

Тагибаев Д.Д.

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДВУХСТУПЕНЧАТЫМ ФИЛЬТРОВАНИЕМ

D.D. Tagibaev

WATER TREATMENT TECHNOLOGY IS A TWO-STAGE FILTRATION

УДК:623/02

В статье для подготовка питьевой воды рассмотрена технология двухступенчатого фильтрования.

In an article for the preparation of drinking water considers the technology of two-stage filtration.

Допустимая для надежной работы контактных осветлителей грязевая нагрузка ограничена, что достаточно часто не позволяет эффективно использовать их в течение длительного периода повышенной мутности и цветности воды.

В 1970-х годах в НИИ КВОВ была разработана технологическая схема очистки воды двухступенчатым фильтрованием, которая позволяет использовать преимущества контактного осветления воды при повышенных грязевых нагрузках на очистные сооружения [1,2]. Принципиальная схема очистки воды двухступенчатым фильтрованием представлена на рис.1. В этой схеме водоподготовки контактная коагуляция воды используется на первой ступени очистки, для реализации которой применяются контактные префильтры. Контактные префильтры, в отличие от других видов фильтровальных сооружений, работают за пределами защитного действия фильтрующего слоя в режиме максимального насыщения порового пространства взвесью. По своему конструктивному оформлению контактные префильтры идентичны высокогрязеемким контактным осветлителям с водовоздушной промывкой типа КО-3. Доведение воды до питьевого качества в схеме двухступенчатого фильтрования осуществляется как и в традиционных схемах очистки воды на скорых фильтрах.

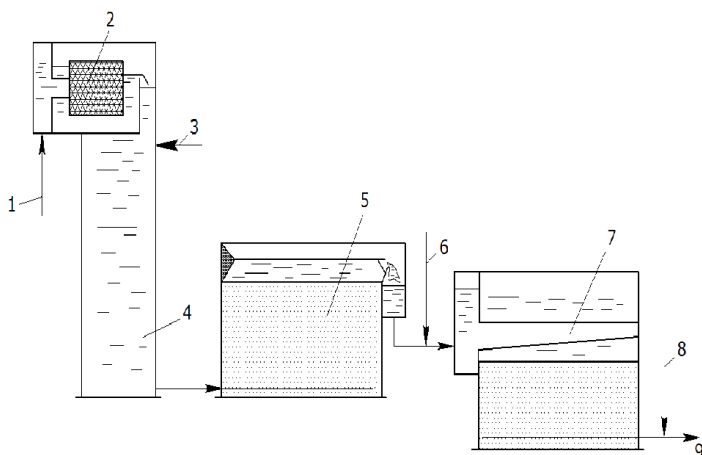


Рис. 1. Схема сооружений двухступенчатого фильтрования: 1 – входная камера с сетчатым барабанным фильтром; 2 – фильтры первой ступени; 3 – фильтры второй ступени.

Для рационального использования обеих ступеней очистки необходимо обеспечить выравнивание качества воды, поступающей на скорые фильтры, и рационально распределить грязевую нагрузку между ступенями фильтрования. Выравнивание качества воды, поступающей на вторую ступень очистки, достигается за счет равномерного распределения промывок контактных префильтров в течение суток и смешения воды, выходящей из них (рис.2).

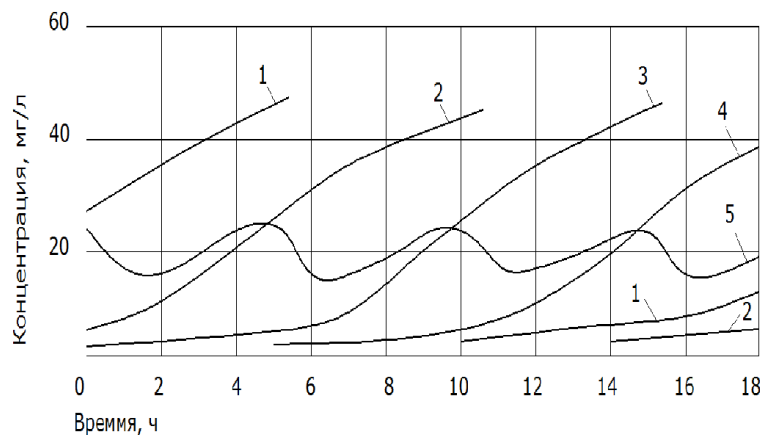


Рис. 2. Выравнивание концентрации взвеси в фильтрате после 1 ступени фильтрования.

Схема очистки воды двухступенчатым фильтрованием не вызывает необходимости каких-либо специфических ограничений по выбору типа загрузки фильтровальных сооружений второй ступени очистки воды. Так же, как и в любой двухступенчатой схеме очистки воды эти фильтры могут быть однослойными, двух или многослойными, а также двухпоточными. Однако, можно предположить, что параметры работы этих фильтров в схеме двухступенчатого фильтрования и в обычных двухступенчатых схемах с отстойниками или осветлителями со взвешенным слоем осадка должны значительно отличаться вследствие различия условий коагуляции в свободном объеме и на контактной поверхности зерен фильтрующей загрузки (контактная коагуляция).

