

2. Светлейшая Е.М., Митченко Т.Е., Стендер П.В. Особенности применения ультрафильтрации для очистки вод поверхностных источников // *Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XXI веке: Технологии. Проектные решения. Эксплуатация станций (IWA)*, 2-4 июня 2010 г., г. Москва: сб. докл. [электронный ресурс]. – М., ЗАО «Фирма СИБИКО Интернешнл», 2010.
3. Парилова О.Ф. Ультрафильтрация в сравнении с традиционной технологией предочистки // *Водоочистка*. – 2012. – № 9. – С. 27-30.
4. Пат. 2282489 РФ, МПК В01D 63/04. Очистка фильтра на основе полых волокон с фронтальным режимом работы. – № 2003120087/26; заявл. 04.12.2001; опубл. 13.06.2002, 2002.
5. Эпоян С.М. Изучение направлений снижения эксплуатационных затрат при применении мембранной ультрафильтрации / С.М. Эпоян, А.С. Карагяур, И.Ю. Штонда // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: VIII міжнар. наук.-практ. конф., 10-14 вересня 2012 р., м. Алушта, АР Крим: зб. наук. статей в 2 т. – УкрНДІЕП. – Харьков: Райдер, 2012. – Т.1. – С. 302-306.*
6. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. – 711 с.
7. Жужиков В.А. Фильтрация [4-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Химия, 1980. – 400с.
8. Эпоян С.М., Карагяур А.С., Штонда И.Ю. Изучение направлений снижения эксплуатационных затрат при применении мембранной ультрафильтрации // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: VIII міжнар. наук.-практ. конф., 10-14 вересня 2012 р., м. Алушта, АР Крим: зб. наук. статей в 2 т. – УкрНДІЕП. – Харьков: Райдер, 2012. – Т.1. – С. 302-306.*

УДК 628.16

Волков В.Н.

Коммунальное предприятие «Харьковводоканал»

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Введение. Качество поверхностных вод на Украине, которые являются источниками водоснабжения многих населенных пунктов, в последнее время интенсивно ухудшается. Это связано с изменением климата, зарегулированностью водоемов, сбросом недостаточно очищенных сточных вод, поступлением загрязнений с ливневыми стоками. С другой стороны, ужесточаются требования к питьевой воде, остро стоит вопрос о сокращении эксплуатационных затрат, в результате – технологические схемы и сооружения водоподготовки требуют усовершенствования.

На большинстве станций очистки для получения воды высокого качества применяются фильтровальные сооружения [1,2]. Фильтры являются наиболее дорогими и сложными в эксплуатации сооружениями, поэтому повышение эффективности их работы с помощью конструктивных и технологических усовершенствований оказы-

вает значительное влияние на стоимость подготовки воды в целом. Это обуславливает актуальность проблемы и необходимость повышения эффективности очистки воды с помощью фильтровальных сооружений.

В процессе фильтрования количество осадка, задерживаемого в порах фильтрующей загрузки, постепенно возрастает. В результате растут потери напора, увеличивается вероятность прорыва загрязнений в фильтрат. Фильтрующую загрузку необходимо регенерировать. Обычно регенерацию загрузки осуществляют периодически путем ее промывки водой или водовоздушной смесью [3]. В результате образуется значительное количество промывных вод, с подготовкой, подачей и обработкой которых связаны основные затраты при эксплуатации фильтровальных сооружений.

Отключение фильтра на регенерацию происходит при выполнении одного из

условий: качество фильтрата снижается ниже допустимого уровня (происходит проскок загрязнений в очищенную воду) или потери напора достигают предельных значений. Время работы фильтра в режиме фильтрования до выполнения первого условия называется временем защитного действия $T_з$, второго условия – временем достижения потерь напора предельных значений T_n . Работа фильтра считается оптимальной, когда $T_з \approx T_n$. В практических условиях из соображений санитарной надежности принимают такой режим, при котором $T_з > T_n$.

При очистке воды в фильтрах с однородной загрузкой загрязнения накапливаются в первых по направлению фильтрования (верхних) слоях. Потери напора растут и достигают предельных значений раньше, чем происходит ухудшение качества отфильтрованной воды ($T_з \gg T_n$). Фильтр необходимо отключать на промывку. При этом грязеемкость нижних слоев остается неисчерпанной [3].

Цель и задачи. Целью исследований является анализ существующих способов повышения грязеемкости фильтровальных сооружений и обоснование новых более совершенных методов.

