text{сут}$, определяется по формуле:

$$Q_{соб.н.} = K \cdot Q_{пол},$$

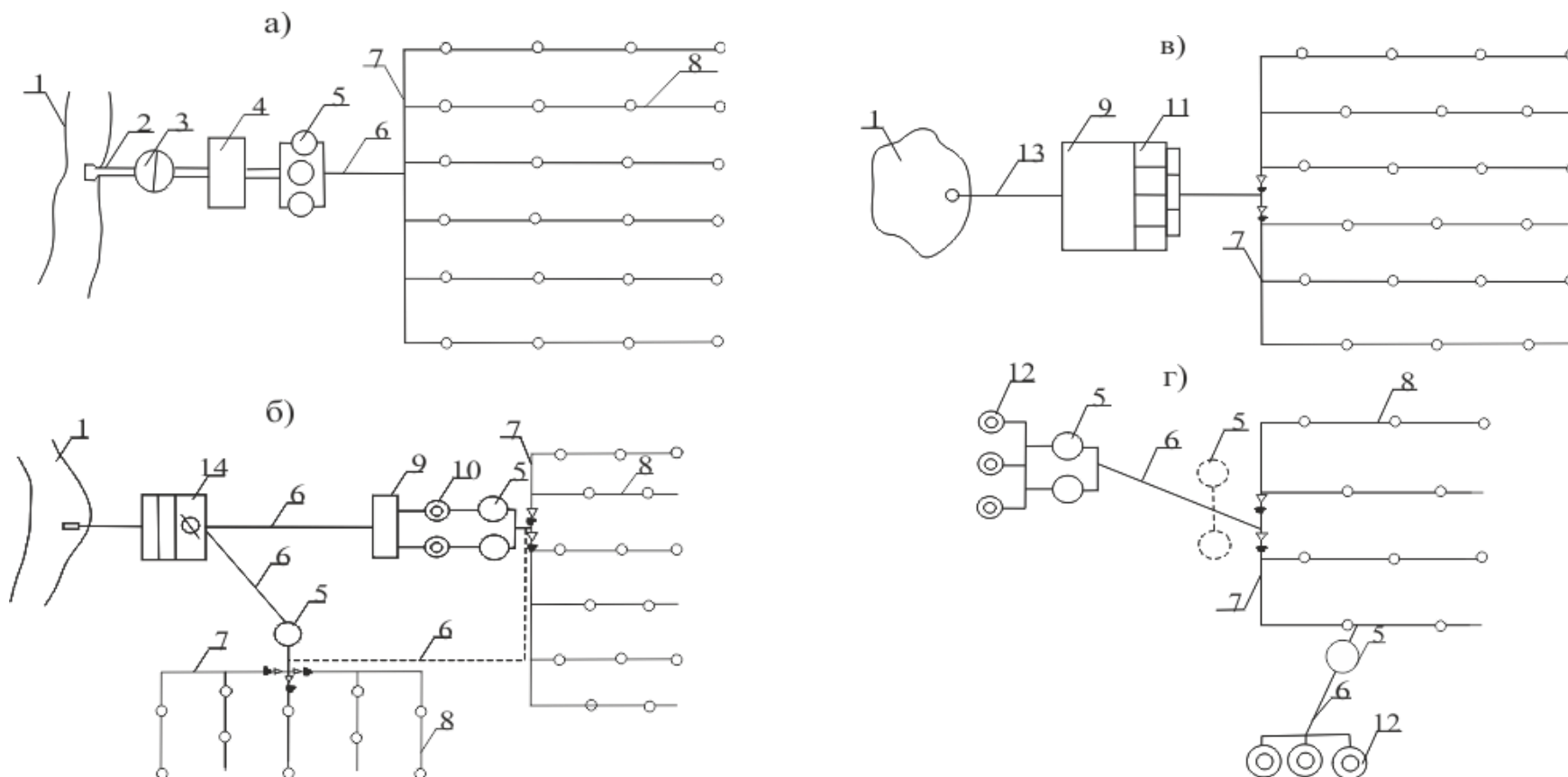
где K – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды узла очистных сооружений, в долях от количества воды, очищенной за время полезной работы узла в сутки, равный 0,01–0,03.

