

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОСЛОЙНОГО ФИЛЬТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗАЛЬТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Бул макалада комур-базальттуу фильтрлерди колдонуу жолу менен жогорку концентрациядагы жер кыртышындагы суулардын фильтрациясын жакшыртуучу техникалык чечимдер сунушталган. Ала-Арча жана Аламедин сууларын тазалоочу катмарындагы системалар аркылуу анын химиялык анализинин жыйынтыгын алып, жаратылышта болуп жаткан айрым озгоруу процесстерин аныктайт.

В статье предлагается техническое решение улучшения фильтрации высококонцентрированных поверхностных вод путем использования угольно-базальтовых фильтров. Обусловлен выбор системы очищающих слоев и анализируются результаты химического анализа воды рек Ала-Арча и Аламедин, что объясняет природу происходящих процессов.

The technical decision of improvement of a filtration of high concentrated waters by using of coal-basalt filters are offered in this article.

The choice of system of clearing layers is caused and analyzed results of a chemical water analysis of the rivers Ala-Archa and Alamedin that explains the occurring processes of nature.

В работе обобщен технологический опыт и намечены основные направления повышения эффективности многослойного фильтрования. Систематизированы основные группы загрязнений, определяющих мутность и цветность природных вод; приведен краткий обзор существующего рынка коагулянтов и флокулянтов и сопоставлены их свойства; рассмотрены механизм и основные технологические особенности многослойного фильтрования. В частности, охарактеризованы два способа повышения эффективности многослойного фильтрования: многослойное фильтрование с контактной коагуляцией и улучшение фильтрующих характеристик зернистых слоев. Наибольшая эффективность многослойного фильтрования достигается при такой комбинации коагулянт/флокулянт, которая обеспечивает высокую скорость хлопьеобразования с хлопьями средних размеров и высокой плотностью.

Одним из наиболее эффективных современных способов осветления воды является ее фильтрование через слои зернистых фильтрующих материалов с различными физико-химическими свойствами. Многослойное фильтрование - типичный пример напорного объемного фильтрования с задержанием примесей в капиллярно-пористой структуре зернистых материалов различной структуры. [7]

В природных водах во взвешенном состоянии могут находиться частицы ила и глины, гидроокиси железа, марганца и алюминия, соединения кремния; органические вещества, такие как: планктон, колонии микрофлоры, полисахариды в виде фибриллярных коллоидов, слизей и клейких веществ, протеины, лигнины; вещества гумусового происхождения в виде органоминеральных комплексов, образующиеся в результате естественного биораспада растительного и животного происхождения или поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий.

Мутность и цветность природных вод в основном определяются наличием коллоидных примесей с очень малыми размерами и очень низкой скоростью седиментации, для которых силы диффузии преобладают над силами тяжести. Большая удельная поверхность коллоидных частиц с большим соотношением поверхность/объем

определяет их высокую поверхностную энергию и адсорбционную способность к свободным ионам. В результате поглощения ионов их поверхность приобретает заряд, при этом сильнее сорбируются те ионы, которые больше снижают поверхностную энергию твердой частицы. Вследствие электростатического притяжения находящиеся в растворе противоионы группируются у заряженной поверхности, образуя коллоидные частицы. В некоторых случаях заряд коллоидных частиц определяется не адсорбцией ионов из раствора, а диссоциацией поверхностного слоя самой частицы, как например, при образовании коллоидной кремнекислоты: молекулы SiO_2 в водной среде образуют кремневую кислоту H_2SiO_3 , отрицательный заряд которой обусловлен диссоциацией ее молекул. Таким образом, устойчивость коллоидных частиц зависит как от адсорбционных, так и от электрокинетических явлений на ее поверхности и определяется величиной их электрокинетического или дзетта потенциала.

Одноименная поляризация коллоидных частиц обуславливает силы взаимного отталкивания, поэтому коллоидный раствор сохраняет длительную стабильность. Очистка воды на зернистых фильтрующих слоях обусловлена в основном процессами адсорбции на поверхности зернистых фильтрующих материалов и глубинного фильтрования, т.е. удержанием частиц в пористой структуре фильтрующих слоев. При этом большинство отфильтрованных частиц имеют размеры намного меньше, чем размеры пор фильтрующей среды [6]. Механизм ММ глубинного фильтрования наиболее сложный и состоит из нескольких составляющих. При прохождении потока через зернистый слой некоторые частицы удерживаются на стенках поровых каналов благодаря силам гравитации и адгезии. Эффективность этого механизма задержания частиц зависит от способа их транспортировки в пористой структуре, т.е. насколько близко движущаяся частица может войти в контакт с неподвижной поверхностью фильтрующего материала. При резком изменении направления потока в пористых каналах под действием сил гравитации и инерции более тяжелые частицы отклоняются от общего направления движения и прикрепляются к стенкам поровых каналов. Коллоидные и взвешенные микрочастицы входят в контакт со стенками поровых каналов преимущественно благодаря силам диффузии.

