

УДК 628.35

ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Ким В.С., генеральный директор;

Большаков Н.Ю., канд. техн. наук, доцент, ведущий специалист,
ООО GSP-Project, г. Санкт-Петербург

Представлены результаты модернизации очистных сооружений г. Тихвина. В статье показано, что реализация современных технологий биологической очистки позволяет не только качественно очистить сточные воды, но и получить существенный экономический результат, который составляет 3 млн руб./год. Достигнутые результаты позволяют рекомендовать используемый подход для других очистных сооружений.

Ключевые слова: аэротенк, нитрификация, денитрификация, возраст ила, аэрационные системы, активный ил, нитриденитрификация.

IMPLEMENTATION OF POWER-EFFICIENT BIO-TECHNOLOGY FOR URBAN SEWAGE WATERS

Kim V.S., general director;

Bolshakov N.Y., Ph.D. of technical sciences, associate professor, leading specialist,
"GSP-Project" LLC, city of St. Petersburg

Results of water treatment facilities modernisation in the city of Tikhvin are presented. The article shows that realisation of modern technologies in bio-treatment allows not only enhance quality of treated sewage waters, but also to gain sufficient commercial results in amount of 3 mio. RUR/year. Achieved results allow to recommend applied approach for other treatment facilities.

Key words: aerotank, nitrification, denitrification, age of silt, aeration systems, active silt, nitrodenitrification.

На канализационных очистных сооружениях (КОС) г. Тихвина Ленинградской обл., 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 20 тыс. 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 %-ная 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

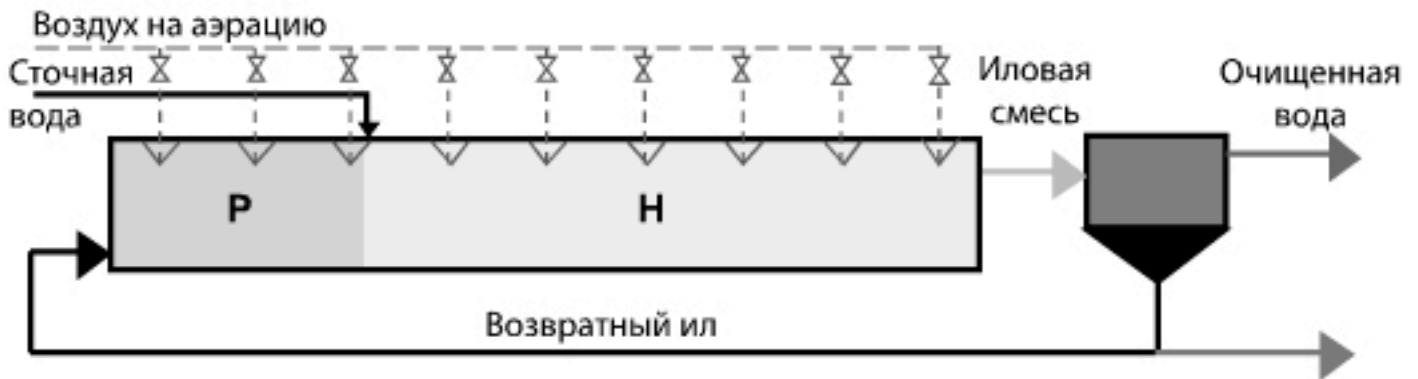


Рис. 1. Принятая в настоящее время схема работы аэротенка по технологии традиционной (аэробной) биологической очистки: P – регенератор (аэробные условия); H – зона нитрификации (аэробные условия)

