

## АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 621.928.3:631.674.6

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ СО СТАЛЬНЫМИ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ

**А.Е. Новиков**<sup>1,2,3</sup>, кандидат технических наук  
**С.Д. Фомин**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент  
**М.И. Ламскова**<sup>2</sup>, аспирант  
**М.И. Филимонов**<sup>2</sup>, аспирант

<sup>1</sup>Волгоградский государственный аграрный университет  
<sup>2</sup>Волгоградский государственный технический университет  
<sup>3</sup>Всероссийский НИИ орошаемого земледелия

В работе исследованы качественные показатели поливной воды используемой в системах малообъёмного орошения основных источников Волгоградской области. Большинство показателей не соответствует нормативным документам. Для повышения эффективности функционирования систем локального орошения со стальными магистральными трубопроводами, а также оптимизации узла водоподготовки предлагается использовать гидроциклон с трубофильтром.

**Ключевые слова:** качество воды, открытые водоисточники, водоочистка, гидроциклон, трубофильтр, системы локального орошения, надёжность работы.

Выполнение целевых индикаторов стратегии по повышению эффективности функционирования АПК и устойчивого развития сельских территорий Волгоградской области в сложных почвенно-климатических условиях не возможно без проведения оросительных, в комплексе с другими видами, мелиораций. Последовательное наращивание фонда орошаемых земель возможно за счёт их реконструкции и нового строительства, при этом необходимо ориентироваться на создание ирригационных систем нового поколения с ресурсосберегающими технологиями и способами полива [6].

Современные системы и способы локального орошения (например, капельный полив) обеспечивают экономное расходование водных ресурсов, минимизируют вероятность развития ирригационно-эрозионных почвенных процессов, способствуют устойчивому получению сельхозпродукции. Надёжность функционирования этого сложного инженерно-технического комплекса в большей степени зависит от качественных показателей воды, а соответственно от эффективности техники и технологии водоподготовки в системе [8, 3].

Для оценки поливной воды используются агроэкологические – выявляют степень её воздействия на окружающую среду, а также на продуктивность и качество получаемой сельхозпродукции – и технические критерии.

Технические критерии отвечают за сохранность и долговечность работы ирригационной системы, их можно разделить на три основные группы (табл. 1):

- физические (взвешенные и минеральные вещества органической и неорганической природы – остатки растений, ил, песок и прочее);
- химические (растворённые в воде органические и неорганические вещества, способные выпадать в осадок);
- биологические (водоросли и бактерии).

Таблица 1 – Технические критерии, определяющие вероятность отказа элементов систем малообъёмного орошения

Показатель	Степень риска засорения		
	низкая	средняя	высокая
Физические, мг/л			
Растворённые вещества	до 500	500-2000	более 2000
Взвешенные примеси	до 50	50-100	более 100
Химические, мг/л (кроме pH)			
pH	6,0-7,0	7,0-8,0	более 8,0
Mn	до 0,1	0,1-1,5	более 1,5
Fe	до 0,1	0,1-1,5	более 1,5
H <sub>2</sub> S	до 0,5	0,5-2,0	более 2,0
Биологические, шт./л			
Популяций бактерий	до 10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -5·10 <sup>7</sup>	более 5·10 <sup>7</sup>

Учитывая тот факт, что качество вод открытых природных источников в абсолютном своём большинстве из-за различного рода антропогенного воздействия не соответствует приведённым выше критериям [4], нами было проведено исследование качественных показателей водных ресурсов Волгоградской области на предмет возможного их использования в системах малообъёмного орошения (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели качества воды поверхностных источников Волгоградской области

Показатель \ Источник	Норматив [5]	Цимлянское водохранилище	Волго-Донской судоходный канал	Варваровское водохранилище	р. Волга (г. Камышин)
Водородный показатель, ед. pH	6,0-9,0	8,4	8,2	8,2	8,3
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	31,2	18,6	2,2	8,5
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	1000	458	846	688	446
Щёлочность общая, ммоль /дм <sup>3</sup>	не норм.	3,7	3,3	3,3	2,0
Жёсткость общая, °Ж	7,0	4,9	6,3	5,1	3,4
Кальций, мг/дм <sup>3</sup>	–	45,2	62,6	52,4	40,2
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,6	0,4	0,2	0,3
Марганец, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,2	0,2	< 0,05	0,1
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	350	67	145	99	57

Следует отметить, что выбор показателей обусловлен степенью их влияния, как на агроэкологические критерии оценки воды, так и на надёжность работы самой системы орошения. В качестве источников природной воды выбраны водные объекты Волгоградской области – Цимлянское и Варваровское водохранилища (Калачёвский район), Волго-Донской судоходный канал (шлюз 4-5), р. Волга (г. Камышин). Водные ресурсы рассматриваемых объектов активно используются для систем городского водоснабжения, в промышленности и в сельском хозяйстве.

