

ИЗДАНИЕ

НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ



2017
ГОД ЭКОЛОГИИ
В РОССИИ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
НДТ НА ОС:
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
АНАЛИЗ



ИННОВАЦИОННЫЕ
РЕШЕНИЯ,
внедряемые ЛВКП



ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ НДТ
в объемах существующих
сооружений
биологической очистки



40 ЛЕТ ПРИМЕНЕНИЯ
ЦЕНТРИФУГ
на ОС Ленинграда –
Санкт-Петербурга



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ
искусственными водоемами
в системах ВиВ



СНИЖЕНИЕ ЗАПАХОВ
в выбросах
от сооружений
канализации

VODA
NEWS

ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ ОТРАСЛИ ВКХ
vodanews.info

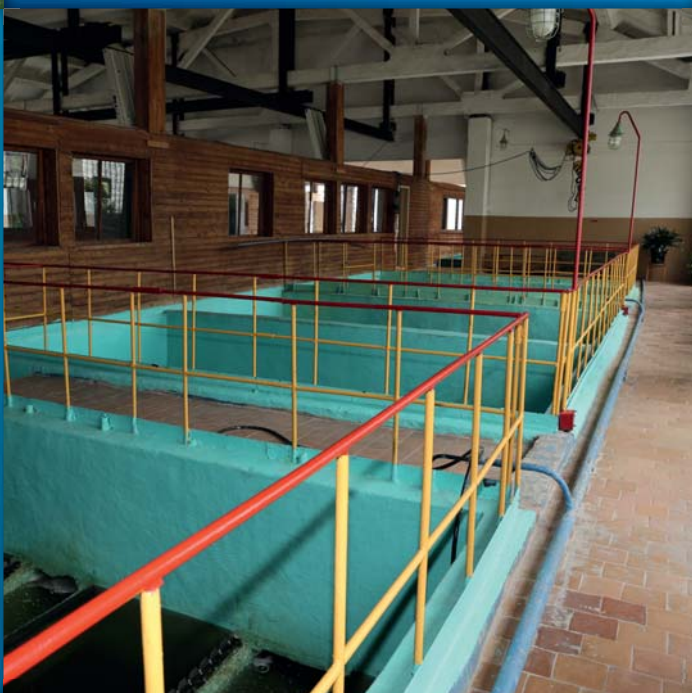
Только нужные новости — в рассылке Voda News

#УЗНАТЬ_ПЕРВЫМ_ОТ_ПЕРВЫХ





Проектный институт
«Ленводоканал-
проект»



Наш адрес:
197342, г. Санкт-Петербург,
ул. Торжковская, 5, лит. А

Телефон: +7 812 324 40 30
Факс: +7 812 441 39 24
E-mail: info@lenvkp.ru
www.lenvkp.ru





Наша цель – сочетание прогрессивных и инновационных технологических решений с многолетним опытом проектирования для решения задач Заказчика.

География проектов

География строительства сооружений по проектам Института обширна и охватывает большую часть территории России, в частности Санкт-Петербург, Ленинградскую, Мурманскую, Магаданскую, Архангельскую, Вологодскую, Пермскую, Волгоградскую, Иркутскую, Оренбургскую, Костромскую, Ярославскую, Тюменскую, Воронежскую, Липецкую области, республики Карелия, Башкортостан и Коми.

85 лет
успешного
проектирования
систем
водоснабжения,
водоотведения
и гидротехнических
сооружений



Институт также выполнял проекты систем водоснабжения и канализации для различных объектов в Болгарии, Румынии, Югославии, Польше, Вьетнаме, Китае, Корее, Пакистане, Ираке, Иране, Алжире, Мали, Гайане, Гвинее, Гане, Египте, Индонезии, Монголии. В их числе такие крупные металлургические комплексы как Бхилай в Индии, Искандерун в Турции, Аджаокута в Нигерии, Моа и Никаро на Кубе.