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

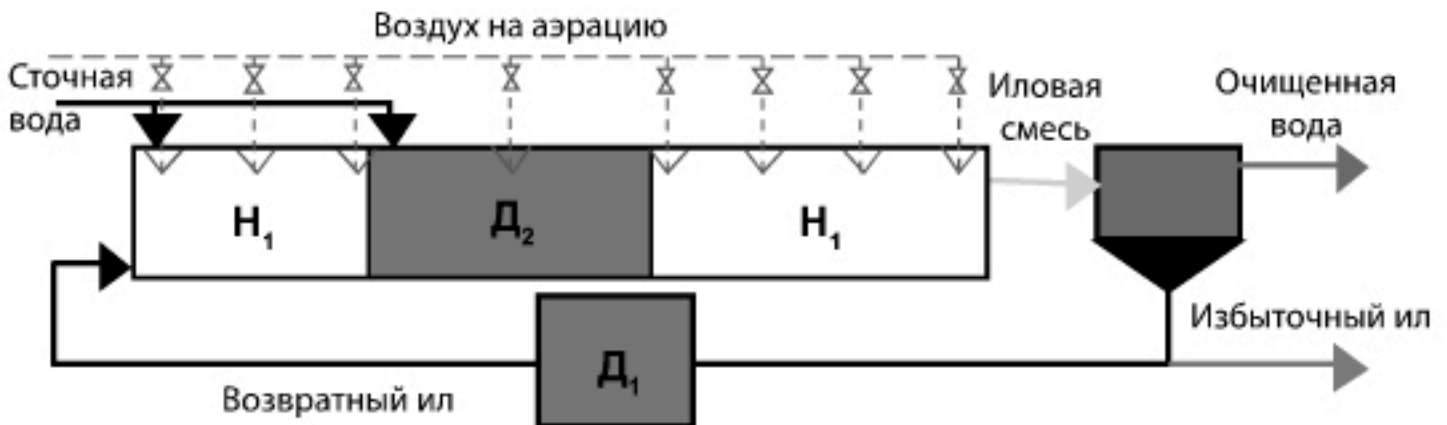


Рис. 2. Технология нитриденитрификации в системе «аэротенк – вторичный отстойник», реализованная на КОС г. Тихвина: D₁ – первая половина первого коридора; H₁ – вторая половина первого коридора и второй коридор; D₂ – третий коридор; H₂ – четвертый коридор

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.

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

где: τ_x – возраст ила в сутках;
 τ – время пребывания сточной воды в аэротенке в сутках;
 X – концентрация ила в аэротенке, мг/л;
 ΔX – прирост активного ила, мг/л;
 b_T – константа скорости самоокисления биомассы при температуре сточной воды T , сут⁻¹;
 V – концентрация взвешенных веществ в сточной воде после механической очистки;
 L – БПК_н 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 рис. 2. Объемы выделенных зон: D_1 – первая половина первого коридора; H_1 – вторая половина первого коридора и второй коридор; D_2 – третий коридор; H_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 табл. 1 [4].

В период с 2012 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

Таблица

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 _{инорг.}	взвеш. вещ-ва	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

*Примечание: концентрация органического азота получена расчетом.

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 воздуходушный агрегат большей производительности.

Таким образом, установленная в эксплуатируемых секциях аэротенка КОС г. Тихвина аэрационная система (рис. 3а) морально и физически устарела.

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:

- 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;
- широкая аэрируемая полоса;
- аэрационные элементы новой аэрационной системы не должны относиться к типу незащи-

щенных (поры не смыкаются при отключении аэрации), т.е. в поры могут проникать песок, взвешенные частицы и организмы активного ила. К таким аэраторам относятся трубчатые, которые работают эффективно 4–5 лет. Защищенными считаются тарельчатые аэраторы с подвижной мембраной, которая смыкается при прекращении подачи воздуха, тем самым предупреждая засорение пор.

После рассмотрения различных вариантов аэрационной системой, полностью удовлетворяющей перечисленным выше требованиям, была признана система аэрации Норон (рис. 3б). 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 обеспечить требуемую эффективность очистки по всем соединениям азота и улучшить седиментационные свойства активного ила, но и повысить энергоэффективность работы КОС – перейти на воздуходушку меньшей производительности.

