

Усовершенствованные схемы реагентного осветления воды

*А.С. Сасиков, Ж.Х. Шогенова, Е.А. Кушаева, Амшоков Б.Х., Ахматова Т.И.,
Анахаев А.А.*

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, Нальчик

Аннотация: При строительстве станций, подготовка воды в групповых водопроводах превышает 15...30 % стоимости всей системы и напрямую зависит от технологической схемы, на выбор которой влияют, в свою очередь, качество воды в источнике и производительность станции. В крупных групповых водопроводах обычно используются воды поверхностных источников, которые необходимо осветлять, обесцвечивать, дезодорировать, обеззараживать.

Ключевые слова: водопровод, реагент, мутность, фильтрационный поток, надежность, безотказность, осадок, технологические схемы, капиталовложения, фильтр.

Затраты на строительство станций подготовки воды в сельскохозяйственных групповых водопроводах составляют 15...30 % стоимости всей системы. Как правило, это разовые капиталовложения. Величина их зависит от технологической схемы, на выбор которой влияют, в свою очередь, качество воды в источнике и производительность станции. В крупных групповых водопроводах обычно используются воды поверхностных источников, которые необходимо осветлять, обесцвечивать, дезодорировать, обеззараживать. От начала строительства станции до времени её пуска, качество воды источника иногда меняется, принятое оборудование может морально устареть, а технологическая схема оказывается малопригодной. Тем более, что уже сейчас имеется тенденция к повышению требований к качеству очищенной воды. Следует учитывать также, что в сельской местности испытывают постоянный дефицит реагентов для станций подготовки воды, отсутствуют запасные части к оборудованию, низка квалификация обслуживающего персонала. Все это требует разработки новых технологических схем, конструктивно надежных, гибких и простых — как в строительстве, так и в эксплуатации.

Гибкость схем обычно обеспечивается включением и отключением отдельных сооружений, использованием набора и сочетания различных реагентов и флокулянтов. Для подготовки воды питьевого качества можно рекомендовать несколько технологических схем (рис.1) [1-3]. Схему «а» можно использовать при производительности станции свыше 30 тыс. м³/сут, мутности исходной воды до 150 мг/л и цветности до 250°. При отсутствии запаха и привкуса в исходной воде, ее подают в смеситель, минуя контактную камеру для дезодорации. Аэрирование воды в смесителе сокращает расход коагулянта на 15...20 %. Обесцвечивание цветных и высокоцветных вод осуществляется в контактной камере хлопьеобразования, загруженной плавающим пенопластом из полистирола марок ПСБ и ПСВ. Замена ее камерой со слоем взвешенного осадка позволяет очищать воду мутностью до 1500 мг/л. При малой мутности или цветности исходной воды ее подают из смесителя непосредственно на фильтр с плавающей пенополистирольной загрузкой и восходящим фильтрационным потоком.

Схему «б» можно использовать для очистки мутных вод с содержанием взвешенных веществ до 1500 мг/л. Вода высокой мутности, смешанная с коагулянтами, подается в нижнюю часть фильтра 15, где образуется слой взвешенного осадка [4]. Этот слой удаляет основную массу взвешенных веществ из исходной воды, а окончательное осветление ее достигается в плавающей пенополистирольной загрузке. Слой взвешенного осадка, имеющий высоту в начальный период фильтрования 0,5...0,7 м, постепенно увеличивает свою мощность. Когда верхняя кромка осадка достигает пенополистирольной загрузки, фильтр выводят на промывку. При невысокой мутности воду из смесителя выводят непосредственно под плавающую загрузку специальной дренажной системой (позиция 16).

Схема «в» рекомендуется для осветления и обесцвечивания вод средней цветности и мутностью до 120 мг/л. Для удаления запахов и

привкусов искусственных и естественных, над слоем плавающей загрузки укладывают слой гранулированного угля марки АГ-3.

Для станции небольшой производительности можно использовать компактные установки [5]. Вода из смесителя поступает в них на тонкослойные модули в подфильтровой части пенополистирольного фильтра с наклонным корпусом. При содержании взвешенных веществ в исходной воде до 400 мг/л возможно применение одноступенчатой реагентной схемы с основным сооружением в виде пенополистирольно-кварцевого фильтра. В таком фильтре с наклонной или зигзагообразной перегородкой достигается компактное сочетание пенополистирола и кварцевого песка.

Во всех изложенных схемах используются фильтры с плавающей загрузкой из вспененных гранул полистирола марки ПСВс [6]. Для увеличения ее грязеемкости можно использовать крупногранульную однородную, двухслойную или двухъярусную каркасно-засыпную загрузку. При эксплуатации таких фильтров не нужны промывные насосы и емкости, сокращается количество обслуживающей арматуры и протяженность трубопроводов, число операций перевода фильтров в режим фильтрования или промывки, а также расход воды на промывку и соответственно объем промывных вод [7]. Апробация в производственных условиях показывает, что эти схемы обеспечивают сокращение строительных и эксплуатационных затрат на 20...30 %.