Результаты и обсуждение. 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 (Na_2CO_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 ее выше 3 г/л. Содержание в поливной воде двухвалентного железа не должно превышать 0,5 мг/л. Данные о допустимом содержании в воде взвешенных частиц приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к качеству оросительной воды в зависимости от характера истечения воды [4]

| Характер истечения воды | Размер наименьших водопропускных 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 |

Выбор технологической схемы и состава параметров сооружений для очистки должен производиться на основании анализа данных о качестве воды в источнике и требований, предъявляемых к качеству воды капельницами, при обязательной увязке производительности очистных сооружений с расчетным расходом воды оросительной системы. Примеры схем расположения очистных сооружений приведены на рисунке 1.



a – 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

Рисунок 1 – Схемы расположения очистных сооружений на системах капельного орошения

В зависимости от физико-химических свойств воды, поступающей в систему орошения, и требований к ее качеству потребителей могут применяться следующие сооружения очистки: бассейны-отстойники; сетчатые фильтры – для удаления из воды частиц песка и крупных частиц ила, а также для предупреждения попадания в трубопроводы крупных предметов; гидроциклоны – для удаления минеральных частиц, имеющих плотность больше плотности воды или примерно равную ей; микрофильтры и барабанные сетки – для удаления водорослей и грубодисперсных частиц взвеси; зернистые фильтры – для удаления мелко- и грубодисперсных частиц взвеси минерального и органического происхождения, а также для обезжелезивания исходной воды. При необходимости одновременного осуществления нескольких технических приемов очистки, например осветления воды и удаления водорослей, или при большом содержании взвешенных веществ и резких колебаниях их количества в исходной воде в течение поливного периода в состав станций водоподготовки могут включаться одновременно несколько типов очистных сооружений. Выбор очистных сооружений можно осуществлять, основываясь на данных таблицы 2.

Таблица 2 – Выбор состава очистных сооружений [4]

| Производительность сооружений, м ³ /ч | Условия применения | | | | Возможный вариант |
|--|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|--|
| | Качество исходной воды | | | | |
| | взвешенные вещества, мг/л | концентрация гидробионтов, мг/л | количество железа, мг/л | характеристика взвеси | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 23–1100 (НСФ) | < 50 | 20–50 (40–100 тыс. кл/мл) | – | Тонкодисперсная взвесь $d_{\phi} < 100$ мкм; водоросли $d_{\text{в}} = 0,1 \dots 0,2$ мм | Напорные сетчатые автоматически промывные фильтры (НСФ) либо микрофильтры с непрерывной промывкой фильтрующего полотна (МФ), размер ячеек сеток – от 20 до 40 мкм (МФ), 70–250 мкм (НСФ) |