До перехода на технологию нитриденитрификации использовался турбокомпрессор ТВ-175-1,6 (потребляемая мощность – 250 кВт/ч), после перехода стало возможным использование воздуходушки ТВ-80-1,6 (потребляемая мощность – 132 кВт/ч). При ставке платы за потребляемую



а)



б)

Рис. 3. Аэрационные системы аэротенка КОС г. Тихвина: а) система аэрации до 2014 г.; б) система аэрации NORON

электроэнергию 3,33 руб./кВт, экономический результат для МП «Водоканал г. Тихвина» составил: $3,33 \cdot (250-132) \cdot 24 \cdot 365 = 3\,442\,154$ 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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Хенце М.** Биологическая очистка сточных вод. – М.: Мир, 2004. – 480 с.
2. **Большаков Н.Ю.** Оптимизация технологического процесса в системе «аэротенк – отстойник» для минимизации сброса органических веществ и биогенных элементов // Автореф. дисс. канд. техн. наук. – СПб., 2005. – 17 с.
3. **СНиП 2.04.03-85.** Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ОАО «ЦПП», 2008. – 87 с.
4. **Большаков Н.Ю.** Отчет ООО «ЭКОВОД» по Договору № 05-02 от 24.06.2009. – СПб, 2009. – 31 с.

НАДЕЖНЫЙ ПРОВОДНИК В МИРЕ ПРИБОРОВ И АВТОМАТИКИ

<http://kip.panor.ru>

В каждом номере: организация сервиса КИП и автоматики; создание автоматизированных систем управления, их программное и техническое обеспечение; комплексное управление технологическими и бизнес-процессами; новые разработки электронной аппаратуры; тестирование технологического оборудования; метрологическая экспертиза и технические характеристики приборов и аппаратуры.

В журнале приводятся примеры лучших отечественных разработок КИП и автоматики, плодотворного делового сотрудничества российских предприятий с зарубежными компаниями в области освоения выпуска приборов по лицензиям.

Наши эксперты и авторы:

Пахомов В.И., главный инженер ПО «Спецавтоматика»; **Вьюгов Д.А.**, заместитель директора ООО «КИП-сервис»; начальник отдела компании «Систем Сенсор Фаир Детекторс»; **Неплюхов И.Н.**, канд. техн. наук; **Телитченко Г.И.** и **Швецов В.Н.**, специалисты ВНИИ метрологии; **Алексеев А.А.**, технический директор ЗАО «ЭМИКОН»; **Громов Д.Н.**, главный инженер НПФ «КонтрАвт»; **Леонов Г.В.**, заместитель проректора по научной работе КубГУ; **Никоненко В.А.**, заслуженный метролог России, генеральный директор

ОАО НПФ «Эталон»; **Примеров М.С.**, канд. техн. наук; главный инженер ЗАО «РТ-Софт»; **Андреев В.С.**, технический директор ОАО «Элар» и многие другие специалисты в области КИПиА.

Председатель редакционного совета журнала — проф. **Красовский В.Е.**, ученый секретарь Института электронных управляющих машин им. И.С. Брука.

Издается при информационной поддержке Российской инженерной академии, Института электронных управляющих машин, ВНИИ метрологии им. Д.И. Менделеева, ВНИИ метрологической службы и Союза машиностроителей.

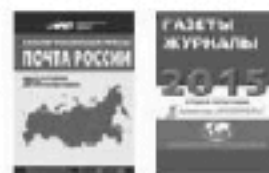
Ежемесячное издание.

Распространяется по подписке и на отраслевых мероприятиях.

ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ

- Рынок аппаратуры
- Измерительные технологии и оборудование
- Интегрированные датчики
- Бесконтактные измерения
- Автоматизация
- Автоматика
- Обслуживание и ремонт
- Советы профессионалов
- Метрология

**КИП и
АВТОМАТИКА
ОБСЛУЖИВАНИЕ
И РЕМОНТ**



ИНДЕКСЫ

12533 84818

На правах рекламы

Для оформления подписки через редакцию необходимо получить счет на оплату, прислав заявку по электронному адресу podpiska@panor.ru или по факсу (495) 664-2761, а также позвонив по телефонам: (495) 749-2164, 749-4273.