

УДК 556.16:628.35

*** РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ
ГОРОДА ПЕРМИ.
ВТОРАЯ ОЧЕРЕДЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

© 2011 г. О.А. Келль

ООО «Новая городская инфраструктура Прикамья», г. Пермь

Ключевые слова: анализ работы сооружений, биологические очистные сооружения, реконструкция, технология нитри-денитрификации, эффективность очистки сточных вод.



Представлен опыт внедрения перспективных технологий очистки стоков непосредственно на действующем объекте. Приведены результаты совместно реализованного органами власти и частным оператором проекта «Расширение и реконструкция канализации города Перми». Представлена схема реконструкции аэротенка по технологии нитри-денитрификации. Выполнен анализ работы аэрируемых песколовков, первичных и вторичных отстойников, аэротенков по удалению загрязняющих веществ. Приведена эффективность очистки сточных вод на биологических очистных сооружениях (БОС).

В результате многолетней эксплуатации системы водоотведения города без своевременного проведения реконструкции сетей и сооружений биологической очистки сточных вод с внедрением современных технологий, недостаточного финансирования программы расширения и реконструкции канализации г. Перми (Пермский край) в городе до 2009 г. складывалась неблагоприятная санитарно-эпидемиологическая и экологическая обстановка. Вследствие отсутствия производственных мощностей на очистных сооружениях канализации города Перми, аварийный сброс неочищенных сточных вод в р. Данилиху в количестве более 80 тыс. м³/сут, поступающих далее в р. Каму, осуществлялся на террито-

* Работа представлена на XI Международном научно-практическом симпозиуме и выставке «Чистая вода России», 18—20 мая 2011 г., Екатеринбург.

рии города на протяжении многих лет. Постоянное интенсивное загрязнение источников водоснабжения города неочищенными сточными водами привело к ухудшению их качества и, как следствие, ухудшению санитарно-эпидемиологической обстановки с водоснабжением города. Кроме того, сброс неочищенных канализационных сточных вод представлял значительную инфекционную опасность.

С целью предотвращения сброса неочищенных сточных вод в р. Данилиху и, далее в р. Каму, проектным институтом ЗАО «Гипрокоммунаводоканал» (Санкт-Петербург) была выполнена корректировка технических решений, заложенных в проект 1984 г. «Расширение и реконструкция канализации города Перми» с доведением общей производительности биологических очистных сооружений (БОС) с 385 до 440 тыс. м³/сут.

В настоящее время биологические очистные сооружения работают в две очереди, производительностью по 220 тыс. м³/сут каждая. Таким образом, общая проектная производительность БОС составляет 440 тыс. м³/сут (рис. 1).

Технологическая схема 1-й очереди включает в себя: приемную камеру-гаситель, здание решеток, песколовки, первичные отстойники, 5 секций аэротенков I ступени, 4 вторичных отстойника, 11 секций аэротенков II ступени, 6 третичных отстойников. Таким образом, на данной очереди осуществляется двухступенчатая схема биологической очистки сточных вод.

Технологическая схема 2-й очереди включает в себя тот же набор сооружений, что и первая, но работает по схеме одноступенчатой очистки сточных вод с использованием современной технологии эффективного удаления биогенных элементов (нитри-денитрификации).

Работы по реализации проекта реконструкции 2-й очереди были начаты в 2003 г. ООО «НОВОГОР-Прикамье» и городскими властями. Затем проект вошел в подпрограмму «Модернизация объектов коммунальной инфраструктуры» Федеральной целевой программы «Жилище». В рамках проекта проводились работы по строительству главного разгрузочного коллектора (финансирование за счет муниципальных средств), строительству районной насосной станции (РНС-3), реконструкция БОС (финансирование за счет федеральных, краевых, муниципальных бюджетов и инвестиционных средств ООО «НОВОГОР-Прикамье» на паритетных началах).

