

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.33

DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.9

А.Н. КИМ

А.Ю. РОМАНОВА

ДООЧИСТКА БИОЛОГИЧЕСКИ ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ПАТРОННЫМИ ОБЪЁМНЫМИ ФИЛЬТРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

ADVANCED TREATMENT OF BIOTREATED WATER OF SECONDARY SETTLING TANKS FROM SUSPENDED SUBSTANCES BY VOLUME FILTER CARTRIDGES

Рассмотрена проблема выноса взвешенных веществ из вторичных отстойников при очистке хозяйственно-бытовых сточных вод. Предложена технология доочистки сточной воды вторичных отстойников от взвешенных веществ с использованием патронных объемных фильтрующих элементов. Объемный патронный фильтрующий элемент размещен внутри вторичного отстойника – перед сборным лотком. Он представляет собой цилиндр из пористого полимерного материала, направление фильтрации принято снаружи-внутрь. В результате работы опытной установки на вторичном отстойнике установлено, что данная технология позволяет снизить концентрацию взвешенных веществ на 75 %; БПК₅ – до 30 %; ХПК – до 10 %.

Ключевые слова: биологическая очистка, вторичный отстойник, объемные патронные фильтрующие элементы, взвешенные вещества

В современных условиях водные объекты подвержены значительному антропогенному воздействию, в результате которого происходит их загрязнение и последующее истощение. Основной причиной загрязнения воды в водоёмах является сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод промышленных предприятий, коммунального и сельского хозяйства [1–3].

Классическая обработка сточных вод включает в себя следующие этапы очистки [3]:

- механический – для удаления грубодиспергированных примесей, песка и взвешенных веществ;
- биологический – для извлечения минеральных и органических загрязняющих веществ;
- обеззараживание болезнетворных бактерий и вирусов.

В технологической схеме биологическая очистка реализуется в аэротенках или биофильтрах, а для

The article considers the problem of removal of suspended substances from secondary settling tanks during wastewater treatment and suggests a technology of wastewater advanced treatment from suspended solids with volume filter cartridge. The volume filter cartridge is placed inside a secondary settling tank – in front of the collection tray. Volume filter cartridge is a cylinder that is made of a porous polymeric material, the direction of filtration is determined as from outside to inside. The results of prototype installation use in secondary settling tank show that this technology allows to reduce the concentration of suspended solids by 75 %; BOD₅ – up to 30 %; COD – up to 10 %.

Keywords: biological treatment, secondary settling tank, volume filter cartridges, suspended substances

отделения биологически очищенной воды от активного ила или задержания биологической пленки используются вторичные отстойники [3, 4].

В зависимости от типа аэротенков, режима эксплуатации вторичных отстойников и нагрузки на них, содержание взвешенных веществ в отстаившейся сточной воде составляет до 10–25 мг/л, при этом содержание взвешенных веществ в исходной воде (на входе во вторичный отстойник) достигает 2,5–3,0 г/л [4, 5].

В зависимости от производительности очистных сооружений вторичные отстойники бывают вертикальными, горизонтальными и радиальными. Но независимо от конструкции и объемов очищаемой воды основным назначением отстойников является разделение воды, поступающей из аэротенков, на два потока [5–7]:

- ил, подлежащий утилизации;
- осветленная вода, очищенная в отстойниках (рис. 1).

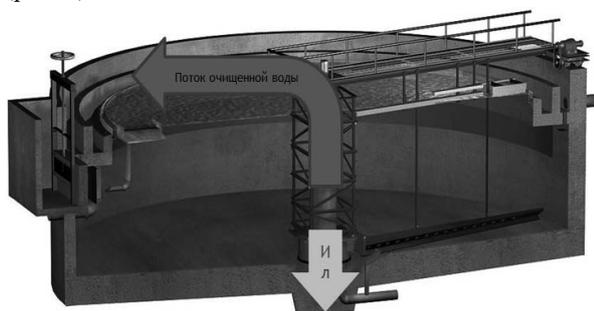


Рис. 1. Схема работы вторичного радиального отстойника

Работа вторичных отстойников может быть оценена по следующим показателям [4, 5, 7]:

- вынос взвешенных веществ;
- концентрация возвратного ила;
- влажность осадка.

