

УДК 628.339.066.1

10, октябрь 2015

Исследование эффективности фильтрующего материала для очистки сточных вод от взвешенных веществ

Тарасова М.О., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Козодаев А.С., к.т.н., старший преподаватель
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

e9@bmstu.ru

Одной из важных экологических проблем современного города является отвод талых и дождевых стоков с дорог и крыш. На этих поверхностях накапливается большое количество опасных загрязнений, например нефтепродукты и взвешенные вещества. Дождевая и талая вода, протекая по покрытию крыш и дорог, переносит загрязнения в природные водоемы. Загрязнение водных ресурсов в дальнейшем может привести к серьезным экологическим проблемам. Перед сбросом в реки сточные воды необходимо очищать до такой степени, чтобы не отравить речную воду и не придать ей неприятного запаха[6]. Различные органические вещества, содержащиеся в стоках, при попадании в водоемы начинают гнить, и вызывают ухудшение санитарного состояния водоемов и окружающего воздуха, а также становятся источниками распространения болезнетворных бактерий. Поэтому ливневые воды необходимо очищать.

В состав очистных сооружений поверхностного стока входят сооружения предварительной очистки (решетки, песколовки); сооружения основной очистки (отстойники, флотационные аппараты, узлы реагентной обработки) и оборудование доочистки (механические и сорбционные фильтры, УФ стерилизаторы). При эксплуатации очистных сооружений особого внимания требуют механические (зернистые) фильтры. Крупнозернистые фильтры следует применять для частичного осветления воды.[4] Фильтрующая загрузка является основным рабочим элементом механических фильтров, поэтому правильный выбор ее имеет первостепенное значение для нормальной работы очистных сооружений.

Основной задачей разработчиков технологии очистки является выбор наиболее эффективной фильтрующей загрузки.

Основным фильтрующим материалом на очистных сооружениях в настоящее время является кварцевый песок. Однако в последнее время появилось много новых материалов, превосходящих песок по характеристикам. Однако новые материалы широко не применяются из-за недостатка достоверных данных об их эффективности. Таким образом, экспериментальные исследования новых фильтрующих материалов и их комбинаций является актуальной задачей.

Зернистые фильтры весьма широко применяются в практике очистки природных и сточных вод. В обычных фильтрах вода подается сверху и отводится снизу — через дренажное устройство.[2] Фильтр состоит из корпуса 1, в нижней части которого расположено дренажное устройство 4 той или иной конструкции для отвода профильтрованной воды. На дренаж обычно укладывают слой поддерживающего материала 3, а затем слой фильтрующего материала 2. Над загрузкой расположена воронка 7, через которую на фильтр подают очищаемую воду и отводят промывную. Фильтр имеет трубопровод 8, сообщающийся через ресивер с вакуум-насосом, трубопровод 5 для отвода фильтрата, трубопровод 6 для подвода воды на промывку.

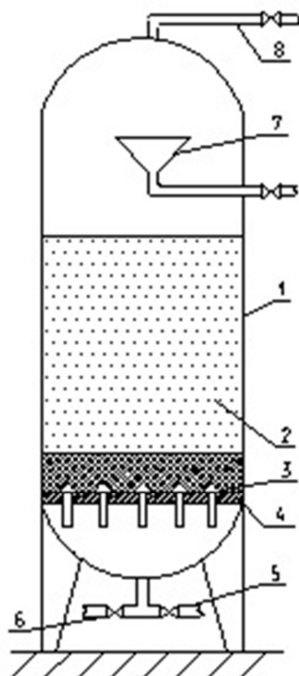


Рис. 1. Строение зернистого фильтра

В качестве фильтрующего материала допускается использовать кварцевый песок, гравий, гранитный щебень, гранулированный доменный шлак, антрацит, керамзит, полимеры.[3] А также другие зернистые загрузки: filter-ag, сорбент ас, цеолит, сорбент одм-2ф, гидроантрацит. Был рассмотрен каждый фильтрующий материал и выявлены его положительные и отрицательные стороны по разным критериям. Материалы, имеющие наибольшее количество положительных сторон были отобраны для дальнейшего исследования.