Результаты исследований

Анализ научных публикаций, посвященных повышению эффективности работы фильтровальных сооружений, позволил выделить основные способы повышения их грязеемкости [4, 5].

1. Фильтрование в направлении убывающей крупности зерен.

Загрязнения глубже проникают в слой, в очистке принимают участие и нижние слои, степень использования грязеемкости фильтрующей загрузки возрастает ($T_з \rightarrow T_n$). Данный способ при фильтровании сверху вниз достигается при применении фильтрующих материалов различной плотности, возрастающей по направлению фильтрования, и различной крупности зерен, убывающей в том же направлении [2, 6]. Этот технический прием применяется в двухслойных антрацитокварцевых или керамзитокварцевых фильтрах.

Недостатками данных сооружений являются значительное расширение загрузки верхнего менее плотного слоя при промывке, перемешивание слоев при водовоздушной и пульсирующей промывке, постепенное перемешивание слоев при длительной эксплуатации в результате водной промывки, недостаточная механическая прочность фильтрующего материала верхнего слоя, в результате значительное снижение пористости с течением времени.

Другим приемом реализации фильтрования в направлении убывающей крупности зерен является организация восходящего потока. По такой схеме происходит очистка воды в контактных осветлителях [2, 7]. Возможно применение тяжелых загрузок, для которых степень расширения при промывке меньше, что приводит к более высоким значениям «истинных» локальных скоростей и лучшей кинетике отрыва частиц взвеси. На контактных осветлителях возможна очистка воды мутностью на порядок выше, чем на скорых фильтрах. С другой стороны недостатком таких сооружений является опасность взвешивания загрузки в режиме фильтрования и проскока загрязнений в очищенную воду, поэтому скорость фильтрования принимают в контактных осветлителях несколько меньшей, чем в скорых фильтрах [5].

Фильтрование с убывающей крупностью зерен успешно реализуется в многоступенчатых фильтрах [8]. При многоступенчатом фильтровании слои различной крупности загружены каждый в свой корпус, причем на первой ступени крупность максимальна, на последней – минимальна.

Многоступенчатое фильтрование дает возможность применять различные технологические приемы, повышающие эффективность очистки и сокращающие эксплуатационные затраты: промежуточное введение реагента [8], перемешивание промежуточного фильтрата [9], неполная регенерация зернистой загрузки [10], применение более эффективных фильтрующих материалов, эксплуатация фильтров в проточно-циклическом режиме [11].

Недостатками многоступенчатого фильтрования являются увеличение количества сооружений, усложнение конструкции.

2. Фильтрование с убывающей скоростью [4, 5].

При таком способе очистки из-за более высокой скорости в первых слоях фильтрации загрязнения проникают глубже в загрузку, степень использования ее грязеемкости возрастает. Данный способ реализуется, если площадь поперечного сечения сооружения увеличивается по направлению фильтрования.

Применение такого способа целесообразно при совмещении, например, вертикального отстойника и фильтра [4], а также при фильтровании от центра цилиндрического сооружения к периферии (радиальные фильтры).

Для фильтров с вертикальным направлением фильтрования фильтрование с убывающей скоростью приводит к нерациональному использованию занимаемого сооружением пространства.

3. Применение фильтрующих материалов с высокой пористостью и развитой поверхностью [4, 5]. К таким материалам относятся керамзит, вулканические туфы, шлаки, аглопорит, гранодиорит, цеолит и др.

Следует отметить, что применение некоторых из перечисленных материалов в качестве загрузки первого слоя для фильтров с нисходящим потоком фильтрования невозможно по причине высокой плотности, т.к. при промывке произойдет перемешивание.

4. Фильтрование с уменьшающейся во времени скоростью [4, 12].

При постоянной скорости фильтрования «истинная скорость» (скорость в поровом пространстве) со временем возрастает из-за сужения сечения каналов между зернами загрузки частицами взвеси. Повышается в сравнении с переменной скоростью вероятность отрыва уже задержанных загрязнений. При переменной скорости фильтрования увеличивается продолжительность фильтроцикла и производительность фильтра. К недостаткам данного способа можно отнести опасность проскока взвеси вначале фильтроцикла при

максимальной скорости фильтрации, а на станциях небольшой производительности необходимо увеличение регулирующих емкостей из-за колебания расхода.

5. Многопоточное фильтрование [4, 13].