В 2009 г. работы по реконструкции сооружений 2-й очереди города выполнены в полном объеме. Затраты на реализацию проекта за период 2006—2010 гг. составили 305 млн рублей из федерального, краевого, муниципального бюджетов и средств ООО «НОВОГОР-Прикамье».

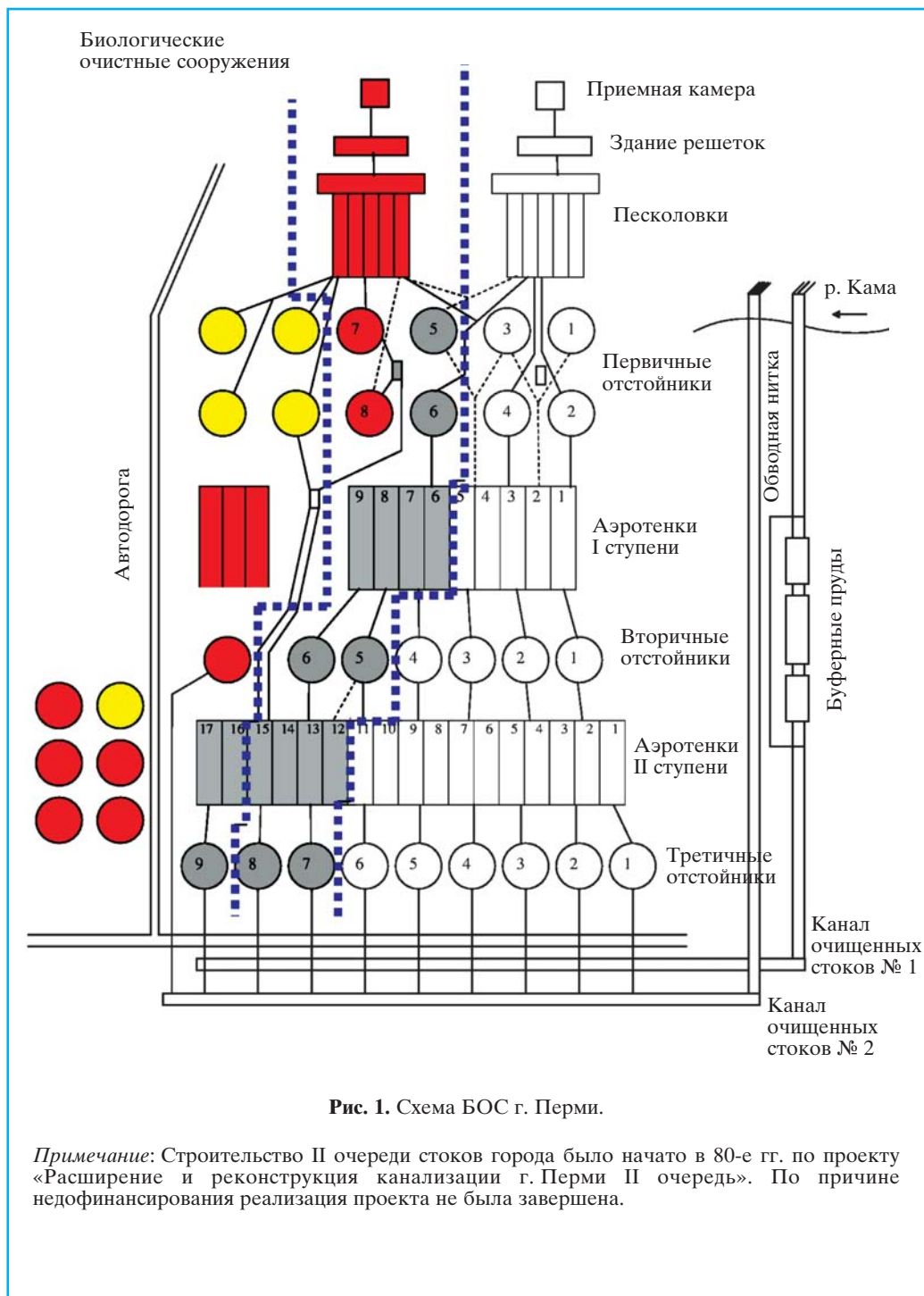


Рис. 1. Схема БОС г. Перми.