Для сравнения загрузок необходимо сформулировать требования: эффективность, стоимость, надлежащий фракционный состав загрузки, определенная степень однородности размеров ее зерен, механическая прочность, химическая стойкость материалов по отношению к фильтруемой воде и так далее. Рассмотрим подробно характеристики сравниваемых загрузок.

Коэффициент однородности зерен определяет равномерность пористой структуры фильтрующего слоя и ее удельный объем. Степень однородности размеров зёрен фильтрующей загрузки и её фракционный состав существенно влияют на работу фильтра. Использование более крупного фильтрующего материала, чем это предусмотрено, влечет за собой снижение качества фильтрата. Использование более мелкого фильтрующего материала вызывает уменьшение фильтроцикла, перерасход промывной воды и удорожание эксплуатационной стоимости очистки воды. [1]Кварцевый песок обладает хорошим коэффициентом однородности, по сравнению с керамзитом и антрацитом, которые в свою очередь обладают высокой степенью неоднородности.

Важным показателем качества фильтрующего материала является его механическая прочность. При истирании и измельчении материала происходит повышение гидравлического сопротивления верхнего слоя фильтрующей загрузки и вынос измельченных зерен с промывной водой, т.е. безвозвратная потеря фильтрующего материала и вторичное загрязнение фильтрата. Механическую прочность фильтрующего материала оценивают двумя показателями: истираемостью и измельчаемостью. Измельчаемость - процент износа вследствие растрескивания зерен. Истираемость - процент износа материала вследствие трения зерен друг о друга. [1] Сорбенс ас и ОДМ-2Ф по этим двум показателям соответствуют предъявляемым требованиям, а к примеру загрузка Filter ag обладает высокой истираемостью, что может привести к потере фильтрующего материала при эксплуатации

Для фильтров следует применять материалы, обеспечивающие технологический процесс и обладающие требуемой механической прочностью и химической стойкостью.[4] Таким образом, важным требованием, предъявляемым к качеству

фильтрующих материалов, является их химическая стойкость по отношению к фильтруемой воде.

Высокая пористость и низкая насыпная плотность при стандартном размере гранул фильтрующего материала позволяет проводить фильтрацию при высоких рабочих скоростях потока и минимизировать расходы воды при обратной промывке. Такими свойствами обладают такие рассматриваемые фильтрующие загрузки: сорбент ас, ОДМ 2Ф, керамзит.

Водородный показатель характеризует концентрацию свободных ионов водорода в воде. Обычно уровень pH находится в пределах, при которых он непосредственно не влияет на потребительские качества воды. Так, в речных водах pH обычно находится в пределах 6.5-8.5, в атмосферных осадках 4.6-6.1, в болотах 5.5-6.0, в морских водах 7.9-8.3. для питьевой и хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень pH в диапазоне от 6 до 9. Некоторые фильтрующие материалы требуют конкретного диапазона уровня pH. Также важна совместимость загрузки с коагулянтами и флокулянтами, если их применение необходимо в цикле очистки, например при очистке поверхностных сточных вод на локальных очистных сооружениях[5]. Все рассматриваемые материалы могут работать без снижения эффективности в оптимальном pH диапазоне, и совместимы с коагулянтами и флокулянтами.

Для оценки эффективности и выбора наиболее рациональных загрузок для фильтрации взвешенных веществ была составлена таблица 1.

Для обеспечения наиболее качественной очистки воды на стадии фильтрования подбираемый материал должен отвечать всем вышеперечисленным требованиям. В таблице 1 приведены результаты сравнения материалов по описанным выше характеристикам на основе данных, представленных в [1][2]:

Сравнение фильтрующих материалов по характеристикам

<http://sntbul.bmstu.ru/doc/816773.html>

Для проведения экспериментов были отобраны 4 наиболее эффективных материала: сорбент ас, кварцевый песок, ОДМ-2Ф и Filter-Ag.