Продолжение таблицы 2

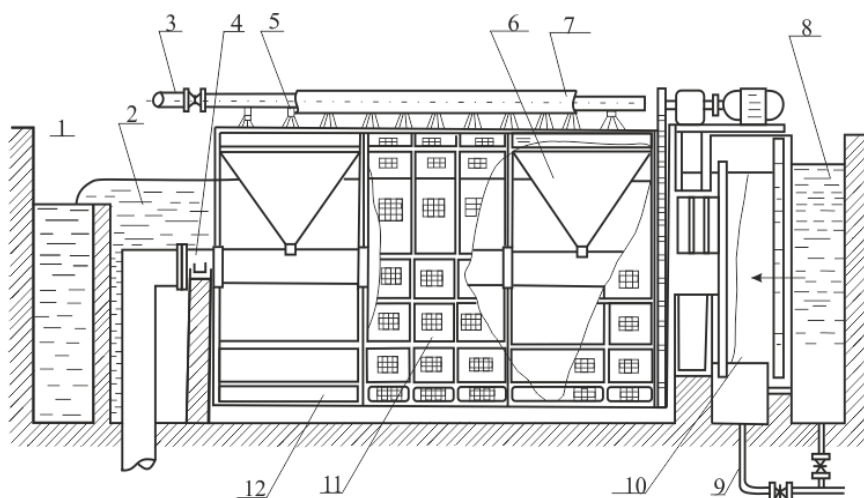
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------------------------------|--|-------|--|---|
| 100–896 (МФ) 416–3750 (БС) | 50–200 < 150 (КФ) | 5–20 10–20 тыс. кл/мл | – | Взвесь полидис- персная $d_{\phi} = 0,001 \dots 0,5$ мм; водоросли $d_b = 0,01 \dots 100$ мм | Микрофильтры, бара- банные сетки (БС) или напорные сетчатые фильтры + крупнозерни- стые кварцевые или гра- вийно-кварцевые филь- тры (ГКФ); 25–250 мкм (БС); 200–2500 (НСФ) |
| 10–20 (ГКФ) любая при ТЭО | 200–300 | < 100 кл/мл (ГКФ) < 1000 кл/мл | – | Взвесь полидис- персная $d = 0,01 \dots 0,5$ мм | Гидроциклоны + гра- вийно-кварцевые филь- тры или фильтры с пла- вающей загрузкой |
| Любая при ТЭО | 500– 1000 500 (ФПЗ) | – | – | Взвесь полидис- персная с плотно- стью частиц $\rho \geq 1,0$ г/см ³ , $d = 0,01 \dots 10$ мм | Гидроциклоны + гра- вийно-кварцевые филь- тры; гидроциклоны + фильтры с плавающей загрузкой; фильтры с плавающей загрузкой |
| Любая при ТЭО | 500– 1000 500 (ФПЗ) | > 1000 < 500 (ФПЗ) | 0,1–2 | Взвесь полидис- персная $d = 0,01 \dots 5,0$ мм | Ковши, бассейны отста- ивания, земляные и бе- тонные отстойники + гравийно-кварцевые фильтры; тонкослойные отстойники + зернистые фильтры; гидроцикло- ны + фильтры с плава- ющей загрузкой |
| 100 (ГКФ) любая ТЭО | – | – | 2–15 | Хлопья гидроокси- да железа после аэрации | Упрощенная или прину- дительная аэрация в бас- сейнах + фильтры с зер- нистой, песчаной или пенополистирольной за- грузкой |
| <p>Примечания</p> <p>1 При наличии в исходной воде карбонатных отложений, серо- и железобактерий необходимо производить обработку воды CuSO_4, Cl_2, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3, NaClO и различными кислотами.</p> <p>2 В каждом конкретном случае, в зависимости от физико-химических свойств воды и взвеси, эффект очистки должен уточняться экспериментальным путем для каждого водоисточника.</p> <p>3 Буквенное сочетание ТЭО обозначает понятие «технико-экономическое обоснование».</p> | | | | | |

Приведем краткую характеристику отдельных очистных сооружений из списка наиболее распространенных [5–8].

Сетчатые и пластинчатые фильтры снабжены механизмом промывки

обратным током воды, используются для удаления илистой фракции размером 10–100 мкм. В сетчатом фильтре очистка обеспечивается специальным патроном. Размер ячеек сетки подбирают в зависимости от заданной степени очистки. В пластинчатых фильтрах очистка обеспечивается подачей воды через щелевые зазоры плотно сжатого пакета пластин.

Разновидность сетчатых фильтров – микрофильтры, представляющие собой вращающиеся сетчатые барабаны, размещенные в бетонном или металлическом резервуаре (рисунки 2, 3).



