

В. С. Ним
Генеральный директор
ООО «GSP-Project»

Н. Ю. БОЛЬШАКОВ
К.т.н., доцент, ведущий
специалист
ООО «GSP-Project»

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. ТИХВИНА

24

На канализационных очистных сооружениях (КОС) г. Тихвина проектом предусмотрена типовая схема очистки сточных вод: механическая очистка на решетках, песколовках и первичных отстойниках и биологическая очистка в системе аэротенк — вторичный отстойник. Технология очистки сточных вод в аэротенке — традиционная биологическая очистка от органических веществ с нитрификацией (рис. 1).

В состав аэротенка КОС г. Тихвина входят три четырехкоридорных секции. Длина коридора 60 м, ширина секции 18 м, глубина 4,4 м. Подача возвратного ила осуществляется в начало первого коридора каждой секции; подача сточной воды предусмотрена в начало второго и третьего коридоров. До 2009 г. эксплуатация аэротенка КОС г. Тихвина производилась по технологии традиционной аэробной биологической очистки, на очистку поступало около 20000 м³ сточной воды в сутки, при этом подача сточной воды на сооружения биологической очистки осуществлялась только в начало второго коридора каждой секции, т. е. обеспечивалась 25 % регенерация ила.

Установленная для КОС г. Тихвина допустимая концентрация на сброс загрязняющих веществ по нормативу НДС составляет: аммонийный азот — 1,46 мг/л, азот нитратов — 13,5 мг/л, общий азот — 15 мг/л. При работе аэротенка по технологии традиционной аэробной биологической очистки с нитрификацией наблюдалось превышение норматива на сброс нитратного и общего азота.

Аэробная биологическая очистка с нитрификацией не позволяет осуществлять эффективное удаление азота. Для обеспечения действующего норматива на сброс было решено использовать технологию нитриденитрификации с предшествующей нитрификацией. Данная технология имеет наименьшие эксплуатационные расходы, а ее реализация в существующем аэротенке не требует капитальных затрат. Главным образом это связано с отсутствием нитратной рециркуляции иловой смеси с выхода аэротенка на вход и прокладкой соответствующих трубопроводов.

Для реализации технологии нитриденитрификации по длине аэротенка создаются не только аэробные, но и анаэробные условия (зоны денитрификации). Анаэробные условия создаются заменой аэрации на механическое перемешивание, обеспечивающее поддержание активного ила во взвешенном состоянии. Механическое перемешивание энергетически выгоднее аэрации, поэтому использование нитратов вместо молекулярного кислорода на биоокисление органических веществ не только повышает эффективность очистки от азота, но и сокращает затраты энергии на биологическую очистку. Однако для действующих очистных сооружений реконструкция аэротенков с заменой аэрации

на механическое перемешивание требует значительных капитальных затрат, связанных с проведением строительно-монтажных работ и высокой стоимостью импортных перемешивающих устройств. Альтернативный подход, который был использован на КОС г. Тихвина, состоит в создании анаэробных условий в аэротенке за счет низкой (минимально допустимой для предотвращения осаждения активного ила) интенсивности аэрации.

При выделении в части объема аэротенка зон денитрификации объем аэробных зон (зон нитрификации) снижается. Параметром, определяющим наличие или отсутствие нитрификации в аэротенке, является возраст аэробного ила [1]. При снижении аэробного возраста ила ниже минимально допустимого нитрификация в аэротенке пропадает, что в свою очередь сопровождается высоким содержанием аммонийного и нитритного азота в очищенной сточной воде. При достаточно высоком возрасте аэробного ила и отсутствии лимитирования процесса по концентрации растворенного кислорода протекает эффективная нитрификация, что соответствует отсутствию аммонийного и нитритного азота. Исходя из вышесказанного, важной задачей представляется оценка возраста ила для определения допустимого сокращения объема аэробных зон. Для расчета возраста ила была использована специальная методика (1). По сравнению с методикой [3] данная методика позволяет намного точнее рассчитать величину прироста ила, т. к. учитывает зависимость прироста ила от возраста, температуры сточных вод, других важных параметров.

$$\begin{cases} \tau_x = \frac{\tau X}{\Delta X} \\ \Delta X = \frac{0,45L(1+0,2b_T\tau_x) + B(1+0,5b_T\tau_x)}{1+b_T\tau_x} \end{cases} \quad (1)$$

где τ_x — возраст ила в сутках;
 τ — время пребывания сточной воды в аэротенке в сутках;
 X — концентрация ила в аэротенке, мг/л;
 D_x — прирост активного ила, мг/л;
 b_T — константа скорости самоокисления биомассы при температуре сточной воды T , сут⁻¹;
 B — концентрация взвешенных веществ в сточной воде после механической очистки;
 L — БПК_п фильтрованной пробы сточной воды после механической очистки.