Примечание: Строительство II очереди стоков города было начато в 80-е гг. по проекту «Расширение и реконструкция канализации г. Перми II очередь». По причине недофинансирования реализация проекта не была завершена.

В основе биологической очистки лежит технология нитри-денитрификации и биологического удаления фосфора. Эта технология, основанная на том, что микроорганизмы активного ила способны использовать окислы азота в качестве источника дыхания при отсутствии или низкой концентрации растворенного кислорода и на удалении фосфора с избыточным активным илом за счет повышенного его содержания в клеточном веществе бактерий, требует устройства аноксидной (денитрификационной), анаэробной и аэробной (нитрификационной) зон [1].

К проектированию биологического удаления биогенных элементов была принята трехзонная схема анаэробно-аноксидно-оксидной (АА/О) обработки сточных вод [2]. Размеры зон внутри 4-коридорного аэротенка приняты фиксированными, рассчитанными на существующее соотношение БПК/Н. Регулировка степени очистки при колебании концентраций загрязнений осуществляется изменением дозы ила в аэротенке.

Механически очищенные сточные воды подаются в разводящий канал сточных вод аэротенков. Оттуда 20 % сточных вод поступают по трубам в анаэробную зону, где осуществляется их дефосфатирование (рис. 2). Под анаэробную зону отведена 1/3 первого коридора каждой секции аэротенков. Для создания условий нитрификации в нитрификационные зоны аэротенков осуществляется подача сжатого воздуха через аэрационную систему производства НПФ «ЭТЕК ЛТД» (г. Калуга).

Основная масса сточных вод (80 %) подается в аноксидную зону, предназначенную для денитрификации циркулирующего активного ила и нитратсодержащей иловой смеси, подаваемой насосом из конца зоны нитрификации. Под аноксидную зону отведено 2/3 первого коридора каждой секции аэротенков. В каждой анаэробной зоне установлены по две и в каждой аноксидной зоне — по четыре горизонтальных погружных мешалки производства Grundfos для перемешивания иловой смеси.

Технология последовательного двухстадийного окисления (сначала углерода, а затем азота) обусловлена условиями существования бактерий — нитрификаторов (*Nitrosomonas Nitrobacter*), не терпящих присутствия в воде легкоокисляемых органических веществ. На стадии окисления углерода они ингибированы и включаются в активную деятельность только после окисления 60—70 % органических загрязнений, или, в иной трактовке, — после резкого снижения величины БПК₅ [2].

На 2-й очереди БОС г. Перми в аэротенках, работающих по технологии нитри-денитрификации, процессы окисления форм азота происходят полностью, об этом свидетельствуют данные лабораторного кон-