Наиболее часто применяется двухпоточное фильтрование (фильтры АКХ, ДДФ). Очищаемая вода фильтруется одновременно сверху и снизу и отводится дренажом, расположенным в толще загрузки. Таким образом, степень использования грязеемкости фильтрующей загрузки более полная. Недостатками этих сооружений являются несовершенство дренажа, расположенного в толще мелкозернистой загрузки (возможна кольматация и вынос зерен загрузки в фильтрат), а также сложность конструкции и эксплуатации [4].

6. Фильтрование и промывка осуществляются в перпендикулярных направлениях [14, 15].

При этом устраняется перемешивание слоев при промывке, возможен более широкий выбор материала фильтрующей загрузки. Данный вид фильтрования реализуется либо в радиальных фильтрах [14], либо в фильтрах с изменяющейся шириной [15] и с затворами между секциями.

Недостатками данных сооружений в первом случае является невозможность обеспечения равномерной промывки: вода движется по пути наименьшего сопротивления в сторону загрузки с большей крупностью зерен. Это приводит к неудовлетворительному качеству регенерации фильтра и повышенным расходам промывной воды. Во втором случае затворы и каналы между секциями с разной фильтрующей загрузкой усложняют конструкцию и эксплуатацию сооружения, часть загрузки из-за снижения уровня воды по причине потерь напора не участвует в процессе очистки.

Анализ существующих способов повышения грязеемкости фильтровальных сооружений показывает, что наиболее выгодным с точки зрения простоты конструкции и эксплуатации является применение двухслойных фильтров при условии устранения описанных недостатков, связанных с перемешиванием загрузки при промывке.

В последнее время появилось большое количество пористых полимерных материалов, которые широко используются на очистных сооружениях различного типа, в том числе в дренажных системах фильтровальных сооружений. Данные конструкции представляется возможным использовать не только для равномерного распределения промывной воды и отсеечения частичек фильтрующей загрузки, но и в качестве устройства доочистки (рис. 1). Это дает возможность или уменьшить толщину слоя фильтрующей загрузки из зернистого материала, или применить засыпку с большей крупностью зерен.

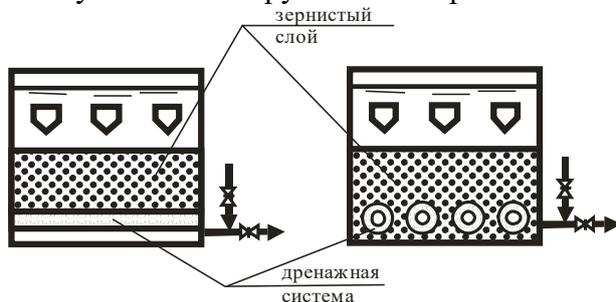


Рис. 1 Применение дренажных систем для доочистки в фильтровальных сооружениях

Пористые полимерные материалы в сравнении с зернистой загрузкой имеют следующие преимущества:

- бóльшая пористость;
- устойчивость к истиранию;
- невозможность перемешивания с зернами верхнего слоя и выноса элементов загрузки при промывке;
- возможность изготовления конструкций с переменным размером пор по направлению фильтрации.

Однако для обоснования целесообразности применения дренажных систем из пористых полимерных материалов в качестве устройств предочистки необходимы дополнительные исследования, направленные на изучение:

- зависимости сопротивления от толщины слоя и размеров пор, а также характера фильтрования (плоское или радиальное);

- динамики прироста потерь напора в процессе фильтрования;
- характера накопления загрязнений в порах фильтрующего материала дренажной системы и на его поверхности;
- особенностей промывки дренажных систем, особенно от накоплений трудноудаляемых примесей;
- возможности применения при математическом моделировании подходов и зависимостей, полученных для зернистых сред;
- рациональных параметров последовательного фильтрования через зернистый слой и слой пористого полимерного материала.

Решение данных вопросов позволит увеличить фильтроцикл фильтровальных сооружений и сократить количество промывной воды.

