

*Тагибаев Д.Д., Джалимбетов Ш.Ж., Абдрахимов В.З.,  
Зорбанов Е., Осмонов Ж.И.*

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СМЕЖНЫХ ОБЛАСТЯХ  
ОЧИСТКИ ВОДЫ**

*D.D. Tagibaev, Sh.Zh. Dzhhalimbetov, V.Z. Abdrakhimov,  
E. Zorbanov, Zh.I. Osmonov*

**SPECIAL STRUCTURAL FILTERING STRUCTURES FOR USE IN RELATED  
FIELDS WATER TREATMENT**

УДК: 628.16 (043)

*В статье рассматривается фильтрационная очистка воды с помощью специальных конструкций, используемых в смежных областях очистки воды.*

*The article deals with the filtration water purification using special structures used in related fields of water purification.*

На практике весьма часто фильтрационная очистка осуществляется без использования предварительной коагуляции воды. Это, в частности, имеет место при фильтрационной доочистке городских биологически очищенных сточных вод /1,2/, очистке поверхностного стока с территорий городов и промпредприятий /3,4/, а также в некоторых случаях при подготовке питьевой воды, например, при обезжелезивании подземных вод с их предварительной упрощенной аэрацией /5,6/.

При фильтрационной очистке таких вод в толще загрузки образуются весьма прочные отложения (по сравнению с хлопьями гидроокиси коагулянта), в меньшей степени подверженные разрушению под действием гидродинамических сил потока очищаемой воды. Проведенные исследования и выполненное определение технологических возможностей различных фильтрующих материалов позволило создать ряд конструкций фильтровальных сооружений, специально предназначенных для данных областей очистки вод.

В последние годы получает все большее развитие так называемая доочистка сточных вод, представляющая собой комплекс сооружений, дополняющих сложившуюся технологию биологической очистки сточных вод и обеспечивающих повышение эффективности ее очистки. Вследствие эффективности и простоты эксплуатации наибольшее распространение для доочистки сточных вод получает метод фильтрования /1,2,7/.

Сточные воды различных объектов, особенно промышленных предприятий, даже при полной биологической очистке, содержат разнообразные по составу загрязняющие вещества, что в значительной степени оказывает влияние на процесс фильтрации

через зернистую загрузку. Однако несмотря на ряд различий, биологически очищенные городские сточные воды имеют характерные фильтрационные показатели, чем и определяется выбор фильтровальных сооружений, наиболее подходящих для их очистки.

Наиболее характерной особенностью взвеси, содержащейся в биологически очищенных сточных водах, является то, что частицы активного ила хорошо прилипают к поверхности зерен фильтрующей загрузки и задерживаются преимущественно в первых ее слоях, что приводит к повышенному темпу прироста потери напора в загрузке. Этим обстоятельством определяется одно из основных требований к фильтровальным сооружениям доочистки – необходимость применения для этой цели крупнозернистых фильтров, либо фильтровальных сооружений, в которых используется принцип фильтрования в направлении убывающей крупности зерен фильтрующей среды. Вторым вариантом является более предпочтительным, поскольку при уменьшении крупности зерен по направлению потока очищаемой воды достигается более высокая эффективность очистки.

Другим важным требованием к фильтровальным сооружениям доочистки является необходимость применения в них высокоэффективных видов промывки. Это объясняется тем, что частицы активного ила образуют в толще загрузки прочные, трудноотмываемые одним восходящим потоком воды загрязнения, поэтому в фильтрах доочистки необходимо использовать интенсифицированные виды промывки зернистой загрузки, например, водовоздушную.

Вышеизложенные особенности взвеси биологически очищенных сточных вод делают весьма перспективным применение для доочистки таких вод фильтров с восходящим потоком воды и водовоздушной промывкой /8,9/, (по типу применяемых для очистки поверхностных вод контактных осветителей КО-3 с водовоздушной промывкой).

В этих фильтровальных сооружениях простейшим образом и наиболее полно реализуется принцип

фильтрации в направлении убывающей крупности зерен загрузки. Применение водовоздушной промывки позволяет получать хороший эффект отмывки загрузки при сравнительно небольших расходах воды. В фильтровальных сооружениях с восходящим потоком воды не предъявляются жесткие требования к гранулометрическому составу зернистой фильтрующей среды, что является их важнейшим преимуществом, поскольку применение прямоочных зернистых фильтров для очистки сточных вод (как и для очистки природных вод) во многом сдерживается дефицитом качественных однородных зернистых фильтрующих материалов.