В работе были поставлены задачи по задержанию и определению количества взвешенных веществ на поверхности беззольного фильтра после прохождения воды через фильтрующий материал.

Для экспериментального определения эффективности исследуемого материала необходимо определить разность концентраций взвешенных веществ в очищаемой воде до и после фильтрации. Для проведения экспериментального исследования был собран стенд, представленный на рис. 2.

Оборудование, которое использовалось в процессе эксперимента: фильтровальная колонка, колбы, беззольные фильтры, весы, фильтрующие загрузки. В начале эксперимента был создан модельный сток со свойствами близкими к поверхностным сточным водам.

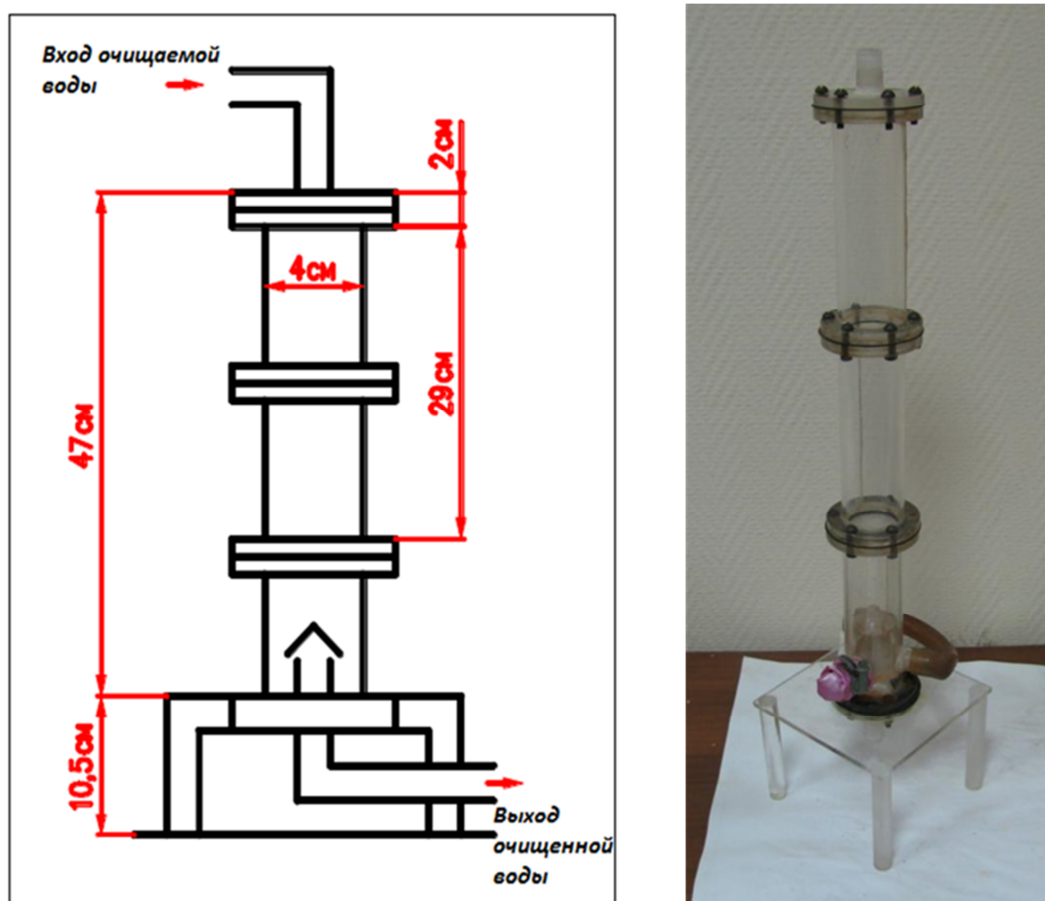


Рис. 2. Схема и фотография фильтровальной колонки

Фильтрация загрязненной воды производится сверху вниз (рис. 3). При этом крупные частицы задерживаются в порах между гранулами загрузки, а мелкие загрязнения – за счет различных эффектов, прилипают к частицам загрузки. Пройдя через загрузку, очищенная вода поступает в колбу для дальнейших действий. Таким образом, 1 литр загрязненной взвешенными веществами воды был отфильтрован через загрузки и через комбинации загрузок.