Пробы отбирались в течение небольшого промежутка времени – была осуществлена одномоментная мониторинговая гидрохимическая съёмка, что позволяет интерпретировать полученные результаты в едином временном срезе. Пробы отбирались в 3-х кратной повторности.

Все анализы были проведены по природно-нормативным документам для определения соответствующих показателей с помощью титриметрического, фотометриче-

ского и потенциометрического методов определения содержания различных соединений и ионов в воде [1].

Таким образом, по ряду критериев (табл. 2) качество воды основных поверхностных источников Волгоградской области не соответствует приведённым нормативным требованиям. В связи с чем, необходимым условием надёжной эксплуатации малообъёмных локальных систем орошения и соблюдения агроэкологических показателей при проведении поливов сельхозкультур является правильно подобранные и эффективные в каждом конкретном случае узлы водоочистки и водоподготовки.

Широкое распространение получили фильтры грубой и тонкой очистки, которые могут работать в ручном и автоматическом режимах промывания. Однако для достижения требуемой степени очистки необходима установка каскада фильтров, что приводит к удорожанию стадии водоподготовки и повышению трудоёмкости обслуживания. Реагентные технологии применяются крайне редко, это связано с возможностью химического загрязнения окружающей среды.

Вторичное загрязнение поливной воды нерастворимыми примесями (окалина) происходит во время её транспортировки по разводящей оросительной сети. Построенная более 30 лет назад сеть из стальных труб без внутреннего покрытия за длительный период эксплуатации в значительной степени пострадала от коррозии. Присутствие окислы в поливной воде (гидроокись железа) значительно сокращает срок службы фильтров.

К выбору существующего оборудования для очистки и подготовки воды или при разработке нового, необходимо подходить с позиции энерго- и ресурсосбережения. Высокая интенсивность протекания процессов разделения неоднородных жидких систем обеспечивается в аппаратах, использующие принцип разделения в поле центробежных сил. Особое место среди таких аппаратов занимают гидроциклоны, в частности напорные. Они просты в изготовлении, надёжны и удобны в эксплуатации, компактны, обладают высокой производительностью и гибкостью в управлении. Основной задачей гидроциклонов является выделение из водных растворов тяжёлых грубодисперсных примесей.

Несмотря на указанные преимущества, в большинстве случаев перед гидроциклонами ставится задача в удалении не только грубодисперсных примесей, но и мельчайших взвесей. Для достижения этого результата прибегают к последовательной установке каскадов гидроциклонов различных типоразмеров, что сказывается на компактности узлов водоподготовки и стоимости системы орошения.

Для повышения качества водоочистки и оптимизации конструктивного оформления узлов водоподготовки разработана установка гидроциклонного типа для очистки воды от грубых и мелких примесей [7].

Установка может работать в двух режимах: фильтрация подводящей воды и промывка обратным потоком воды фильтрующего элемента. Вода по входному патрубку по касательной поступает в гидроциклон, поток в аппарате закручивается и тяжёлые фракции, ударяясь о стенку, по наклонной части гидроциклона опускаются и удаляются из нижней части аппарата. Далее вода, проходя через боковые поверхности конического трубофильтра, очищается от мелких фракций и поступает в патрубок отвода очищенной воды.

В режиме промывки вода поступает в трубофильтр, проходя через его поры, вымывает растворённые вещества и взвеси и направляет их в камеру сбора примесей.