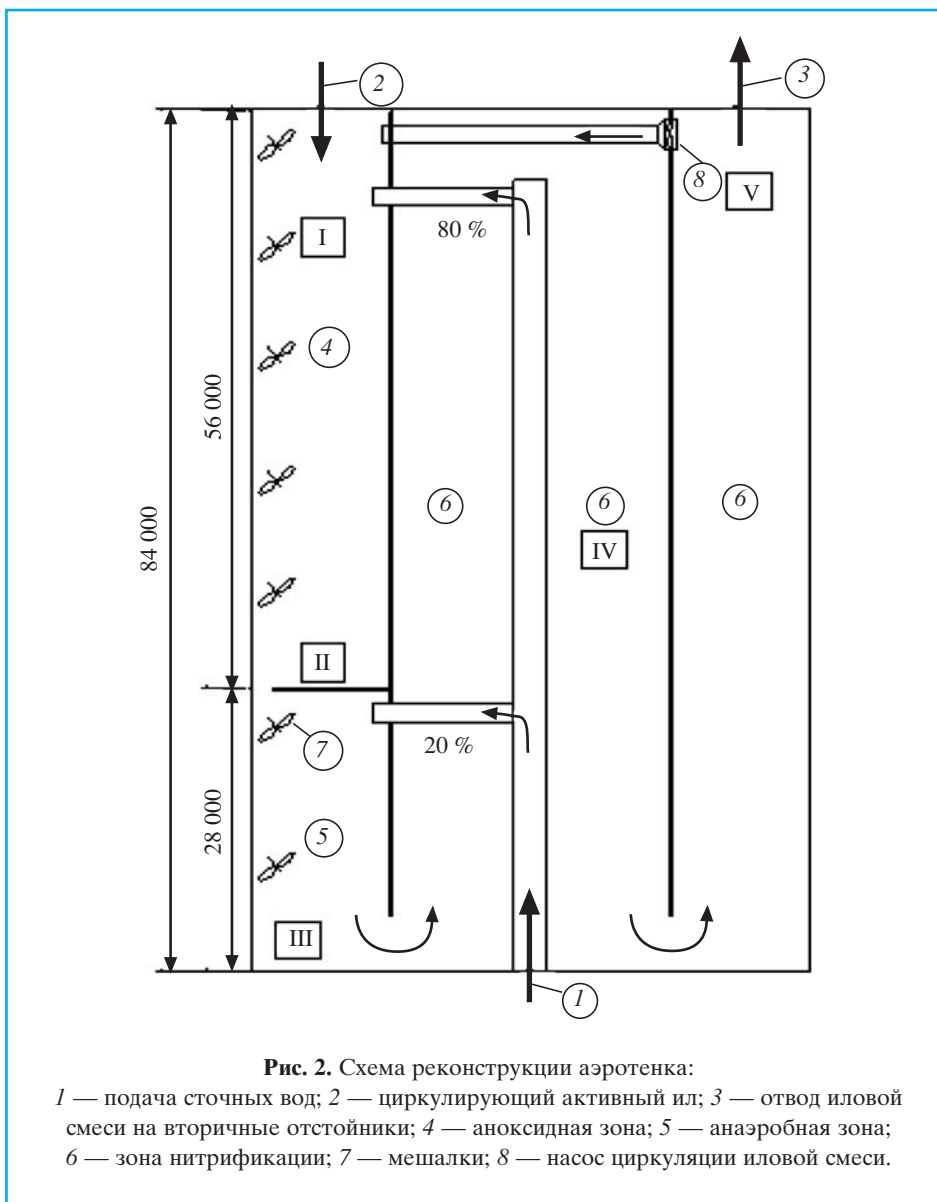


Рис. 2. Схема реконструкции аэротенка:

1 — подача сточных вод; 2 — циркулирующий активный ил; 3 — отвод иловой смеси на вторичные отстойники; 4 — аноксидная зона; 5 — анаэробная зона; 6 — зона нитрификации; 7 — мешалки; 8 — насос циркуляции иловой смеси.

троля по пяти выделенным зонам аэротенков. Ниже представлены графики по изменению концентраций азота аммонийных солей, нитритов, нитратов и фосфатов в аэротенках, работающих по одноступенчатой схеме очистки.

Из представленных графиков (рис. 3) хорошо прослеживается процесс окисления форм азота по зонам аэротенка со значений 5,8 до