- 1, 2 – канал и камера осветленной воды; 3 – трубопровод подачи воды на промывку; 4 – отвод промывной воды; 5 – гидравлические насадки; 6 – сборные желоба для приема грязной промывной воды; 7 – кожух; 8 – канал исходной воды; 9 – трубы для удаления осадков; 10 – входной канал; 11 – микросетки с размером ячеек 40–60 мм; 12 – каркас микрофильтра

Рисунок 2 – Конструктивная и монтажная схема микрофильтра



Рисунок 3 – Вариант производственной конструкции микрофильтра [9]

Исходная вода поступает внутрь барабана, фильтруется через сетки и отводится в резервуар или трубопровод чистой воды. Загрязненная сетка промывается в обратном направлении очищенной водой с помощью напорного трубопровода с насадками, расположенными под барабаном параллельно его горизонтальной оси. Промывная загрязненная вода собирается в лоток и отводится за пределы микрорельефа. С помощью электропривода барабан непрерывно вращается со скоростью 0,1–0,3 м/с.

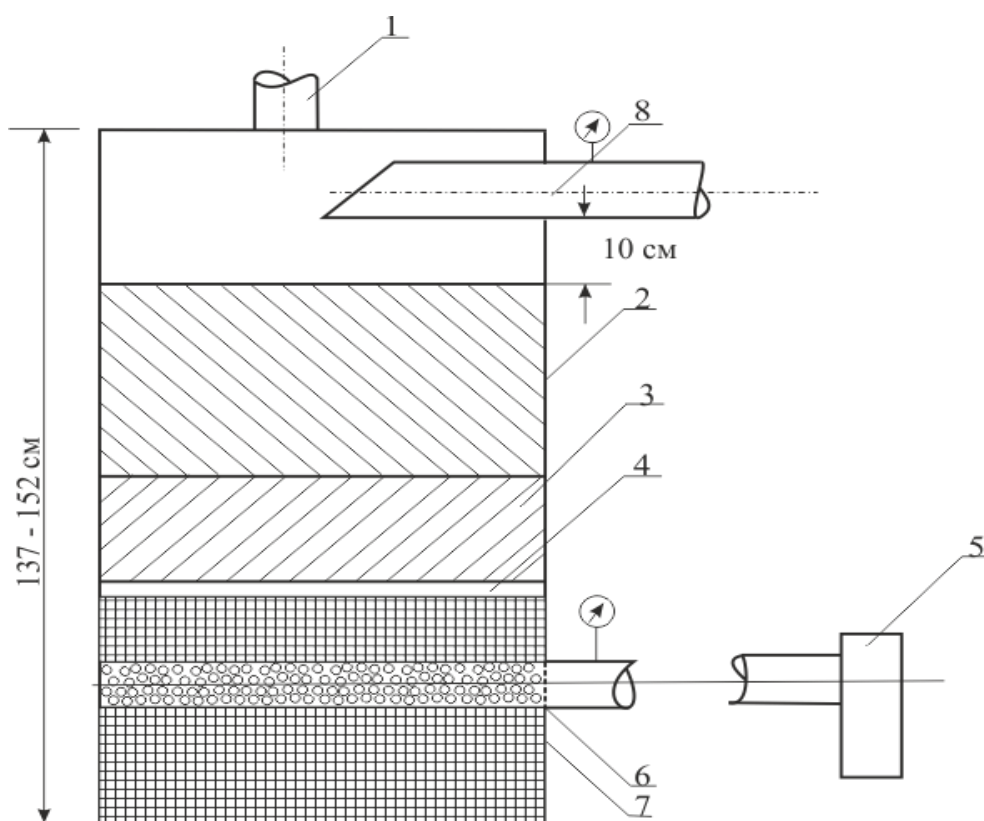
К недостаткам работы такого сооружения следует отнести: постоянные затраты электроэнергии на вращение барабана, неизменность размера ячеек сетки в свету (обычно 40×40) при изменяющейся дисперсности частиц взвеси в исходной воде, низкий эффект осветления воды от тонкодисперсной взвеси (порядка 30–50 %).