В ЖУРНАЛЕ НДТ В 2016 г. БЫЛИ ОПУБЛИКОВАНЫ РЕШЕНИЯ БОЛЕЕ

**ПЕРЕЧЕНЬ
ОБОРУДОВАНИЯ,
ПРИМЕНЯЕМОГО
ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ
НДТ В ОЧИСТКЕ
СТОЧНЫХ ВОД
НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

НДТ № 1'2016. С. 22–26

**КОНЦЕССИЯ
ВОДОКАНАЛА
Г. ВОЛГОГРАДА: НОВАЯ
ИНВЕСТИЦИОННАЯ
МОДЕЛЬ
ФИНАНСИРОВАНИЯ
ИНФРАСТРУКТУРЫ**

НДТ № 1'2016. С. 28–31



**УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ
В ВОДОПОДГОТОВКЕ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ПРЕИМУЩЕСТВА
И НЕДОСТАТКИ**

НДТ № 1'2016. С. 32–39



**ОПЫТ ПОДГОТОВКИ
И РЕАЛИЗАЦИИ
КОНЦЕССИОННОГО
ПРОЕКТА
ПО МОДЕРНИЗАЦИИ
ВОДОКАНАЛА
ГОРОДА ВОЛГОГРАДА**

НДТ № 2'2016. С. 18–22

**РЕШЕНИЯ
ПО РЕКОНСТРУКЦИИ
ИНФРАСТРУКТУРЫ ВКХ
КРУПНЫХ ГОРОДОВ**

НДТ № 2'2016. С. 24–29



**ВНЕДРЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ
УДАЛЕНИЯ БИОГЕННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ
В МЕМБРАННОМ
БИОРЕАКТОРЕ
В МОСКОВСКОМ
РЕГИОНЕ**

НДТ № 3'2016. С. 12–17

**БЕНЧМАРКИНГ КАК
СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ВОДОКАНАЛА**

НДТ № 3'2016. С. 24–29



**ТОП-НОВИНКИ
ЭКВАТЭК-2016**

НДТ № 3'2016. С. 30–34

**УСОВЕРШЕН-
СТВОВАННАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОГО
БЕЗРЕАГЕНТНОГО
ГЛУБОКОГО
УДАЛЕНИЯ ФОСФОРА**

НДТ № 4'2016. С. 24–28



**ВЫБОР СТРАТЕГИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
КОНТРОЛЯ КАК
ОСНОВЫ
ЭФФЕКТИВНОГО
ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА
ХЛОРАММОНИЗАЦИИ
ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ**

НДТ № 4'2016. С. 36–49

**БЕСТРАНШЕЙНОЕ
ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ВНУТРИКВАРТАЛЬНОЙ
КАНАЛИЗАЦИИ
С ЗАМЕНОЙ КОЛОДЦЕВ**

НДТ № 4'2016. С. 54–55

**РЕКОНСТРУКЦИЯ СТАНЦИИ
ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ
БЕЗРЕАГЕНТНОЙ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ
ТЕХНОЛОГИИ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ
ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ**

НДТ № 5'2016. С. 16–24

**ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ КАК
ИНСТРУМЕНТ
ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ
И РАЗВИТИЯ**

НДТ № 5'2016. С. 26–36



**НОВАЦИИ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
В ВКХ, ПРОВЕРЕННЫЕ
ПРАКТИКОЙ**

НДТ № 5'2016. С. 37–44

Банк решений более 100 практических задач водоканалов

42 ОТРАСЛЕВЫХ ПРОБЛЕМ. В 2017 г. ИХ БУДЕТ ЕЩЕ БОЛЬШЕ!



**10 ИННОВАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ
НА ВЫСТАВКЕ
WEFTEC**

НДТ № 1'2016. С. 39–46

**БИЗНЕС-ПРОЦЕСС
ЭНЕРГОСЕРВИСНОГО
ДОГОВОРА**

**№ 1'2016. С. 48–55;
№ 2'2016. С. 43–48**

**ОТРАСЛЕВЫЕ
И МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ
СПРАВОЧНИКИ НДТ:
ЗАДАЧИ И РАЗЛИЧИЯ**

НДТ № 2'2016. С. 14–17

**ПРЕДУПРЕДИ
ГИДРОУДАР –
ПРЕДОТВРАТИ
РАЗРЫВ
ТРУБОПРОВОДА**

НДТ № 2'2016. С. 32–37



**КОМПАКТНЫЙ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ
МЕМБРАННЫЙ
БИОРЕАКТОР,
С УТРОЕНИЕМ РАСХОДА
ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ
ПО ОТНОШЕНИЮ
К ОБЫЧНОМУ ДЛЯ МБР**