Гидродинамическая составляющая является функцией формы частиц и определяется различием гидравлического сопротивления различных участков поверхности частицы. Для зернистых материалов с высокой насыпной плотностью и низким коэффициентом однородности, определяющим, может быть, глубинно-деформационный механизм фильтрования, когда процесс фильтрования начинается с закупорки пор, а на фильтрующей поверхности формируется слой осадка, в течение начального периода фильтрования некоторое количество частиц проходит в зону фильтрата, однако после формирования первичного слоя осадка прозрачность фильтрата резко возрастает. Для таких зернистых слоев характерно уменьшение диаметра по ходу поровых каналов и их высокая извилистость, при этом закупорка пор происходит не на поверхности, а в глубине фильтрующего материала. Практический вклад каждого механизма в процесс фильтрования меняется в зависимости от свойств частиц загрязняющей фазы, засыпки фильтра и условий его эксплуатации.

Основные требования к зернистым фильтрующим материалам:

- Механическая прочность: устойчивость к истиранию (процент износа вследствие трения зерен) и низкая измелчаемость (процент износа вследствие растрескивания зерен).
- Химстойкость: зернистые материалы не должны взаимодействовать с водой и с

химическими продуктами для ее обработки.

- Устойчивость к выщелачиванию: зернистые материалы не должны выделять твердые микрочастицы.

- Низкое гидравлическое сопротивление слоя.

- Срок службы 10-15 лет.

Классификация зернистых фильтрующих материалов:

- Эффективный диаметр. Определяет пористость фильтрующего слоя. Максимальный разброс не должен превышать 10% от номинала. Определяется ситовым анализом по фракциям.

- Коэффициент формы. Учитывает степень несоответствия зерен шаровой форме, их шероховатость и пористость. Определяет сорбционную составляющую механизма фильтрования.

- Насыпная плотность. Определяет распределение фильтрующих слоев по вертикальной оси фильтра, режимы осветления и обратной промывки, расход промывочной воды. Насыпная плотность в г/см³ для кварцевого песка 2,6, антрацита 1,5-1,8, гарнета 3,1-4,3, речной гальки и гравия 2-6.

- Коэффициент однородности (k_o) - соотношение общего количества частиц к числу частиц с номинальным диаметром. Определяет равномерность пористой структуры фильтрующего слоя. Чем меньше k_o , тем более однородным будет фильтрующий слой и тем медленнее наращивание гидравлического сопротивления фильтра. Поэтому в фильтрах целесообразно использовать зернистые материалы с низким коэффициентом однородности: для 2-хслойных фильтров $k_o=1,4$, для 3-х и 4-хслойных допускается $k_o < 1,5$.

- Механическая прочность по шкале измерения твердости (МОН scale) для антрацита 3, кварцевого песка 7, гарнета 6,5-7,5.

- Пористость зернистого фильтрующего слоя. Определяет его гидравлическое сопротивление и грязеемкость.

- Применение зернистых фильтрующих материалов. Определяется следующими технологическими показателями:

- Рейтинг задержания микрочастиц.

- Время фильтрования, необходимое для заданного снижения мутности. Если мутность фильтрата превышает необходимую величину, нужно снизить эффективный диаметр зерен фильтрующего слоя.

- Время, необходимое для достижения заданного гидравлического сопротивления слоя. Если сопротивление слоя растет слишком быстро, нужно увеличить эффективный диаметр зерен фильтрующего слоя.

- Если ставится задача одновременного снижения мутности и гидравлического сопротивления, необходимо увеличить толщину фильтрующего слоя, если позволяет конструкция фильтра [7].

Эффективность фильтрования во многом зависит от правильного подбора зернистых фильтрующих слоев и их фракционного состава. Чем меньше фракции зернистых материалов, тем быстрее экранируется поверхность слоя, возрастает его гидравлическое сопротивление и снижается производительность фильтра. Поэтому размеры зернистых частиц фильтрующих слоев должны уменьшаться по направлению потока воды. Обычно верхний слой состоит из больших зерен с низкой насыпной плотностью, что обеспечивает его низкое гидравлическое сопротивление и высокую

грязеемкость. Следующие по ходу потока слои должны иметь меньший фракционный размер и более высокую насыпную плотность. Наиболее распространенным сочетанием слоев в 2-хслойных фильтрах является антрацит и кварцевый песок, в 3-хслойных - антрацит, кварцевый песок и гарнет. Трехслойная засыпка фильтров является более предпочтительной, т.к. позволяет формировать распределение частиц близкое к оптимальному.