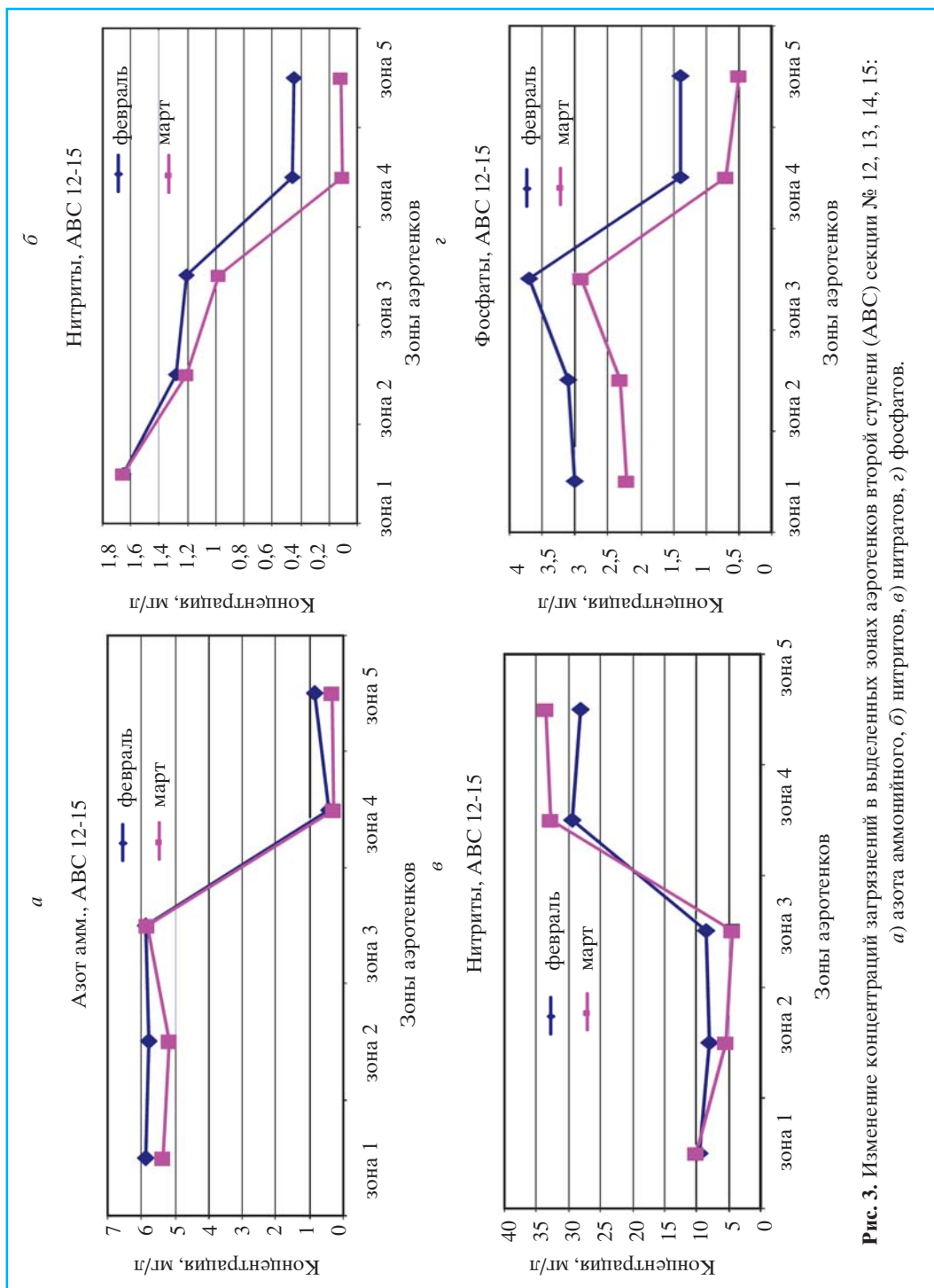


Рис. 3. Изменение концентраций загрязнений в выделенных зонах аэротенков второй ступени (АВС) секции № 12, 13, 14, 15: а) азота аммонийного, б) нитритов, в) нитратов, г) фосфатов.