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.

Крупнозернистые фильтры предназначены для удаления из оросительной воды частиц взвеси диаметром 50–80 мкм. Обычно при очистке поверхностных вод устанавливают не менее двух последовательно соединенных песчано-гравийных фильтров с обратной промывкой (рисунок 4).

Мутная вода подается по трубе 8, фильтруется последовательно сверху вниз через слой щебня диаметром 1–3 мм, собирается перфорированной трубой 6 и через сетчатый фильтр 5 отводится в распределительную сеть. По мере загрязнения загрузки, о чем судят по приросту потерь напора в ней с помощью манометров, смонтированных на входной и выходной трубах, пропускная способность такого фильтра снижается. В зависимости от качества исходной воды и скорости фильтрования межрегенерационный период для щебеночно-гравийной или гравийно-песчаной загрузки составляет обычно не более 4–8 ч. Конструктивно фильтры выполнены в виде цилиндрических емкостей диаметром от 40 до 150 см и высо-

той до 2 м. Существенным недостатком таких фильтров является то, что фильтрование на них осуществляется в направлении возрастающей крупности гранул, это обуславливает быстрый рост потерь при очистке мутных вод. Вследствие этого они имеют ограниченные диапазоны по допустимой скорости фильтрования (до 10–15 м/ч), мутности исходной воды (не более 100–150 мг/л) и фитопланктону (не более 100 клеток/мл).



1 – выпускное отверстие для обратной промывки; 2, 3 – гравий;
4 – разделяющая сетка; 5 – сетчатый фильтр; 6 – перфорированный
выпускной трубопровод; 7 – щебень размером до 2 мм; 8 – трубопровод

Рисунок 4 – Гравийно-щебеночный напорный фильтр

Для их регенерации обратным током требуется продолжительная промывка (до 7–10 мин с интенсивностью до 20 л/см²), что вызывает необходимость иметь насосы более мощные, чем требующиеся для подачи поливного расхода воды к капельницам.

На системах капельного орошения садов и виноградников при соответствующем качестве исходной воды и технико-экономическом обосновании могут применяться напорные и открытые крупнозернистые филь-

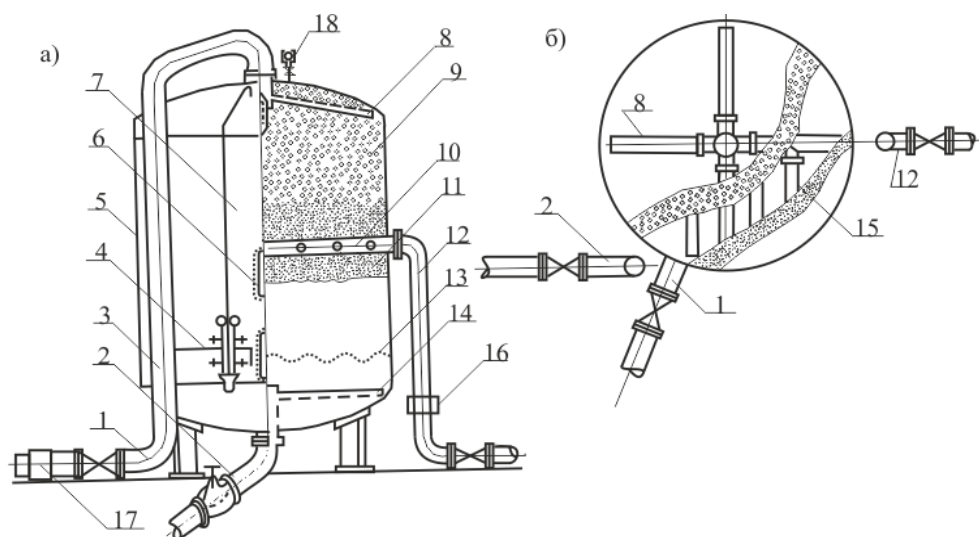
тры [10]. Напорные фильтры рассчитывают на предельную величину потерь напора в загрузке и дренаже до 0,15 МПа. Характеристика загрузки и основные параметры работы наиболее рациональных крупнозернистых фильтров приведены в таблице 3 [4].