Проведенные исследования по определению эффективности фильтрования на различных сочетаниях зернистых материалов в фильтре показывают, что наименьшая эффективность у монослоев, даже если они представлены несколькими фракциями. Максимальная эффективность у фильтров с многослойной засыпкой, с четкими границами раздела и большим различием насыпной плотности между слоями, минимальным отклонением зернистых фракций от эффективного диаметра, минимальным коэффициентом однородности и максимальным коэффициентом формы зерен.

Для определения эффективности фильтрования различных зернистых материалов было проведено тестирование продолжительности фильтроцикла различных фильтрующих слоев при различных скоростях фильтрования. Исследование проводилось на фильтре со стеклопластиковым корпусом с фильтрующей поверхностью.

На кафедре ВВ КГУСТА была изготовлена приведенная на рис.1 установка скорого фильтра с угольно-базальтовой загрузкой и были проведены исследования на многослойном фильтре.

Техническая характеристика:

- Производительность от 3 м³/сут. до 12 м³/сут.
- Малые эксплуатационные расходы.
- Большая эффективность очистки природных вод.

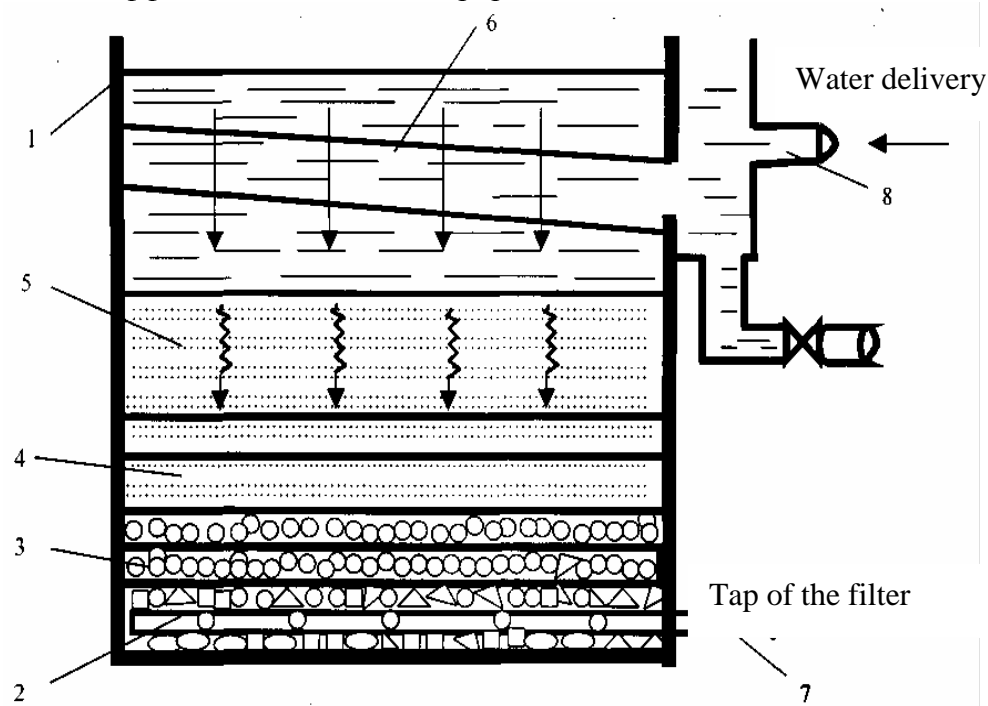


Рис. 1. Скорый фильтр с угольно-базальтовой загрузкой:

1. Корпус из оргстекла толщиной 3-5мм (420x330x200).
2. Дренажное устройство из металлических труб с перфорацией.

3. Поддерживающий слой из крупного галечника.
4. Крупное базальтовое волокно.
5. Фильтрующий слой из угля.
6. Водораспределительные желоба.
7. Отводящий трубопровод профильтрованной воды.
8. Подающий трубопровод исходной воды.

Для лабораторных исследований был изготовлен фильтр со следующим гранулометрическим составом.

Первый слой – поддерживающий. Гранулометрический состав составляет $d = 8-9$ мм, высота этого слоя $h = 2$ см.

Второй слой – гранулометрический состав близок к составу песка, высота этого слоя $h = 3$ см.

Третий слой имеет гранулы размером $d = 4-6$ мм. Высота этого слоя $h = 2$ см.