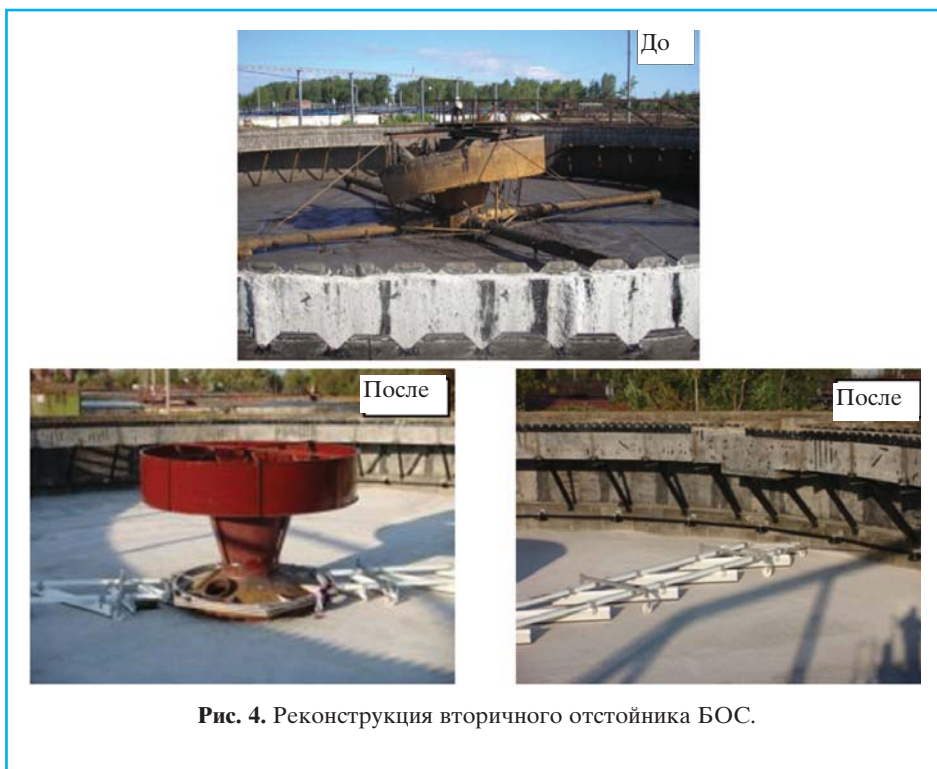


Рис. 4. Реконструкция вторичного отстойника БОС.

0,33 мг/л для азота аммонийного; 1,65 до 0,11 мг/л для нитритов; 9,6—33,5 мг/л для ионов нитратов и снижение концентраций фосфора с 3,0 до 0,5 мг/л. Применение данной технологии предусматривает снижение концентраций азота аммонийного, ионов нитритов, с увеличением концентраций ионов нитратов.

С целью повышения надежности эксплуатации сооружений существовавшая до этого система сбора ила заменена на илоскребок фирмы Finnchain. Ил со дна отстойника сдвигается илоскребом в центральную часть отстойника, где осуществляется его сбор (рис. 4). Выбор системы сбора ила был сделан после проведенного анализа существующих систем для радиальных отстойников. Основными критериями при выборе скребковых систем были: надежность применяемых конструкций, срок службы оборудования на очистных сооружениях России, снижение эксплуатационных затрат. В результате предпочтение было отдано системе Finnchain, которая обладает рядом преимуществ перед традиционной системой. Среди них:

- все движущие части системы расположены под водой, поэтому погодные условия не влияют на надежность работы системы;

Таблица 1. Анализ работы сооружений механической очистки БОС

Аэрируемые песколовки			
<i>Влажность песка, %</i>		<i>Зольность песка, %</i>	
<i>Норма</i>	<i>Факт</i>	<i>Норма</i>	<i>Факт</i>
Не выше 60	23,0—55,6	Не ниже 70	68,5—98,9
Первичные отстойники			
<i>Зольность осадка, %</i>		<i>Эффект осветления сточных вод, %</i>	
<i>Норма</i>	<i>Факт</i>	<i>Норма</i>	<i>Факт</i>
Не выше 32	26,9—33,4	Не ниже 41	37,0—58,0

- система не подвержена коррозионному износу, т. к. металлические детали выполнены из нержавеющей стали, цепь и ролики — из полимерных материалов;
- малое потребление электрической энергии;
- система рассчитана на длительный срок службы.