Для фильтров с восходящим потоком воды и водовоздушной промывкой (как и для вышеописанных контактных осветлителей типа КО-3) не требуется иметь большой слой воды над загрузкой, поскольку в них осуществляется низкий (горизонтальный) отвод промывной воды /10/. Это позволяет при одной и той же высоте фильтра увеличить слой фильтрующей загрузки. За счет увеличения высоты фильтрующего слоя повышается эффект очистки и допустимая скорость фильтрации.

С целью определения расчетно-конструктивных параметров фильтровальных сооружений с восходящим потоком воды для доочистки сточных вод были осуществлены испытания крупномасштабной опытно-производственной установки такого фильтра.

За период испытаний содержание взвешенных веществ в воде, поступающей на установку, как правило, было в пределах 12-20 мг/л, и лишь в отдельные периоды отмечалось повышение их концентрации до 30-40 мг/л. БПК<sub>5</sub> сточной воды, поступающей на доочистку, обычно составляла 8-17 мг/л, ХПК – от 40 до 100 мг/л. Контрольные фильтроциклы проводились с различными скоростями фильтрации от 9 до 19 м/ч.

Проведенные испытания подтвердили высокую эффективность доочистки сточных вод на фильтрах с восходящим потоком. Концентрация взвешенных веществ снижалась на 85-90%, и обычно ее величина в фильтрате не превышала 1,5-2,5 мг/л, БПК<sub>5</sub> фильтрата составляла 4-7 мг/л, а ХПК – 25-60 мг/л.

Фильтры с восходящим потоком за счет использования принципа фильтрации в направлении убывающей крупности зерен фильтрующей среды позволяют при скорости фильтрации 12 м/ч и при нагрузке по взвешенным веществам до 20 мг/л иметь продолжительность фильтроцикла, равную 24 час, и более, а при средней нагрузке 30-40 мг/л более 12 час.

Важным достоинством фильтров с восходящим потоком воды является конструктивная возможность осуществления их промывки непосредственно из входной камеры без строительства специальных резервуаров для накопления воды на промывку фильтров; при этом не требуется увеличивать

емкость входной камеры, поскольку в нее поступает биологически очищенная сточная вода, и при промывке одного фильтра не происходит увеличения гидравлической нагрузки на соседние фильтры. При использовании водовоздушной промывки расход воды на промываемый фильтр увеличивается примерно вдвое, поэтому происходит даже незначительное снижение гидравлической нагрузки на другие фильтры, определяемое их общим количеством на станции доочистки сточных вод.

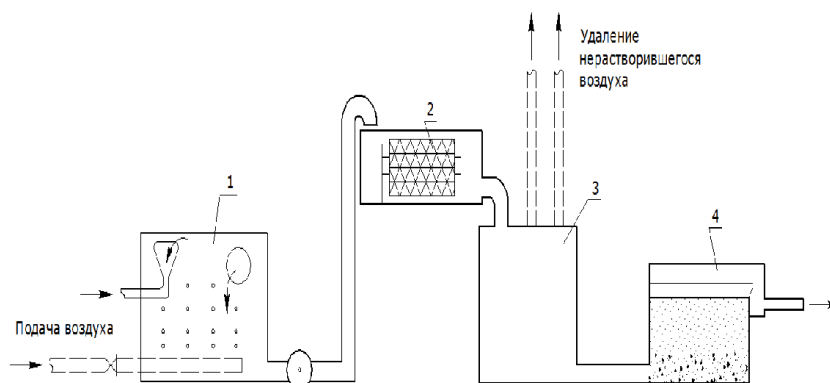
С целью интенсификации процессов биологической очистки воды на очистных сооружениях была рекомендована реконструкция входной камеры фильтров. В камере были установлены мелкопузырчатые полиэтиленовые аэраторы малого сопротивления, а также установлена вертикальная перегородка, при прохождении через которую не растворившиеся в воде пузырьки воздуха выделяются в атмосферу, что предотвращает попадание не растворившегося воздуха в толщу загрузки. Схема реконструкции фильтра с восходящим потоком в фильтр-биореактор представлена на рис. 1.

Дополнительная аэрация биологически очищенных сточных вод во входной камере позволила добиться увеличения содержания растворенного кислорода в поступающей на фильтры сточной воде на 2 - 4 мг/л.