Четвертый слой – гранулы размером $d = 2-3$ мм. Высота слоя $h=2$ см. Общая высота загрузки $H_{\text{общ.}} = 9$ см.

Итогом этого эксперимента является химический анализ воды из речки Ала-Арча и Аламедин. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Вода из речки Ала – Арча, до фильтрации

Таблица 1

ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ
Водородный показатель, pH	8,40
Растворенный кислород, мг/дм ³ O ₂	9,3
Аммиак (NH ₄), мг/дм ³	< 0.05
Цветность (град.)	0
Мутность, мг/дм ³	67,2
Нитриты (NO ₂), мг/дм ³	0,04±0,01
Нитраты (NO ₃), мг/дм ³	6,0±0,9
Хлориды (CL), мг/дм ³	9,9±1,9
Жесткость, моль/м ³	2,45±0,37
Сухой остаток, мг/дм ³	208,5±20,9

Вода из речки Ала – Арча, после фильтрации

ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ
Жесткость, моль/м ³	3,4±0,5
Сухой остаток, мг/дм ³	207,5±30,8
Водородный показатель, pH	8,52
Растворенный кислород, мг/дм ³ O ₂	10,8
Аммиак (NH ₄), мг/дм ³	< 0.05
Цветность (град.)	0
Мутность, мг/дм ³	4,2
Нитриты (NO ₂), мг/дм ³	0,05±0,01
Нитраты (NO ₃), мг/дм ³	16,7±2,7
Хлориды (CL), мг/дм ³	15,8±2,4

Вода из реки Аламедин, до фильтрации

ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ
Водородный показатель, рН	7,98
Растворенный кислород, мг/дм ³ O ₂	10,5
Аммиак (NH ₄), мг/дм ³	< 0.05
Цветность (град.)	0
Мутность, мг/дм ³	868,0
Нитриты (NO ₂), мг/дм ³	0,04±0,01
Нитраты (NO ₃), мг/дм ³	15,2±2,3
Хлориды (CL), мг/дм ³	9,9±1,9
Жесткость, моль/м ³	3,4±0,5
Сухой остаток, мг/дм ³	285,0±28,5

Вода

из реки

Аламедин, после фильтрации

ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ
Водородный показатель, рН	8,40
Растворенный кислород, мг/дм ³ O ₂	8,5
Аммиак (NH ₄), мг/дм ³	< 0.05
Цветность (град.)	0
Мутность, мг/дм ³	4,5
Нитриты (NO ₂), мг/дм ³	0,04±0,01
Нитраты (NO ₃), мг/дм ³	18,6±2,8
Хлориды (CL), мг/дм ³	16,8±2,5
Жесткость, моль/м ³	4,2±0,6
Сухой остаток, мг/дм ³	343,5±34,4

Анализируя результаты химического анализа воды рек Ала-Арча и Аламедин до и после очистки, можно сделать следующие выводы:

- Мутность воды до очистки реки Ала-Арча составляла 67,2 мг/д м³. После 4,2 мг/ дм³, а мутность реки Аламедин уменьшилась с 868,0 мг/д м³ до 4,5 мг/д м³.
- Цветность оставалась на одном уровне.
- За счет осветления воды после фильтрования количество кислорода увеличилось с 9,3 до 10,8, что свидетельствует о наличии органических примесей в этом пункте.

В целом результаты исследований показали, что угольно-базальтовая загрузка может быть использована для фильтрования высококонцентрированных природных вод в целях питьевого водоснабжения.

Литература:

1. Аюкаев Р.И., Мельсе В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды: Справочное пособие. –Л.: Стройиздат, 1985.

2. Аюкаев Р.И., Мельсе В.З. Производство фильтрующих материалов и их применение в технологии очистки воды. –Л.: Стройиздат, 1985. -120 с.
3. Артеменок Н.Д. Увеличение производительности скорых фильтров в двухступенчатых схемах очистки питьевой воды: Автореф. Канд.дис.-Новосибирск, 1970.-22с.
4. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. -М.: Наука.1977.-356 с.
5. Данилова О.Г. Использование шунгизита в качестве фильтрующего материала для очистки воды // Водоснабжение и санитарная техника. – 1973г. -№5 – С.16-17.
6. Кащинцев В.К. Устройство двухслойных фильтров с применением гранулированных активных углей // Водоснабжение и санитарная техника. -1981.- № 2.
7. В.И. Федоренко. Повышение эффективности многослойного фильтрования воды. РАН., Министерство образования и науки РФ., ВИНТИ. - Серия. Критические технологии. Мембраны. №3(31) -Москва, 2006.