Наиболее распространённой проблемой вторичных отстойников является избыточный вынос взвешенных веществ, приводящий к нарушению процесса очистки воды, снижению качества очищаемой воды и утилизируемого осадка.

Повышенному выносу взвешенных веществ из вторичных отстойников способствуют следующие факторы [4–6]:

- гидравлические перегрузки;
- неравномерность притока сточных вод (возникновение гидравлических пиковых нагрузок);
- превышение удельных нагрузок на активный ил;
- воздействие токсичных сбросов;
- недостаток кислорода в аэротенках и вторичных отстойниках;
- перегрузка по массе взвешенных веществ на вторичный отстойник;
- образование залежей ила на дне вторичного отстойника, его стенах и конструкциях.

Все перечисленные факторы создают угрозу развития вспухания активного ила, следовательно, нарушаются флокуляционные и седиментационные свойства активного ила [6–8].

Далее по технологической схеме после вторичных отстойников сточная вода, как правило, направляется на обеззараживание для удаления патогенных бактерий. В последнее время для этих целей используется ультрафиолетовое облучение, которое позволяет обезвредить не только бактерии, но и вирусы [9]. Повышенный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников приводит к уменьшению проницаемости воды, следовательно, уменьшается эффект обеззараживания воды, поэтому сточная вода должна соответствовать следующим требованиям (табл. 1) [10].

Из данных табл. 1 следует, что перед обеззараживанием необходимо предусмотреть доочистку биологически очищенной воды от взвешенных веществ, поскольку вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников может составлять 10-25 мг/л [8].

Компания ООО «ТВЭЛ» разработала перспективную технологию доочистки сточной воды из вторичных отстойников от взвешенных веществ (рис. 2). Согласно этой технологии предполагается разделить воду, поступающую из аэротенка, на три потока:

- ил;
- отфильтрованная вода;
- вода с загрязнениями, поступающими через перелив в сборный лоток, откуда поток направляется в голову очистного сооружения для очистки.

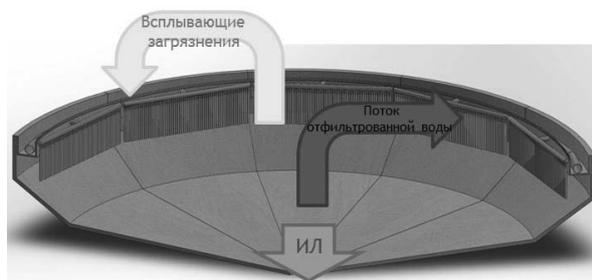


Рис. 2. Схема работы радиального отстойника

Конструктивно модернизация вторичного отстойника может быть реализована следующим образом (рис. 3).

На рис. 3 представлены технологические узлы оборудования для модернизации вторичных

Таблица 1

Требования к качеству сточных вод, поступающих на обеззараживание УФ-излучением

Показатель	Допустимые значения (не более)
Взвешенные вещества, мг/л	10,0
БПК ₅ , мгО ₂ /л	10,0
ХПК, мгО ₂ /л	50,0
Число термотолерантных колиформных бактерий в 1 л	5 · 10 ⁶
Колифаги БОЕ/л	5 · 10 ⁴

отстойников, которые предназначены для разъяснения концепции и не представляют собой законченные технические решения.

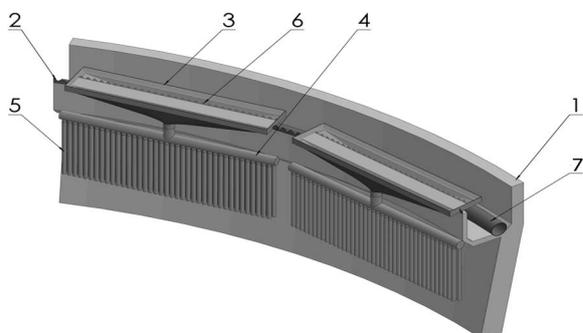


Рис. 3. Система доочистки воды вторичных отстойников от взвешенных веществ:
1 – отстойник; 2 – зубчатый перелив; 3 – переливные ёмкости; 4 – сборный коллектор; 5 – сменный патронный фильтр; 6 – зубчатый перелив переливной ёмкости; 7 – приёмный коллектор

На вторичном отстойнике 1 часть зубчатого перелива 2 заменяется на переливные ёмкости 3, к которым со стороны отстойника присоединены сборные коллекторы 4. Коллекторы 4 оборудованы сменными патронными фильтрами 5.