Таблица 3 – Основные характеристики крупнозернистых фильтров

| Тип фильтра и вид фильтрующего материала | Диаметр зерен загрузки, мм | Допустимое содержание взвеси в исходной воде, мг/л | Высота слоя загрузки, м | Скорость фильтрация, м/ч | Интенсивность промывки, л/см ² | | Потери напора в загрузке, м |
|--|----------------------------|--|-------------------------|--------------------------|---|-----------|-----------------------------|
| | | | | | водяной | воздушной | |
| Скорый однослойный, кварцевый песок | 1,6–2,5 | 150 | 2,5–3,0 | 13–15 | 6–8 | 18–25 | 15 |
| Напорный фильтр | 1,1–2,0 | 150 | 1,3–2,0 | 20–25 | 18 | – | 10–12 |
| Дробленый керамзит | 1,6–3,0 | 300 | 2,0 | 20–25 | 23 | – | 10–12 |
| По типу контактного осветлителя, безнапорный кварцевый песок | 0,7–1,1 | 150 | 1,5–2,0 | 10–12 | 2,5–3,0 | 15–20 | 3,0 |

Основным условием, ограничивающим область применения крупнозернистых, кварцевых или гравийно-кварцевых фильтров, является их недостаточно высокая скорость фильтрации, требуемая большая толщина загрузки и сложность регенерации загрузки. Интенсифицировать работу крупнозернистых фильтров можно путем применения высокопористых фильтрующих материалов с хорошо развитой поверхностью. К таким материалам относятся дробленый керамзит, горелые породы, вулканические шлаки. Очистка воды на крупнозернистых гравийно-кварцевых фильтрах для систем капельного орошения может быть технически и экономически целесообразной при площадях орошения до 500 га и содержании взвеси в исходной воде не более 100–1500 мг/л.

Конструктивная схема фильтра с плавающей загрузкой представлена на рисунке 5.



a – 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

Рисунок 5 – Конструктивная схема фильтра с плавающей загрузкой большой грязеемкости

Принцип работы фильтров с плавающей загрузкой основан на фильтровании воды через пенополистирольные зернистые загрузки в направлении убывающей крупности гранул.

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 днища, 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 и подсоединенных к центральному коллектору. Число фильтрующих элементов и расстояние между ними устанавливается по гидравлическому расчету.

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 $H = 0,15 \dots 0,2$ МПа). По достижении предельных потерь напора в загрузке или при проскоке 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/см², продолжительность – до 3–5 мин.

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).

Выводы. При небольших участках орошения (на площади до 15–100 га) и заборах воды из водохранилищ, в которых наблюдается незначительное цветение при исходной мутности воды не более 10–50 мг/л, узел водоочистки может включать фильтры-сетки с двумя типоразмерами сеток (1 × 1; 0,05 × 0,05 мм). Сетки должны автоматически промываться обратным током воды при достижении заданного перепада давлений на них, фиксирующих степень загрязнения.

При водозаборе из водохранилищ, озер и других открытых водоемов

с интенсивным цветением воды оправданной может быть схема, при которой вода сначала предварительно хлорируется или обрабатывается медным купоросом, а затем поступает на микрофильтры и после них насосами подкачки подается в сеть. При этом иногда целесообразным может быть предварительное хлорирование воды в подводящем канале.