Ниже представлен анализ работы сооружений механической очистки по удалению осадков на биологических очистных сооружениях (табл. 1):

Из представленных данных можно заключить, что аэрируемые песколовки работают эффективно, поскольку влажность осадка не превышает 60 % и находится на уровне 23,0—55,6 %; зольность осадка находится в пределах, регламентируемых нормативными документами, а именно на уровне 68,5—98,9 %.

Косвенным показателем работы песколовки является процентное содержание и крупность песка в сыром осадке из первичных отстойников. Работа песколовки принимается как удовлетворительная, если в осадке первичных отстойников содержание песка составляет 5—8 %, а зольность осадка не превышает 32 %. Зольность сырого осадка с первичных отстойников находится в пределах 26,9—33,4 %.

Также эффективность работы первичных отстойников оценивается по содержанию взвешенных веществ, поступающих в отстойник и осветленных водах. Эффект осветления сточных вод в первичных отстойниках проектом определен на уровне 41,14 %. По факту в среднем он составляет 37,0—58,0 %.

Работу вторичных отстойников оценивают по выносу взвешенных веществ, концентрации возвратного ила и влажности осадка. Эти показатели характеризуют их основные функции: отделение очищенной воды от активного ила, уплотнение ила. Управление работой вторичных отстойников является очень важной задачей эксплуатирующей службы, поскольку эффективность вторичного отстаивания непо-

Таблица 2. Анализ работы вторичных отстойников БОС

Влажность осадка, %		Взвешенные вещества, мг/л	
Норма	Факт	Норма	Факт
98,0—99,6	99,1	Не более 5	3,8—6,1

средственно влияет на ход биохимического окисления в аэротенках и, в значительной степени, определяет содержание взвешенных веществ в очищенных водах, т. е. потери биомассы активного ила и его прирост.

Вынос взвешенных веществ из системы вторичных отстойников не превышает 5 мг/л, что свидетельствует о соблюдении всех установленных технологических параметров работы отстойников согласно проекту (табл. 2). Влажность удаляемого осадка находится также в оптимальных для отгрузки осадка пределах 98,3—99,1 %.

На период окончания проведения пусконаладочных работ на сооружениях 2-й очереди БОС (конец 2009 г.), эффективность очистки сточных вод на сооружениях составила (в %): ХПК — 93,7; БПКп — 94,9; взвешенные вещества — 95,0; нефтепродукты — 98,4; азот аммонийных солей — 83,6; фосфор — 38,5. БПКп — биохимическое потребление кислорода, т. е. количество растворенного кислорода, потребленного микроорганизмами за установленное время в определенных условиях при биохимическом окислении содержащихся в воде органических веществ. Характеризует содержание легко окисляемых органических веществ, способных к биохимическому разложению, выражается в мг O₂ на литр.

Исходя из среднегодовых показателей эффективности очистки сточных вод на сооружениях биологической очистки, а также на основании эффективности удаления загрязняющих веществ в процессе очистки на БОС [3] можно заключить следующее:

— по удалению органических веществ (ХПК, БПК) и взвешенных веществ эффективность очистки остается на уровне среднегодовых показателей очистки сточных вод до проведения реконструкции;

— по нефтепродуктам, азоту аммонийному, фосфатам эффективность очистки превышает установленные пределы на 20, 50 и 8 %, соответственно.

Анализ полученных результатов подтверждает целесообразность выбора технологической схемы очистки с высокими показателями качества очищенной воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мишуков Б.Г., Соловьева Е.А. Удаление азота и фосфора на очистных сооружениях городской канализации // Приложение к журналу Вода и Экология, 2004. С. 36—38.
2. Методические рекомендации по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов. М., 2001.
3. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: АСВ, 2004. 704 с.

Сведения об авторе:

Келль Оксана Александровна, к. б. н., главный технолог по очистке стоков, ООО «Новая городская инфраструктура Прикамья», 614065, Россия, г. Пермь, ул. Фрезеровщиков, 50, e-mail: kell.o@novogor.perm.ru