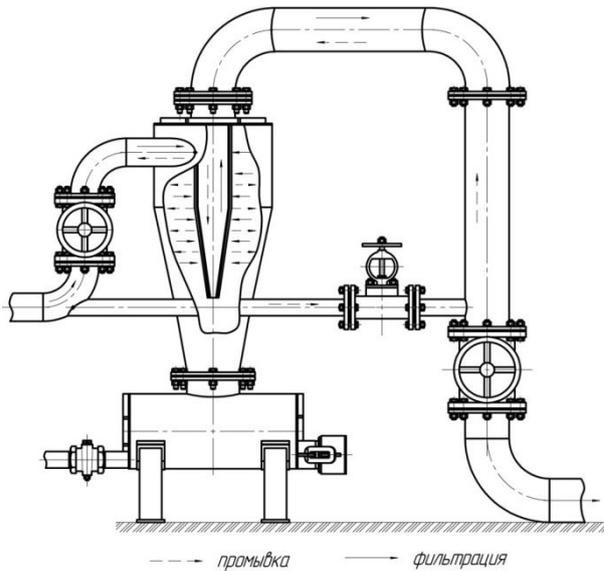


Рисунок 1 – Установка для грубой и тонкой очистки поливной воды



Рисунок 2 – Установка очистки воды для систем капельного орошения

Экспериментальные исследования устройства очистки воды в системе капельного орошения проводились на Волго-Донском стационаре. Забор воды в распределительную систему трубопроводов посредством насосной станции проводился из Варваровского водохранилища. Гидроциклон был установлен на нисходящем потоке компенсатора, давление в компенсаторе 0,4-0,5 МПа. Давление на входе в гидроциклон регулировалось задвижкой (рис. 2) и контролировалось манометром, который был установлен на промежуточной патрубке между задвижкой и гидроциклоном.

В таблице 3 приведены показатели работы гидроциклона с трубофильтром. Пробы воды отбирались до и после гидроциклона, температура воды на момент отбора составляла  $\approx 20$  °С.

Таблица 3 – Органолептические показатели воды

Показатель	Норматив по ГОСТ 2874-82	Проба до гидроциклона	Проба после гидроциклона
Взвешенные вещества, мг/л	–	12,6	4,1
Мутность воды, ЕМФ	2,6-3,5	8,0	3,4
Цветность воды, градусы	20-35	28,2	22,0
Гидроокись железа $Fe(OH)_3$ , мг/л	не более 0,3	0,688	0,286
Окись железа $Fe_2O_3$ , мг/л	не более 0,3	0,240	0,125

Из таблицы 3 следует, что качественные показатели воды на выходе из гидроциклона соответствуют ГОСТ [2]:

- 1) количество взвешенных веществ за счёт центробежного поля в аппарате уменьшилось более чем в 3 раза; мутность воды – в 2,5 раза;
- 2) концентрации окисей и гидроокисей железа не превышают уровня ПДК;
- 3) цветность воды уменьшилась более чем на 28 %.

В заключении можно добавить, что на протяжении всего периода исследования установки водоочистки, нарушений в её работоспособности не отмечено, что подтверждает надёжность аппаратов такого типа. Применение гидроциклонов с оптимизированными параметрами позволяет повысить показатели эффективности и надёжности

работы систем локального орошения.

### Библиографический список

1. ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения [Текст]. – Утв. Государственным комитетом СССР по охране природы 10.12.1990; введ. впервые 01.07.1991. – М.: Государственный комитет СССР по охране природы, 1991. – 10с.
2. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества [Текст] . – Утв. Госстандартом России 17.12.1998; введ. впервые 01.07.1999. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 15 с.
3. Новиков, А.Е. Разработка и экспериментальное исследование установки для гидромеханической очистки воды [Текст]/ А.Е. Новиков, Г.И. Первакова, Н.А. Безроднов // Известия ВолгГТУ. Серия «Реология, процессы и аппараты химической технологии». – 2013. – №1. – С. 65-67.
4. Новиков, А.Е. Проблемы качества поливной воды и водоочистки для систем капельного орошения [Текст] / Новиков А.Е., Ламскова М.И. // Актуальные проблемы развития агропромышленного комплекса Прикаспийского региона: матер. междунар. науч.-практ. конф., 22-24 мая 2013 г. / КалмГУ. – Элиста, 2013. – С. 132-134.
5. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества [Текст] .
6. Овчинников, А.С. Стратегия комплексного развития сельских территорий и эффективного функционирования АПК Волгоградской области в условиях ВТО [Текст]/ А.С. Овчинников, Н.Н. Балашова, Н.В. Иванова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2014. – №1. – С. 16-20.
7. Устройство водоочистки [Текст] : заявка на патент РФ № 2014106379. / А.Е. Новиков, М.И. Ламскова, М.И. Филимонов [и др.]; заявитель и патентообладатель Волгоградский государственный аграрный университет. – Заявл. 20.02.2014.
8. Якубов, В.В. Технология комплексной очистки поливной воды при ресурсосберегающих способах полива сельскохозяйственных культур [Текст]/ В.В. Якубов, М.П. Мещеряков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №2. – С. 211-215.

**E-mail:** [novikov-ae@mail.ru](mailto:novikov-ae@mail.ru)