Внутри переливных ёмкостей находится зубчатый перелив 6 переливной ёмкости 3, выполняющий свои обычные функции. Со стороны сборного лотка переливные ёмкости 6 оборудованы патрубками (на рисунке не показаны).

При нормальной работе секции вода в отстойнике находится на уровне наружного перелива 2. Вода снаружи внутрь попадает в полости патронных фильтров 5, отсюда в сборный коллектор 4 и в переливную ёмкость 3, затем через перелив 6 по патрубку поступает в приёмный коллектор 7. Далее очищенная вода подаётся на обеззараживание.

По мере оседания на поверхности фильтров 5 ила, производительность их будет снижаться, уровень в приёмной части переливных ёмкостей 3 падать и вода перестанет поступать в патрубок, после чего происходит регенерация патронного фильтра.

Для проверки возможности использования предлагаемой технологии была разработана и сконструирована пилотная установка доочистки воды из вторичных отстойников от взвешенных веществ, которая была смонтирована на вторичном отстойнике № 7 Центральной станции аэрации (ЦСА) ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в апреле 2015 г. [11].

Конструктивно пилотная установка была выполнена в следующем виде (рис. 4).

Опытный образец состоит из внутреннего 1 и внешнего 2 коллекторов, прикрепленных друг к другу, впадина зубчатого перелива находится между

ними. К внутреннему коллектору 1, обращенному в чашу отстойника, прикреплен фильтрующий элемент 3, который представляет собой цилиндр с заглушенным торцом. Фильтроэлемент изготовлен из полимерного материала и имеет следующие размеры: длина рабочей поверхности – 600 мм, внутренний диаметр – 100 мм, наружный диаметр – 120 мм. На внешнем коллекторе 2 закреплены датчики верхнего 4 и нижнего 5 уровня жидкости во внешнем коллекторе. В нижней части внешнего коллектора имеется отверстие с вмонтированной в него трубой, на которой последовательно установлены электромагнитный запорный клапан 6, насос 7 и измеритель расхода воды 8.

На конце трубы закреплен гидрозатвор 9, открытый конец которого используется для отбора проб. В верхней части к внешнему коллектору 2 присоединены электромагнитные запорные клапаны 10 и 11. Запорный клапан 10 (нормально закрытый) предназначен для подачи в коллектор воздуха для продувания фильтра, а запорный клапан 11 (нормально открытый) служит для сообщения полости коллекторов с атмосферой.

Работа пилотной установки полностью автоматизирована (фильтрация, промывка (регенерация). Регенерация фильтрующего элемента запускается автоматически при достижении предельной потери напора или при ухудшении качества фильтрата.

Для обеспечения равномерности регенерации стенок фильтра применяются дополнительные элементы – вставки в фильтр (рассекатель), который состоит из каркаса с приваренными к нему на одинаковом расстоянии колец разного диаметра. Диаметр колец увеличивается по мере прохождения потока промывной воды в фильтрующем элементе, такое техническое решение позволяет сохранить энергию потока. Объём воды, необходимый для промывки фильтрующего элемента, составляет 10 л, за одну промывку в нем происходит десятикратная смена воды.

В связи с соотношением пор фильтрующего элемента (размер пор – 3-5 мкм) и размера хлопьев активного ила, размер которых может варьироваться от 20 до 300 мкм, попадания взвешенных веществ внутрь не происходит и активный ил налипает на внешнюю поверхность фильтроэлемента, в результате происходит мембранное фильтрование [12].