Согласно результатам расчета было определено, что для двух эксплуатируемых секций аэротенка объем, занимаемый аэробными зонами, должен составлять не менее трех коридоров каждой секции. Технология

нитриденитрификации в системе аэротенк — вторичный отстойник, реализованная на КОС г. Тихвина, приведена на рисунке 2. Объемы выделенных зон:

Д 1 — первая половина первого коридора;

Н 1 — вторая половина первого коридора и второй коридор;

Д 2 — третий коридор;

Н 2 — четвертый коридор.

Подача сточной воды осуществляется в начало второго и третьего коридоров. В начало второго коридора подается 70–80 % сточной воды, в начало третьего коридора — 20–30 %.

При работе аэротенка в режиме нитриденитрификации сброс соединений азота оказался существенно ниже установленного норматива. Достигнутые после перевода аэротенка КОС г. Тихвина в режим нитриденитрификации результаты приведены в таблице [4].

В период с 2012 г. до начала 2014 г. на КОС г. Тихвина начало наблюдаться постепенное снижение эффективности нитрификации в аэротенке: концентрация аммонийного азота в очищенной воде достигала 4,0 мг/л, соответственно, наблюдалось и снижение эффективности очистки от азота в целом. При этом ухудшение нитрификации происходило на фоне увеличения возраста ила (по причине постепенного снижения гидравлической нагрузки). После проведенного обследования системы аэротенк — вторичный отстойник был сделан вывод о лимитировании процесса нитрификации по растворенному кислороду. Концентрация растворенного кислорода в аэробных зонах не превышала 1 мг/л, а в среднем по аэробным зонам составила 0,5 мг/л. Обеспечить требуемый кислородный режим в аэротенке не удалось даже после перехода на воздуходувный агрегат большей производительности.

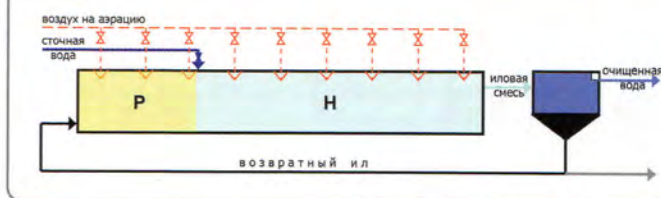
Таким образом, установленная в эксплуатируемых секциях аэротенка КОС г. Тихвина аэрационная система (фото 1а) морально и физически устарела.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ОТ АЗОТА НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ Г. ТИХВИНА ДО И ПОСЛЕ ПЕРЕХОДА НА ТЕХНОЛОГИЮ НИТРИДЕНИТРИФИКАЦИИ

Применяемая технология	Концентрация в очищенной воде (выход очистных сооружений г. Тихвина), мг/л						
	N-NH ₄	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃	N _{воорг.}	Взвеш. вещ-ва, мг/л	N _{орг} [*]	N _{общ}
Традиционная технология	0,96	0,21	16,9	18,1	5,3	0,78	18,9
Технология нитриденитрификации	0,18	0,05	5,9	6,13	<5	0,75	6,9

* Концентрация органического азота получена расчетом.

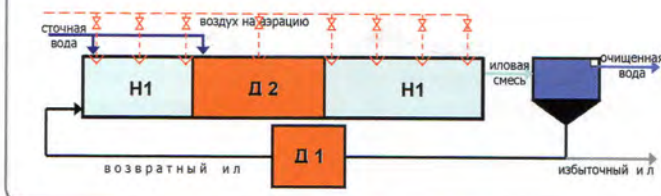
РИС. 1



ПРИНЯТАЯ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ СХЕМА РАБОТЫ АЭРОТЕНКА ПО ТЕХНОЛОГИИ ТРАДИЦИОННОЙ (АЭРОБНОЙ) БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Р — регенератор (аэробные условия);
Н — зона нитрификации (аэробные условия)