Использование для целей орошения водоисточников с высоким содержанием взвешенных веществ в исходной воде (оросительные каналы, реки) вызывает необходимость двухступенчатой очистки. В качестве первой ступени могут быть использованы сетки, отстойники, микрофильтры и гидроциклоны. Последние рационально применять для удаления минеральных частиц, имеющих плотность больше плотности воды. В качестве сооружений глубокой доочистки воды применяют двухслойные гравийно-песчаные зернистые фильтры.

Такие схемы очистки оросительной воды более дорогостоящие по сравнению с одноступенчатыми. Вместе с тем они обеспечивают более высокое качество оросительной воды и способствуют повышению надежности работы капельниц и поливных трубопроводов в заданных режимах.

При капельном орошении на больших площадях (500 га и больше) рациональным представляется применение для предварительной очистки от фитопланктона и взвешенных веществ микрофильтров с использованием барабанных металлических сеток с площадью отверстий до 0,025 мм².

В системах капельного орошения должны найти широкое применение в первую очередь сооружения безреагентной очистки воды, несложные по конструкции и изготовлению, обеспечивающие требуемое качество очищенной воды. К таким сооружениям и устройствам относятся отстойники, гидроциклоны, сетчатые фильтры, смонтированные на трубопроводах с помощью монтажных вставок, микрофильтры и барабанные сетки, зернистые фильтры. Рациональная область применения каждого из этих сооружений зависит от технологической и экономической эффективности

их работы на конкретной воде, от принятого типа капельниц оросительной системы.

Список использованных источников

1 Батищев, И. В. Расчет оросительной нормы кукурузы на зерно при капельном способе полива / И. В. Батищев, Е. Н. Лунева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 61–77. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec546-field6.pdf.

2 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. – 200 с.

3 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СП 31.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84: утв. Минрегионом России 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. – М.: Минрегион России, 2012. – 123 с.

4 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.

5 Гусев, С. С. Водоподготовка на объектах агропромышленного комплекса / С. С. Гусев, Е. А. Улюкина, Л. Л. Михальский // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». – 2012. – № 3(54). – С. 19–22.

6 Требования к качеству воды для целей водопользования в агропромышленном комплексе / С. Д. Исаева, Е. В. Овчинникова, Н. С. Быстрицкая, Т. В. Наумова, И. Г. Бондарик // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: материалы юбилейн. междунар. науч.-практ. конф. / ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова». – М.: ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2014. – С. 344–350.

7 Петроченко, А. В. Инновационные решения подготовки воды в системах сельскохозяйственного водоснабжения и капельного орошения / А. В. Петроченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3(63). – С. 142–150.

8 Якубов, В. В. Технология комплексной очистки поливной воды при ресурсосберегающих способах полива сельскохозяйственных культур / В. В. Якубов, М. П. Мещеряков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2(26). – С. 211–215.

9 Промышленные дисковые микрофилтры «ФДО» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tekonet.ru/fdo>, 2019.

10 Лунева, Е. Н. Предложения по вопросам проектирования капельного орошения яблоневого сада / Е. Н. Лунева, А. А. Лещенко // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России: материалы науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т Донского ГАУ, 7–24 нояб. 2017 г. – Новочеркасск: Лик, 2017. – Вып. 15, ч. 1. – С. 108–119.

References

1 Batishchev I.V., Luneva E.N., 2018. [Calculation of grain maize irrigation rate under drip irrigation]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(30), pp. 61-77, available: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec546-field6.pdf. (In Russian).

2 Vasil'ev S.M., Korzhova T.V., Shkura V.N., 2017. *Tekhnicheskie sredstva kapel'nogo orosheniya: ucheb. posobie* [Technical Means of Drip Irrigation: studies manual]. Novocherkassk, RosNIIPM Publ., 200 p. (In Russian).

3 *Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya: SP 31.13330. Aktualizirovannaya redakciya SNIp 2.04.02-84* [Water Supply. External Networks and Facilities: SP 31.13330. Updated version of SNIp 2.04.02-84]. Ministry of Regional Development of Russia, 2012, 123 p. (In Russian).