В процессе испытаний Дирекцией водоотведения ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» был организован ежедневный лабораторный контроль качества воды до и после доочистки. Результаты анализа химико-биологической лаборатории Дирекции водоотведения представлены в табл. 2.

Работа пилотной установки может быть оценена по следующим показателям [12, 13]:

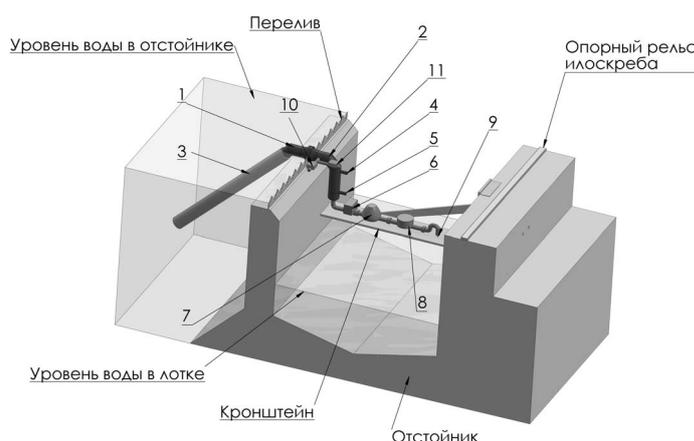


Рис. 4. Пилотная установка, закрепленная на отстойнике № 7 ЦСА:

1 – внутренний коллектор; 2 – внешний коллектор; 3 – фильтрующий элемент; 4 – датчик верхнего уровня жидкости во внешнем коллекторе; 5 – датчик нижнего уровня жидкости во внешнем коллекторе; 6 – запорный клапан; 7 – насос; 8 – измеритель расхода воды; 9 – гидрозатвор; 10, 11 – электромагнитные запорные клапаны

Таблица 2

Качество воды до и после очистки сточной воды из вторичного отстойника

Пробы воды	Дата	Взвешенные вещества, мг/дм ³	ХПК, мгО ₂ /дм ³	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³
До очистки	03.06.2015	5,6	43	8,0
После очистки		<5	39	6,0
До очистки	29.07.2015	22	32	3,0
После очистки		<5	30	2,0

1) степень очистки:

$$\delta = \frac{C_{исх} - C_{ф-та}}{C_{исх}}, \quad (1)$$

где $C_{исх}$ – концентрация твердой фазы в исходной воде, мг/л; $C_{ф-та}$ – концентрация твердой фазы в фильтрате, мг/л.

Из данных табл. 2 видно, что степень очистки в зависимости от исходной концентрации по взвешенным веществам составляет до 75 %, по БПК₅ – до 30 %, по ХПК – до 10 %;

2) скорость фильтрации (интенсивность разделения жидкости)[12, 13]:

$$v_{\phi} = \frac{dV}{d\tau \cdot S}, \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}, \quad (2)$$

где V – объём фильтрата, м³, прошедшего через единицу площади фильтрующего элемента S , м², за единицу времени τ , ч.

Производительность фильтрующей установки составляет 1,5 м³/ч с площадью фильтрации 0,226 м². Используя формулу (2), вычисляют скорость фильтрации для установки – 6,65 м³/м² · ч;

3) объемная гидравлическая нагрузка на фильтрующий элемент – 2,00 м³/ч на 0,5 м длины фильтра;

4) интенсивность промывки – 35,5 м³/м² · ч.

В результате натурных испытаний установлено, что опытный образец:

- стабильно работал в течение отчётного периода, не снижая при этом своего рабочего ресурса;
- осуществлял устойчивую доочистку воды от взвешенных веществ на 75 %, в том числе по БПК₅ – до 30 % и ХПК – до 10 %;
- значения показателей удовлетворяют требованиям, предъявляемым к сточной воде перед ультрафиолетовой обработкой Методическими указаниями 2.1.5.732-99 «Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением» (взвешенные вещества менее 5 мг/дм³, БПК₅=2,0 мгО₂/дм, ХПК= 30,0 мгО₂/дм).