Выводы. Рассмотрены и проанализированы основные способы повышения грязеемкости фильтровальных сооружений, что позволило предварительно рассмотреть возможность повышения эффективности обработки воды на зернистых фильтрах с помощью дренажных систем, выполненных из пористых полимерных материалов. Сформулированы основные задачи, необходимые для обоснования предложенного решения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ДБН В.2.5-74-2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К. : Мінрегіон України, 2013. – 172 с.
2. Епоян С.М., Колотило В.Д., Друшляк О.Г. та ін. Водопостачання та очистка природних вод: [навч. посібник]. – Харків: Фактор, 2010. – 192 с.
3. Грабовский П.А., Ларкина Г.М., Прогульный В.И. Промывка водоочистных фильтров. – Одесса: Оптимум, 2012. – 240 с.
4. Василенко А.А., Грабовский П.А., Ларкина Г.М. и др. Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения: [учебное пособие]. – Киев - Одесса: КНУСА, ОГАСА, 2007. – 307 с.
5. Куликов Н.И., Найманов А.Я., Омельченко Н.П., Чернышев В.Н. Теоретические

- основы очистки воды: [учебное пособие]. – Донецк: Ноулидж, 2009. – 298 с.
6. Орлов В. О. Водоочисні фільтри з зернистою засипкою. – Рівне: НУВГП, 2005. – 163 с.
 7. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. [учеб. пособие]. – 3-е изд., доп. и перераб. – Т.2. Очистка и кондиционирование природных вод. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 552 с.
 8. Кульский Л.А., Ярошевская Н.В., Шевчук Е.А. Повышение задерживающей способности фильтров в двухступенных схемах фильтрования // Химия и технология воды. – 1991. – Т. 13. – № 3. – С. 239-241.
 9. Шевчук Е.А., Мамченко А.В., Жужиков В.Л. Интенсификация процесса многоступенчатого фильтрования за счет перемешивания промежуточного фильтрата // Проблемы водопостачання, водовідведення та гідраліки. – К.: КНУБА, 2007. – Вип. 9. – С. 11-17.
 10. Ярошевская Н.В., Шевчук Е.А., Кульский Л.А. Целесообразность неполной регенерации зернистой загрузки при двухступенчатом фильтровании // Химия и технология воды. – 1987. – Т. 9. – № 6. – С. 549-551.
 11. Шевчук Е.А., Дейнега Ю.Ф. Исследование технологических и электрокинетических свойств нового фильтрующего материала // Вопросы химии и химической технологии. – 1999. – № 1. – С. 377-379.
 12. Гурінчик Н. О. Моделювання та розрахунки очищення води фільтруванням зі швидкістю, що спадає: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.04 «Водопостачання, каналізація». – Одеса, 2010. – 22 с.
 13. А. с. 1789245 СССР, МКИ В 01 D 24/08. Двухступенчатый двухпоточный фильтр / М. Н. Швецов; заявитель Хабаровский политехн. инст. – № 4764774/26; заявл. 04.12.1989; опубл. 23.01.1993. – Бюл. № 3.
 14. А. с. 1297889 СССР, МКИ В 01 D 23/10. Радиальный фильтр / [Н. В. Ярошевская, Т. С. Серая, О. Г. Швиденко, Л. А. Кульский] заявитель Инстит. коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского. – № 3750826/23-26; заявл. 06.06.1984; опубл. 23.03.1987. – Бюл. № 11.
 15. Паболков В.В. Удосконалення роботи швидких фільтрів водоочисних споруд при підготовці питної води: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.04 «Водопостачання, каналізація». – Харків: ХНУБА, 2015. – 20с.

УДК 628.16.066.1

Сыроватский А.А., Гайдучок А.Г.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ МАЛОМУТНЫХ ЦВЕТНЫХ ВОД

Постановка проблемы и ее актуальность - Постоянно растущий дефицит качественных водных ресурсов для питьевого водоснабжения, повышение требований к качеству воды и невысокая эффективность очистки в существующих сооружениях обуславливают поиск и внедрение новых перспективных сооружений и методов для очистки поверхностных вод. Поверхностные источники питьевой воды в Украине в настоящее время в большинстве зарегулированы. В связи с этим, содержание взвешенных веществ в них даже в паводок редко превышает 50 мг/л. Вместе с тем растущие антропогенные воздействия обуславливают повышение цветности вод

этих объектов до 50 градусов по платиново-кобальтовой шкале и более. Примеси, которые содержатся в таких водах, согласно классификации Л.А. Кульского, относятся ко второй группе. Это коллоидные растворы и высокомолекулярные соединения со степенью дисперсности 10^{-5} - 10^{-6} см (минеральные и органико-минеральные частицы почвы, коллоидные соединения железа, а также гумус - продукт биохимического разложения растительных и животных остатков) [1]. Гумусовые вещества, относящиеся ко второй группе примесей, представлены гуминовыми и фульвокислотами, которые и обуславливают