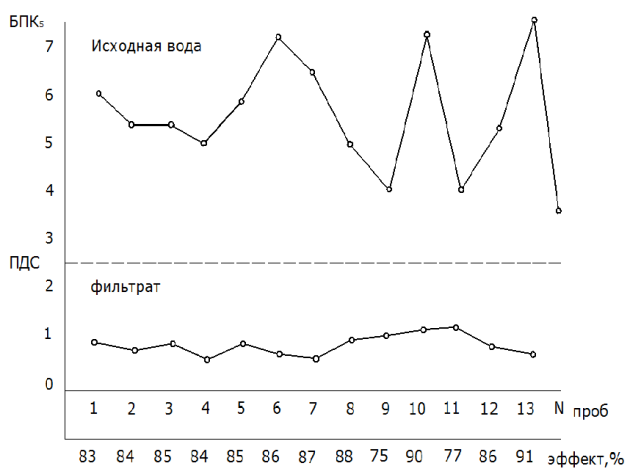
В результате интенсификации биологических процессов в загрузке фильтров получено снижение концентрации органических загрязнений в очищенной воде, оцениваемых по БПК<sub>полн</sub> до 1,5-3 мг/л, при исходной концентрации 6-10 мг/л (рис. 2). Снижение концентрации взвешенных веществ несколько выше, чем при работе без процесса нитрификации-денитрификации, и иллюстрируется графиком на рис. 3.

При данном режиме работы фильтра-биореактора обеспечивается снижение концентрации азота аммонийного до 0,1-0,3 мг/л при исходной концентрации 0,7-1,5 мг/л, что позволяет достичь нормы ПДС по азоту аммонийному для водоемов рыбохозяйственного значения.

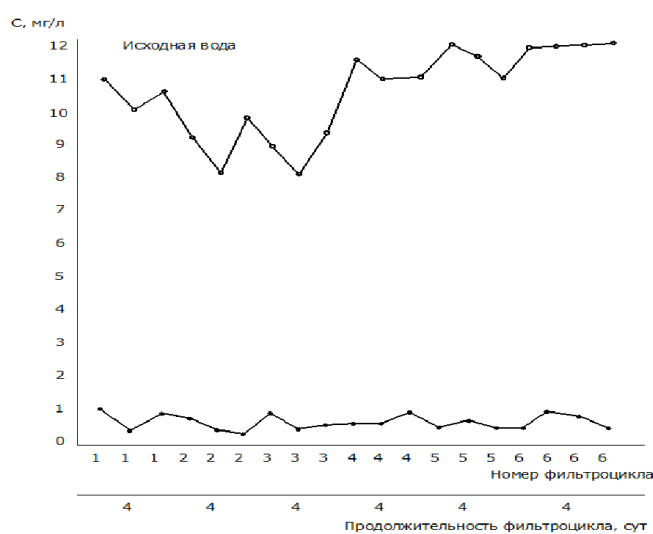
Обеспечивается также снижение концентрации нефтепродуктов до 0,1 мг/л при исходной концентрации 0,5-1 мг/л (рис. 4а) и снижение концентрации ХПК до 15-20 мг/л (рис. 4б), что позволяет применять фильтры-биореакторы для очистки стоков, содержащих трудноокисляемые загрязнения, характерные для промышленных стоков.



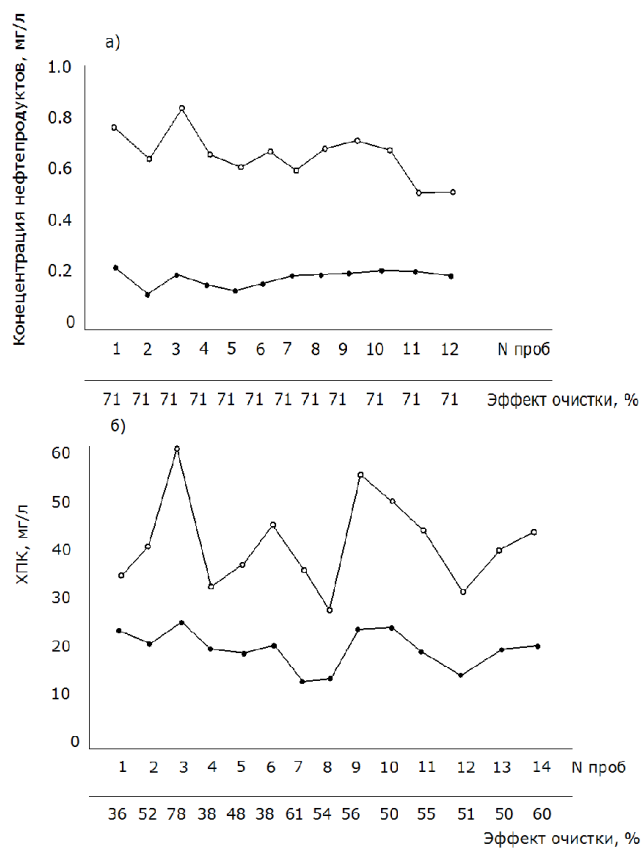
**Рис. 1.** Схема реконструкции песчано-гравийного фильтра в фильтр-биореактор.  
1 – приемный резервуар; 2 – барабанные сетки; 3 – входная камера; 4 – фильтр-биореактор.  
— существующие сооружения;