Величину надежности или безотказной работы станции подготовки воды можно определить, в соответствии с теорией надежности, из выражения [4,5]:

$$F = \sum_{i=1}^n C_n^i f^i (1 - f)^{n-i} \quad (1)$$

где n — общее число однотипных сооружений; i — число их, находящихся на восстановлении; C — коэффициент; f — надежность одного сооружения.

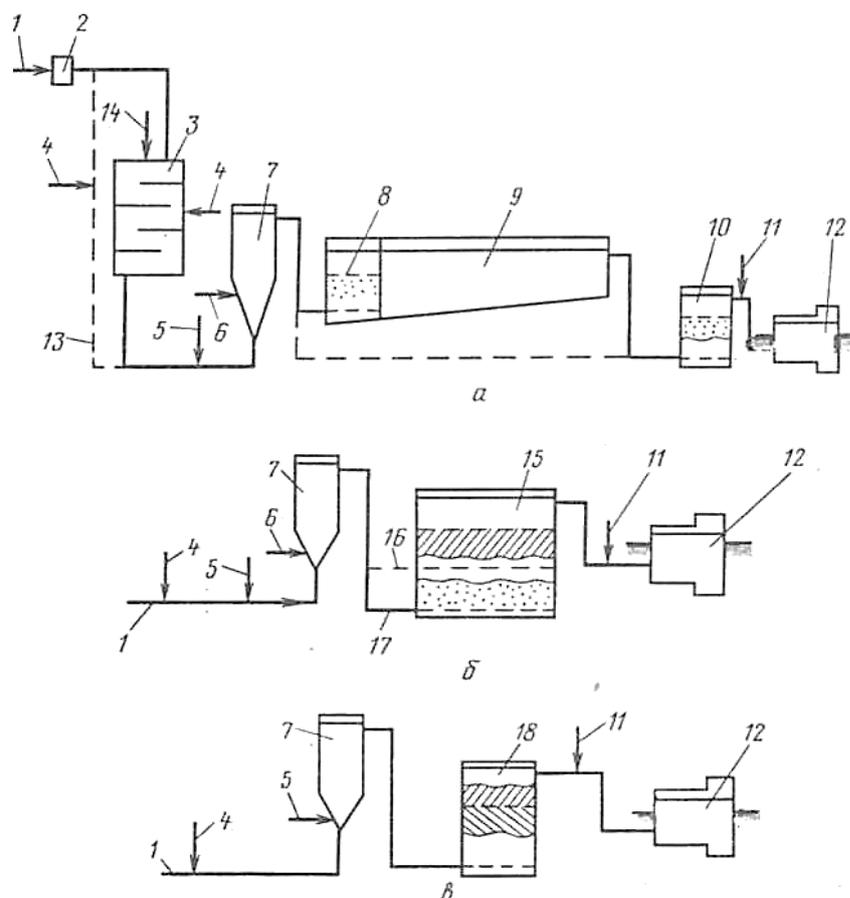


Рис. 1. – Технологические схемы очистки воды:

а — с горизонтальным отстойником; б — с пенополистирольным фильтром и растущим слоем взвешенного осадка; в — с пенополистирольно-угольным фильтром; 1—подача исходной воды; 2 — микрофильтр или барабанные сетки; 3 — контактная камера для дезодорации воды; 4 — первичное хлорирование; 5 — ввод коагулянта; 6 — ввод воздуха; 7 — смеситель; 8 — контактная камера хлопьеобразования; 9 — горизонтальный отстойник; 10 — пенополистирольный фильтр; 11 — вторичное хлорирование; 12 — резервуар чистой воды; 13 — обводные линии; 14 — подача угля; 15 — пенополистирольный фильтр с растущим слоем взвешенного осадка; 16 — подача на фильтр воды малой мутности; 17 — подача воды высокой мутности; 18 — пенополистирольно-угольный фильтр.

Вероятность безотказной работы станции с четырьмя однотипными сооружениями (отстойниками, осветителями, фильтрами) при отказе одного из них $F = 0,998$, двух — $0,97$, трех — $0,82$. На станции с пятью такими сооружениями при отказе одного из них $F = 0,9997$, двух — $0,99$, трех — $0,94$.

Следовательно, чем больше на станции однотипных сооружений и меньше число их отказов, тем надежнее работа конструктивных элементов [8]. Существенно влияет на вероятность безотказной работы надежность одного однотипного сооружения — f .