Рис. 3. Процесс фильтрования

Для сравнения концентрации взвешенных веществ в исходной и очищенной воде загрязненная вода была пропущена через беззольные фильтры. Это позволило произвести оценку эффективности фильтрующего слоя. На рис. 4 изображены беззольные фильтры с задержанным слоем взвешенных веществ исходной и осветленной воды:

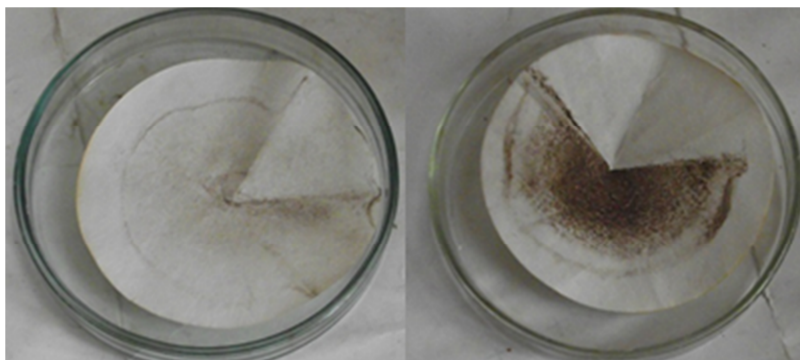


Рис. 4. Задержанные беззольным фильтром взвешенные вещества исходной и осветленной воды

Для более точного определения концентрации взвешенных веществ, оставшихся на фильтре, были сожжены беззольные фильтры, высушенные в одинаковых условиях (рис.5) и был определен вес несгоревших загрязнений.

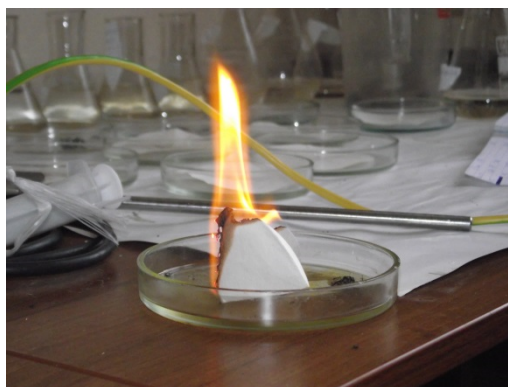


Рис. 5. Сжигание беззольного фильтра

Таким образом, по формуле, представленной ниже, определили эффективность фильтрующего материала.

$$\Xi = \frac{C(\text{вых.}) - C(\text{исх.})}{100},$$

где $C(\text{вых.})$, $C(\text{исх.})$, - концентрации взвешенных веществ после и до фильтрования.

Результаты эксперимента представлены на диаграмме (рис. 6).