Как известно, при фильтровании малоцентрированных суспензий протекает два процесса: 1) прилипание астабилизированных частиц твердой фазы к поверхности зерен фильтрующего материала и ранее прилипшим частицам, с образованием слоя осадка на зернах загрузки и 2) частичное его разрушение под воздействием гидродинами-

ческих сил потока. При этом вторичные частицы, образующиеся в результате разрушения скоплений взвеси на зернах, переносятся потоком в нижеследующие слои загрузки, а по исчерпанию ее защитного действия выносятся в фильтрат. Эти частицы имеют значительно более плотную и прочную структуру, чем взвесь, выходящая из отстойников или осветлителей со взвешенным слоем осадка, в которых выделяется в первую очередь крупные частицы. На скорые фильтры, работающие после отстойников, выносятся мелкая, плохо оседающая взвесь. Это различие в свойствах взвеси хорошо можно наблюдать визуалью сравнивая пробы воды из отстойников и из контактных префильтров. Первая представляет собой опалесцирующую, плохо оседающую суспензию, а во второй можно видеть хорошо различимые хлопья, которые быстро оседают.

Учитывая вышеизложенное, были проведены сравнительные опыты по технологическому моделированию процесса фильтрования на воде после отстойников и в воде после контактных префильтров с целью сравнения их фильтрационных свойств.

С целью исключения влияния диаметра зерен загрузки и скорости фильтрации опыты были проведены на специально оборудованной колонке, загруженной однородным песком с диаметром зерен 0,95 мм. Высота загрузки составляла 1,0 м. Опыты проводились при различных скоростях фильтрации, причем в таких условиях, когда концентрация взвеси в воде, поступающей на фильтрационную колонку, была для обоих случаев одинаковой.

Результаты обработки опытных данных приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Скорость фильтрации м/ч	Свойства взвеси по параметрам фильтрования					
	после отстойника			после префильтров		
	b	a/b	A	b	a/b	A
5,4	4,22	0,066	0,49	5,57	0,019	0,68
7,2	3,45	0,108	0,41	4,05	0,037	0,62
10,5	2,64	0,23	0,29	3,26	0,067	0,53

Как видно из таблицы, параметры фильтрации после контактных осветлителей значительно лучше, чем соответствующие им параметры после отстойников. Особенно показательным является параметр "a/b", характеризующий скорость проникновения взвеси в толщу загрузки. Он после контактных префильтров в несколько раз меньше, а предельная насыщенность порового пространства "А" значительно больше. Это обстоятельство позволяет увеличить нагрузку на фильтры второй ступени, что имеет весьма важное значение.

Концентрация взвеси в воде, выходящей из контактных префильтров, является исходной для фильтров второй ступени. Это обстоятельство

обуславливает взаимосвязанность не только технологических, но и экономических показателей работы сооружений двухступенчатой схемы. Так, например, увеличение концентрации взвеси в воде на выходе из контактных префильтров может быть достигнуто повышением скорости фильтрации на них, что уменьшает объем префильтров, а следовательно и их стоимость. Однако при этом нагрузка на фильтры второй ступени увеличится, что вызовет необходимость снижения скорости фильтрации на них, а следовательно, приведет к повышению их стоимости.

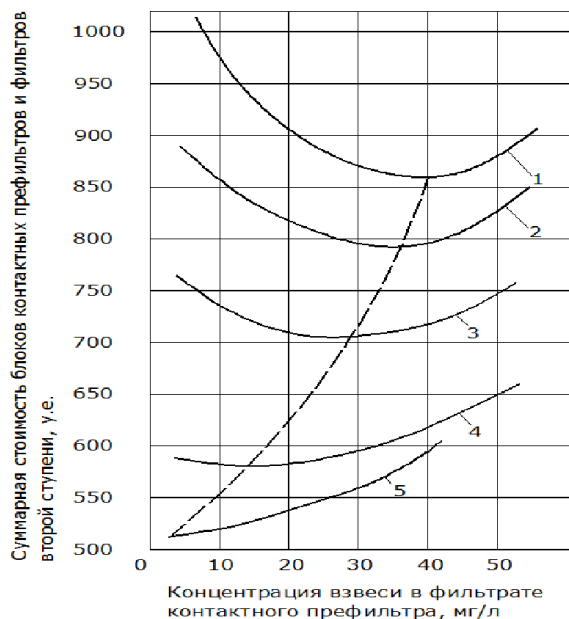
Если для двухступенчатых схем очистки с отстойниками и фильтрами величина концентрации взвеси в воде, поступающей на вторую ступень очистки, определялась на основе длительного опыта эксплуатации этих сооружений, то для сооружений двухступенчатого фильтрования, особенно учитывая специфические свойства взвеси на выходе из контактных префильтров, эта величина является неизвестной. В связи с этим возникает необходимость рассмотрения вопроса не только о рациональном соотношении скоростей фильтрации между фильтрами первой и второй ступени, но и о целесообразном распределении грязевых нагрузок между ними.