4 *Rukovodstvo po proektirovaniyu, stroitel'stvu i ekspluatatsii sistem kapel'nogo orosheniya: VTR-P-28-81* [Guidelines for the Design, Construction and Operation of Drip Irrigation Systems: VTR-P-28-81]. Ministry of Land Reclamation and Water Management of the USSR. Moscow, Minvodkhoz USSR, 1981, 180 p. (In Russian).

5 Gusev S.S., Ulyukina E.A., Mikhalsky L.L., 2012. *Vodopodgotovka na ob"ektakh agropromyshlennogo kompleksa* [Water treatment at the agro-industrial complex facilities]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet im. V. P. Goryachkina»* [Bull. of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin”], no. 3(54), pp. 19-22. (In Russian).

6 Isaeva S.D., Ovchinnikova E.V., Bystritskaya N.S., Naumova T.V., Bondarik I.G., 2014. *Trebovaniya k kachestvu vody dlya tseley vodopol'zovaniya v agropromyshlennom komplekse* [Requirements for water quality for water use in the agro-industrial complex]. *Kompleksnye melioratsii – sredstvo povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh zemel': materialy yubileyной mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Complex Reclamation – a Means of Increasing Agricultural Lands Productivity: Proceed. of Jubilee International Scientific-Practical Conference FSBI “VNIIGiM named after A.N. Kostyakov”]. Moscow, VNIIA named after D.N. Pryanishnikov, pp. 344-350. (In Russian).

7 Petrochenko A.V., 2016. *Innovatsionnye resheniya podgotovki vody v sistemakh sel'skokhozyaystvennogo vodosnabzheniya i kapel'nogo orosheniya* [Innovative solutions for water treatment in agricultural water supply systems and drip irrigation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(63), pp. 142-150. (In Russian).

8 Yakubov V.V., Meshcheryakov M.P., 2012. *Tekhnologiya kompleksnoy ochistki polivnoy vody pri resursoberegayushchikh sposobakh poliva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Technology of complex treatment of irrigation water with resource-saving methods of irrigating crops]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 2(26), pp. 211-215. (In Russian).

9 *Promyshlennye diskovye mikrofil'try «FDO»* [Industrial Disc Microfilters “FDO”]. available: <http://tekonet.ru/fdo>, 2019. (In Russian).

10 Luneva E.N., Leschenko A.A., 2017. *Predlozheniya po voprosam proektirovaniya kapel'nogo orosheniya yablonevogo sada* [Proposals for the design of drip irrigation of apple orchards]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. Puti povysheniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti melioratsiy zemel' Yuga Rossii: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Shumakovskie chteniya)* [Irrigation and Water Management. Ways of Improving the Efficiency and Environmental Safety of Land Reclamation in Southern Russia: Proceed. of Scientific-Practical Conference (Shumakov Readings)]. Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute Don State Agrarian University. Novochoerkassk, Lick Publ., vol. 15, part 1, pp. 108-119. (In Russian).

Новикова Инна Викторовна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Ученое звание: доцент

Должность: доцент

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Корту-

нова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрной академии»
Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428
E-mail: in.nowickowa2012@yandex.ru

Novikova Inna Viktorovna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Title: Associate Professor

Position: Associate Professor

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: in.nowickowa2012@yandex.ru

Лунева Елена Николаевна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Ученое звание: доцент

Должность: доцент кафедры мелиорации земель

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрной академии»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: hizz90@yandex.ru

Luneva Elena Nikolaevna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Title: Associate Professor

Position: Associate Professor of the Department of land Reclamation

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: hizz90@yandex.ru

Грицай Анастасия Валерьевна

Должность: магистрант

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрной академии»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: gritsaianastasi@yandex.ru

Gritsay Anastasia Valerievna

Position: Master student

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: gritsaianastasi@yandex.ru