РИС. 2



ТЕХНОЛОГИЯ НИТРИДЕНИТРИФИКАЦИИ В СИСТЕМЕ АЭРОТЕНК — ВТОРИЧНЫЙ ОТСТОЙНИК, РЕАЛИЗОВАННАЯ НА КОС Г. ТИХВИНА

Для решения возникшей проблемы было решено произвести модернизацию сооружений биологической очистки с заменой имеющегося аэрационного оборудования. В ходе произведенных по специальной методике [2] расчетов было показано, что в случае установки в аэробных зонах современного аэрационного оборудования для очистки поступающих на КОС г. Тихвина сточных вод достаточно использовать не две, а только одну секцию аэротенка. Данное решение в дальнейшем позволило значительно сократить затраты на модернизацию. К применяемому аэрационному оборудованию предъявлялись следующие требования.



АЭРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ АЭРОТЕНКА КОС Г. ТИХВИНА:

а — система аэрации до 2014 г.;
б — система аэрации NODON



- [1] Хенце М. Биологическая очистка сточных вод. — М.: Мир, 2004.
 [2] Большаков Н. Ю. Оптимизация технологического процесса в системе аэротенк — отстойник для минимизации сброса органических веществ и биогенных элементов. — Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. к. т. н. — СПб.: СПбГИ (ТУ), 2005.
 [3] СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения. — М.: ОАО «ЦПП», 2008.
 [4] Большаков Н. Ю. Отчет ООО «ЭКОВОД» по договору № 05–02 от 24.06.2009. — СПб., 2009.

1. Большая эффективность использования кислорода аэрирующего воздуха (высокий коэффициент типа аэратора), что необходимо для интенсификации аэробных процессов, в частности, нитрификации, и возможности сокращения объема аэробных зон.
2. Широкая аэрируемая полоса.
3. Аэрационные элементы новой аэрационной системы не должны относиться к типу незащищенных (поры не смыкаются при отключении аэрации), т. е. в поры может проникать песок, взвешенные частицы и организмы активного ила. К таким аэраторам относятся трубчатые аэраторы, которые работают эффективно 4–5 лет. Защищенными считаются тарельчатые аэраторы с подвижной мембраной, которая смыкается при прекращении подачи воздуха, тем самым предупреждая заросение пор.

После рассмотрения различных вариантов аэрационной системой, полностью удовлетворяющей перечисленным выше требованиям была признана система аэрации *Норон* (см. фото 1б). Данная аэрационная система была

установлена в одной из секций аэротенка КОС г. Тихвина в октябре 2014 г. Первые результаты контроля работы секции аэротенка показали правильность реализованных решений: концентрация растворенного кислорода в аэробных зонах аэротенка существенно увеличилась (до 6 мг/л), что позволило не только соединением азота и улучшить седиментационные свойства активного ила, но и повысить энергоэффективность работы КОС — перейти на воздухоудку меньшей производительности.

До перехода на технологию нитриденитрификации использовался турбокомпрессор ТВ-175-1,6 (потребляемая мощность 250 кВт·ч), после перехода стало возможным использование воздухоудки ТВ-80-1,6 (потребляемая мощность 132 кВт·ч). При ставке платы за потребляемую электроэнергию 3,33 руб./кВт экономический результат для МП «Водоканал г. Тихвин» составил: $3,33 \times (250 - 132) \times 24 \times 365 = 3442154$ руб./год. С учетом снижения платы за сброс биогенов реальный экономический результат оказывается еще выше.

ВЫВОДЫ

Внедрение технологии нитриденитрификации на КОС г. Тихвина и установка новой аэрационной системы позволили повысить энергоэффективность работы очистных сооружений и обеспечить нормативный сброс. За счет сокращения энергопотребления экономический результат от реализации новой технологии и установки современной аэрационной системы составляет около 3,4 млн руб./год (без учета сокращения платы за сброс). Срок окупаемости затрат на закупку новой аэрационной системы составляет менее 1 года. ●

11-14 марта 2015

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ



СПЕШИТЕ СТАТЬ
УЧАСТНИКОМ ВЫСТАВКИ!

Информация для посетителей и участников на сайте www.vertolexpo.ru

МЕЖДУНАРОДНАЯ*



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА

СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МАТЕРИАЛОВ

Генеральный информационный спонсор:



Генеральный информационный партнер:



ВЕРТОЛ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР **EXPO**

* В 2014 г. проект «СТИМЭкспо» прошел независимый аудит и подтвердил статус международной выставки.

Ростов-на-Дону, пр. М. Нагибина, 30, тел. (863) 268-77-68