Все указанные зависимости были использованы для расчета оптимального режима комплекса сооружений двухступенчатого фильтрования. Однако при этом необходимо учитывать особенности схемы очистки воды двухступенчатым фильтрованием. Если для фильтров второй ступени понятие время защитного действия сохраняет свое обычное значение, то в приложении к условиям работы фильтров первой ступени оно должно быть заменено на время достижения заданной концентрации взвеси на выходе. Поэтому возникает необходимость определения этих величин и соответствующих им параметров фильтрования на первой и второй ступенях фильтрования для различных величин концентрации взвеси в воде, выходящей из контактных префильтров.

Все это требует внесения изменений как в опыты по технологическому моделированию, так и в обработку получаемых данных. Опыты должны охватывать как малые, так и достаточно большие значения концентрации взвеси на выходе из слоев различной толщины, тогда параметры фильтрационного процесса могут быть определены для ряда значений  $C$ , построив предварительно график зависимости  $x = f(t_3)$ . Поскольку для фильтров второй ступени концентрация взвеси фиксируется (менее 1,5 мг/л в соответствии с требованиями ГОСТ 2874-82), то определение параметров фильтрации фильтров второй ступени должно вестись по графику зависимости  $x = f(t_3)$  для значения концентрации взвеси менее 1,5 мг/л. Исходная концентрация взвеси для фильтров второй ступени при расчетах будет

меняться в зависимости от принятых значений концентрации взвеси, поступающей на вторую ступень очистки. Вместе с тем, параметры фильтрования "b" и "A", в каждом случае будут изменяться, пропорционально отношению  $C_1/C_0$ .

Введение этих дополнений как в эксперимент по технологическому моделированию, так и в обработку данных, позволяет установить взаимосвязь между величинами, характеризующими работу фильтров первой и второй ступени.



**Рис.3.** - Оптимальное распределение грязевой нагрузки между фильтрами первой и второй ступени для водоочистной станции  $Q=100000 \text{ м}^3/\text{сут.}$   
1,2,3,4,5 – стоимость блоков контактных префильтров и фильтров при нагрузках 400,300,200,100,70, мг/л.

Критерием оптимальности сооружений двухступенчатого фильтрования, определяющим наилучшее распределение нагрузок между первой и второй ступенями очистки, является минимум суммарной строительной стоимости сооружений. Из рис.3. видно, что оптимальная концентрация взвеси в фильтрате контактного префильтра зависит от исходной грязевой нагрузки на всю технологическую схему и изменяется от 15 до 40 мг/л при исходной нагрузке в пределах от 100 до 400 мг/л. Эти данные относятся к воде с определенными физико-химическими свойствами. Они показывают, что префильтры должны задерживать основную массу загрязнений, содержащихся в исходной воде. Из рис. 3. также видно, что для воды данного качества при концентрации взвеси менее 70 мг/л стоимость сооружений находится в области нулевого значения нагрузки на вторую ступень, что свидетельствует о

том, что воду с такой концентрацией взвеси в этом случае экономичнее очищать на сооружениях одноступенчатого фильтрования - контактных осветлителей.

Естественно, что для вод другого типа, т.е. при других параметрах фильтрования, абсолютные значения максимумов суммарной стоимости блоков первой и второй ступени могут отличаться от приведенных на рис.3. Поэтому в каждом конкретном случае для определения оптимальных параметров сооружений необходимо проведение технологических изысканий и соответствующего оптимизационного расчета.

Точный расчет сооружений двухступенчатого фильтрования, который заключается в определении допустимых скоростей фильтрования на первой и второй ступени, должен определяться (как и любой другой процесс очистки воды фильтрованием) на основе технологических изысканий для воды конкретного водоисточника. Для ориентировочных расчетов сооружений первой ступени могут быть использованы данные табл. 2., соответствующие оптимальному распределению нагрузки при различных концентрациях взвеси в исходной воде.

Технология двухступенчатого фильтрования отличается гибкостью, возможностью легко изменять режим очистки при изменении качества воды водоисточника, высокой надежностью и пониженными капитальными затратами по сравнению с другими технологическими двухступенными схемами очистки воды. Экономически целесообразная область применения технологии ограничивается мутностью 300 мг/л и цветностью 250 град.

Таблица 2.

Концентрация взвеси, мг/л		Параметры загрузки				Скорость фильтрования, м/ч	
		Диаметр зерен, мм		Высота слоя, м			
Исх.	После 1 ступ.	1 ступ.	2 ступ.	1 ступ.	2 ступ.	1 ступень	2 ступень
		400	40	1,3	1,0		
300	35	1,3	1,0	2,76	2,86	8,57	10,41
200	28	1,2	1,0	2,81	2,69	9,34	12,46
100	15	1,1	1,0	2,65	2,86	11,34	17,42

**Литература**

1. Мельцер В.З., Аюкаев Р.И., Хайкио Э. Применение керамзита в качестве загрузки водоочистных фильтров. ВиСТ, №10, 1983г.
2. Рекомендации на применение технологии очистки воды двухступенчатым фильтрованием. ОНТИ АКХ, М., 1983.

Рецензент: к.т.н., профессор Тогабаев Е.Т.