Каждое однотипное сооружение на водоочистой станции можно рассматривать как нерезервированную систему, для которой:

$$f = \prod_{i=1}^n f_i \quad (2)$$

где f_i — надежность работы каждого элемента. В соответствии с [4,5] значение

$$f_i = 1 - e^{-\lambda t} \quad (3)$$

где t — время наработки на отказ; λ — интенсивность отказов, или среднее число отказов в единицу времени.

Для определения λ необходимо на основании статистических данных определить время T между отказами. Наиболее просто равенство (2) решается при условии однотипных элементов или одинаковых f_i .

Заключительным в любой технологической схеме является фильтровальное сооружение (фильтр, контактный осветлитель), наиболее сложное по конструкции и технологическим требованиям к нему. В фильтровальных сооружениях можно выделить следующие с одинаковой надежностью ($f_i = 0,99$) элементы: фильтрующую загрузку, поддерживающие слои, промывные устройства, верхнюю и нижнюю дренажные системы, подачу исходной и отвод фильтрованной воды, подачу воды для промывки и отвод промывной воды. Наличие всех этих элементов дает $f = 0,9125$. Отказ в

фильтровальных сооружениях от поддерживающих слоев [9] с переходом на нижнюю дренажную систему из колпачков или пористого бетона позволяет уменьшить число расчетных элементов на единицу и повысить надежность до 0,9227. В фильтрах с плавающей пенополистирольной загрузкой [10] можно использовать лишь пять элементов: фильтрующую загрузку, верхнюю и нижнюю дренажные системы, подачу исходной и отвод промывной воды. Надежность их работы оценивается в 0,951.

Выводы

1. Можно оценить и все другие сооружения водоочистной станции: сокращение числа конструктивных элементов в сооружении повышает его надежность. При этом незначительное понижение надежности каждого элемента в гораздо большей степени снижает надежность всего сооружения.

2. В технологических схемах целесообразно использовать пенополистирольные фильтры.

Литература

1. Фрог Б.Н., Первов А.Г. Водоподготовка. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. 512 с.

2. Орлов В. О., Шевчук Б. И. Интенсификация работы водоочистных сооружений. Киев: Будивельник, 1989. 128 с.

3. Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения. М.: Стройиздат, 1984, 216 с.

4. Ионин А. А. Надежность систем тепловых сетей. М.: Стройиздат, 1989. 268 с.

5. Петренко С.Е. Параметры надежности эксплуатации насосных станций и мероприятия по их повышению. Инженерный вестник Дона, 2010, №4. – URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/256

6. Singer P.C. Control of disinfection by-products in drinking water // J. of Environmental Engineering, 1994. V. 120, No. 4. pp. 727-744.

7. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М. Стройиздат, 1986, 320 с.

8. Серпокрылов Н.С., Кожин С.В., Тайвер Е.А. Очистка сточных вод бассейнов для содержания ластоногих до норм оборотного водоснабжения Инженерный вестник Дона, 2011, №1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/380

9. Будлей В.Р. Моделирование гидромелиоративных систем. Киев. Наукова Дума, 1975, 195 с.

10. Panser Curtis C, Komanowsky M., Senske G.E. Improved performance in combined nitrification - denitrification of tannery waste // J. Water Pol. Con. Fed., 1981, 53, 9. pp. 1434-1439.

References

1. Frog B.N., Pervov A.G. Vodopodgotovka [Water treatment]. М.: Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2014. 512 p.

2. Orlov V. O., Shevchuk B. I. Intensifikacija raboty vodoochistnyh sooruzhenij [Intensification of the work of water treatment facilities]. Kiev: Budivel'nik, 1989. 128 p.

3. Abramov N.N. Nadezhnost' sistem vodosnabzhenija [Reliability of water supply systems]. М.: Strojizdat, 1984, 216 p.

4. Ionin A. A. Nadezhnost' sistem teplovyh setej [Reliability of heat network systems]. М.: Strojizdat, 1989. 268 p.

5. Petrenko S.E. Inzhenernyj vestnik Dona, 2010, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/256

6. Singer P.C. Control of disinfection by-products in drinking water. J. of Environmental Engineering, 1994. V. 120, No. 4. pp. 727-744.



7. Karelin V.Ja., Minaev A.V. Nasosy i nasosnye stancii. [Pumps and pumping stations]. M. Strojizdat, 1986. 320 p.

8. Serpokylov N.S., Kozhin S.V., Tajver E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/380

9. Budlej V.R. Modelirovanie gidromeliorativnyh system [Modeling of irrigation and drainage systems]. Kiev: Naukova Duma, 1975, 195 p.

10. Panser Curtis C, Komanowsky M., Senske G.E. Improved performance in combined nitrification - denitrification of tannery waste. J.Water Pol. Con. Fed., 1981, 53, 9. pp. 1434-1439.