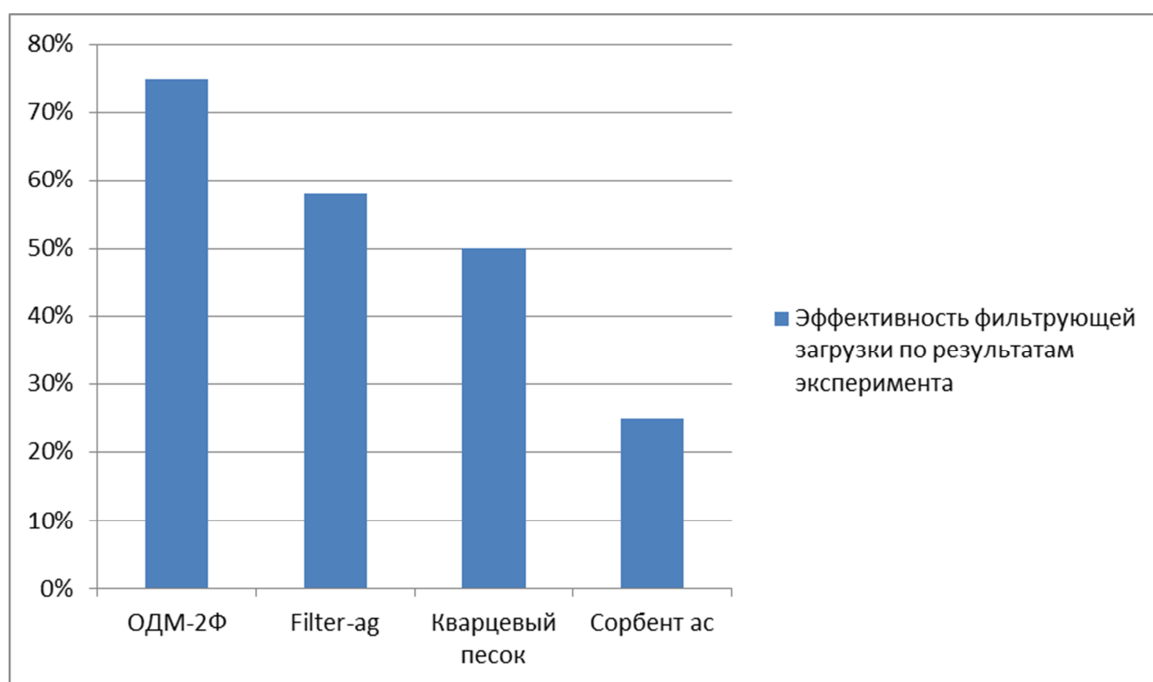


Рис. 6. Эффективность фильтрующих материалов

Аналогично был проведен эксперимент по комбинированию фильтрующих материалов, результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 2

Экспериментальные результаты определения эффективности комбинированных
фильтрующих загрузок

Комбинация загрузок	С (исх.), мг/л	С (вых.), мг/л	Эффективность, %
Песок + сорбент ас	120	30	75
Песок + сорбент ас(перемешанные)	120	50	58
Filter-ag + сорбент одм-2ф	120	40	66
Filter-ag + сорбент одм-2ф (перемеш.)	120	10	92
Filter-ag + сорбент ас	120	30	75
Filter-ag + сорбент ас (перемеш.)	120	30	75

По результатам проведенных экспериментов (см. таблица 2) был выявлен наиболее эффективный фильтрующий материал с наименьшей концентрацией взвешенных веществ после фильтрации. Это сорбент одм-2ф. Его эффективность 75%. Этот результат можно объяснить тем, что сорбент одм-2ф по механической прочности значительно превосходит рассматриваемые материалы, обладает стабильными данными.

Впервые проведено экспериментальное исследование комбинации современных фильтрующих материалов. Наиболее эффективной комбинированной загрузкой по результатам опыта стал Filter-ag + сорбент одм-2ф (перемешанные). Эффективность этой загрузки 92%. Сорбент одм-2ф, как было уже сказано, был самым эффективным фильтрующим материалом, а filter-ag, благодаря своим свойствам, например легкостью, высокой грязеемкостью, позволил добиться максимальной эффективности среди комбинированных загрузок.

Список литературы

1. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: учебное пособие для вузов по направлению «Строительство» специальности «Водоснабжение и водоотведение». М.: Изд-во МГУ, 1996. 680 с.
2. Абрамов Н.Н. Водоснабжение: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Стройиздат», 1974. 480 с.
3. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.03 – 85. Канализация. Наружные сети и сооружения: нормативно-технический материал. М.: [б.и.], 1986. 39 с.
4. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.02 – 84. Строительные нормы и правила водоснабжение. Наружные сети и сооружения: нормативно-технический материал. М.: [б.и.], 1984. 132 с.
5. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 704 с.
6. Рандольф Р. Что делать со сточными водами: пер. с нем. И. Б. Палееса / под ред. Т. А. Карюхиной. 2-е изд. доп. М.: Стройиздат, 1987. 120 с. [Randolf R. Wohin mit dem abwasser. VEB Verlag für Bauwesen. DDR. Berlin. 1970. 120 p.]