**Рис. 2.** Снижение БПК после фильтра-биореактора.



**Рис. 3.** Снижение концентрации взвешенных веществ при фильтрации через фильтр-биореактор.



**Рис. 4 (а, б).** Снижение концентрации нефтепродуктов и ХПК на фильтрах-биореакторах.

Отмечалось также снижение концентрации тяжелых металлов, в частности меди, с 0,02 мг/л до 0,002 мг/л в стоках после фильтров-биореакторов.

В целом достигнута эффективность снижения БПК на 70-75%, азота аммонийного на 70-78%, нефтепродуктов на 78-82%, нитритов и ХПК на 50-65%, тяжелых металлов на 71-82%, фенолов, фосфатов и фторидов до 30%.

Данные гидробиологического анализа пленки, взятой на высотах 0,5; 1,2 и 1,8 м ( по высоте базальтовой загрузки), показали наличие достаточного разнообразия микроорганизмов, существование которых возможно лишь при развитом процессе нитрификации-денитрификации. Представителями этих микроорганизмов явились различные виды коловраток, аспидиски, реснитчатых и т.п. Содержание растворенного кислорода на выходе снижается на 3-5 мг/л. Это также подтверждает тот факт, что в загрузке фильтров идет биологический процесс нитрификации-денитрификации.

Таким образом, благодаря интенсификации биологического процесса на фильтровальных сооружениях с восходящим потоком очищаемой воды происходит глубокое удаление органических веществ, нитрификация в сочетании с денитрификацией, что позволяет достичь норм предельно допустимого сброса по БПК, аммонийному азоту и близко приблизиться к требованиям при сбросе очищенных сточных вод по концентрациям нефтепродуктов, нитритов и тяжелых металлов.

**Выводы:**

1. Фильтровальные сооружения с восходящим потоком воды благодаря реализации фильтрования в направлении убывающей крупности зерен фильтрующей среды и использования водовоздушной промывки в наибольшей степени отвечают условиям доочистки городских биологически очищенных сточных вод.

2. Использование крупнозернистой базальтовой загрузки за счет существенного (до 3 суток) увеличения продолжительности фильтроцикла позволило разработать специальную конструкцию фильтра для условий доочистки биологически очищенных сточных вод. Благодаря интенсификации биологического процесса на фильтровальных

сооружениях с восходящим потоком очищаемой воды происходит глубокое удаление органических веществ, нитрификация в сочетании с денитрификацией, что позволяет достичь норм предельно допустимого сброса по БПК<sub>5</sub>, аммонийному азоту и близко приблизиться к требованиям при сбросе очищенных сточных вод по концентрациям нефтепродуктов, нитритов и тяжелых металлов.

**Литература:**

1. Мельцер В.З., Альтовский Г.С, Гецина Г.И. Доочистка городских сточных вод. ЦП НТО КХиБО. - М., 1985.
2. Рекомендации на проектирование и эксплуатацию станций аэрации в комплексе с фильтровальными сооружениями. 2-ое издание. ОНТИ АКХ, - М., 1985.
3. Мельцер В.З., Казарян В.А., Залетова Н.А., Саркисян Х.К. Доочистка поверхностных сточных вод фильтрованием через листовую пенополиуретан. ВиСТ, № 1, 1986.
4. Рокшевская А.В. Доочистка поверхностного стока фильтрованием через синтетические материалы. Семинар "Отведение и очистка поверхностных сточных вод". Тезисы докладов.- М.: МДНТП им. Ф.Э.Дзержинского, 1983.
5. Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кастальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. - М.: "Высшая школа, 1984.
6. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод.- М.: Высшая школа, 1987.
7. Лукиных Н.А., Липман Б.Л., Криштул В.П. Доочистка сточных вод. - М.: Стройиздат, 1974.
8. Мельцер В.З. Фильтровальные сооружения в коммунальном водоснабжении. - М.: Стройиздат, 1995.
9. Технические указания на проектирование и эксплуатацию станций аэрации в комплексе с фильтровальными сооружениями. ОНТИ АКХ.- М., 1977.
10. Трескунов В.М., Мельцер В.З. Система водовоздушной промывки фильтровальных сооружений с низким отводом промывной воды. Сборник «Повышение качества питьевой воды».- М.: МДНТП,1977.

Рецензент: д.т.н. Осмонов К.А.