Вывод. Внедрение предлагаемой технологии позволит: избежать аварийных выбросов активного ила; обеспечить стабильную работу и эффективность УФ-обеззараживания; исключить строительство капитальных дорогостоящих сооружений для доочистки сточных вод после вторичных отстойников (например, фильтров с зернистой загрузкой).

Данная разработка защищена патентами Российской Федерации [14,15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новиков Ю.В., Сайфутдинов М.М. Вода и жизнь на Земле. М.: Наука, 1981. 184 с.

2. Хенце М. Армозс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод: пер. с англ. М.: Мир, 2006. 480 с.
3. Воронов Ю. В., Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для ВУЗов. М.: Издательство АСВ, 2006. 704 с.
4. Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н. Биологическая очистка производственных сточных вод: процессы, аппараты и сооружения. М.: Стройиздат, 1985. 208 с.
5. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: АКВАРОС, 2003. 512 с.
6. Хаммер М. Технология обработки природных и сточных вод: пер. с англ. М.: Стройиздат, 1979. 400 с.
7. Филиппов В.Н. и др. Оборудование и технология очистки сточных вод, примеры расчета на ЭВМ. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003. 300 с.
8. Технологии и оборудование для комплексной очистки сточных вод с использованием биологических методов. Т. 2. М.: НИЦ «Глобус», 2007. 82 с.
9. Арцибашева М.С., Ковалёва Л.А. Обеззараживание сточных вод ультрафиолетовым излучением в промышленных условиях // Теория и технология металлургического производства. 2010. № 1. С. 174–177.
10. Методические указания 2.1.5.732-99 «Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 01.03.2003 г.) [электронный ресурс] – Портал нормативных документов «OpenGost.ru», 1997 - 2015. – Режим доступа: <http://www.opengost.ru/> - Заглавие с экрана (дата обращения: 15.05.2016).
11. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга / Колл. авторов. СПб.: Изд-во «Новый журнал», 2002. 684 с.
12. Малиновская Т.А., Кобринский И.А., Кирсанов О.С., Рейнфарт В.В. Разделение суспензий в химической промышленности. М.: Химия, 1983. 264 с.
13. Жужиков В.А. Фильтрование: теория и практика разделения суспензий. М.: Химия, 1980. 400 с.
14. Патент РФ на изобретение № 2480264 «Устройство для снижения концентрации взвешенных веществ в очищенной воде отстойника очистного сооружения»/ А.В.Утин, В.Э. Петров, О.Н. Рублевская // Подача заявки 17.11.2011. Опубликовано 27.04.2013, Бюл. № 12.
15. Патент на полезную модель № 156378 «Устройство для очистки воды от взвешенных веществ»/ В.Э. Петров, А.В. Утин // Подача заявки 24.06.2015. Опубликовано 10.11.2015, Бюл. № 31.

Об авторах:

КИМ Аркадий Николаевич

доктор технических наук, профессор кафедры водопользования и экологии
 Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4,
 тел. 8(812)575-05-32
 E-mail: kimkan17@mail.ru

РОМАНОВА Александра Юрьевна

старший преподаватель
 Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова
 198035, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7,
 тел. 8(952) 367-42-39
 E-mail: r.a.yu@yandex.ru

KIM Arkady N.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Water Use and Ecology Chair
 Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
 190005, Russia, Saint-Petersburg, 2-nd Krasnoarmeiskaya str., 4,
 tel. 8(812)575-05-32
 E-mail: kimkan17@mail.ru

ROMANOVA Alexandra Yu.

Senior Lecturer
 Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
 190005, Russia, Saint-Petersburg, Dvinskaya str., 5/7,
 tel. 8(952) 367-42-39
 E-mail: r.a.yu@yandex.ru

Для цитирования: Ким А.Н., Романова А.Ю. Доочистка биологически очищенной воды вторичных отстойников от взвешенных веществ патронными объемными фильтрующими элементами // Градостроительство и архитектура. 2016. №4(25). С. 49-53. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.9.

For citation: Kim A.N., Romanova A.Yu. Advanced treatment of biotreated water of secondary setting tanks from suspended substances by volume filter cartridges // Urban Construction and Architecture. 2016. №4(25). Pp. 49-53. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.9.