НДТ № 2'2016. С. 40

**ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ
ВОДЫ НА ОСНОВЕ
МЕМБРАННЫХ
БИПОЛЯРНЫХ
ЭЛЕКТРОЛИЗЁРОВ**

НДТ № 3'2016. С. 7–11

**ОПЫТ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЛЮКОВ СМОТРОВЫХ
КОЛОДЦЕВ НОВОГО
ПОКОЛЕНИЯ
НА ВОДОПРОВОДНЫХ
И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ
СЕТЯХ**

НДТ № 3'2016. С. 36–40

**ПОВЫШЕНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
УСТАНОВКИ
«СТРУЯ» ПРИ ОЧИСТКЕ
ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ**

НДТ № 4'2016. С. 17–20



**ПОМОЖЕМ ПОВЫСИТЬ
ПЛАТЕЖНУЮ
ДИСЦИПЛИНУ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЖКУ**

НДТ № 4'2016. С. 22–23



**РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ
ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ РАДИАЛЬНЫХ
ОТСТОЙНИКОВ НА ОСК
МУП «УССУРИЙСКИЙ
ВОДОКАНАЛ»**

НДТ № 4'2016. С. 56–60

**ИННОВАЦИОННЫЕ
РЕШЕНИЯ
ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.
РЕШЕНИЯ
ДЛЯ СКВАЖИННОГО
ВОДОЗАБОРА НА ПРИМЕРЕ
ВОДОКАНАЛА
Г. ЕКАТЕРИНБУРГА**

НДТ № 4'2016. С. 65

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ
КОНЦЕССИОННЫХ
СОГЛАШЕНИЙ
В ОТНОШЕНИИ
ОБЪЕКТОВ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ,
ВОДООТВЕДЕНИЯ
ПОСЛЕ 01.01.2017 г.**

НДТ № 5'2016. С. 11–13

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ
ИСПЫТАНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПЕРЕХОДА
ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ
КАМЕР
ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ
К МЕХАНИЧЕСКИМ НА ВОС
Г. СЕВЕРОДВИНСКА**

НДТ № 5'2016. С. 45–51

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ
НДТ НА ГОРОДСКИХ
ОЧИСТНЫХ
СООРУЖЕНИЯХ**

НДТ № 6'2016. С. 6–13

**ОТСТОЙНИКИ-
ФЛОКУЛЯТОРЫ
«ЭП ОФ»
В ТЕХНОЛОГИЯХ
ВОДОПОДГОТОВКИ
ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ
И ПОДЗЕМНЫХ
ИСТОЧНИКОВ**

НДТ № 6'2016. С. 20–28

**ВНЕДРЕНИЕ НОВОЙ
ТЕХНИКИ
И МАТЕРИАЛОВ
В СЕТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ
АО «МОСВОДОКАНАЛ»**

НДТ № 6'2016. С. 29–34

доступен в личном кабинете на сайте <http://vodexp.com/ndt>

ЯНВАРЬ'2017 #1



ПРИНЦИП НДТ



**ГЛАВНЫЙ
КРИТЕРИЙ**



**ФИЛОСОФИЯ
ВЫБОРА**

**Экологическая
эффективность
использования НДТ**
на очистных сооружениях:
экономический анализ

6

**Экологические методы
управления искусственными
водоемами**, применяемыми
в системах водоснабжения
и водоотведения

12

**Опыт эксплуатации
адсорбционных фильтров
PureAir на очистных
сооружениях водоканала
г. Астаны**

24

**Санация трубопровода
стеклопластиковым рукавом**

30

**40 лет применения
центрифуг на очистных
сооружениях Ленинграда –
Санкт-Петербурга: основные
итоги**

32

Учредители
ЗАО «ГК Водоканал Эксперт»
ООО «Синергия-пресс»

Издатель
Некоммерческое партнерство
«Центр перспективного
развития»
119334, Москва, а/я 169
Тел. +7 (499) 137-32-40

Руководитель издания:
Соболевская Елена Анатольевна
sobolevskaya@vodexp.com
Тел. +7 (495)211-24-23

Эксперт-директор издания
Данилович Дмитрий
Александрович
da_danilovich@mail.ru

Подписка на сайте
<http://vodexp.com/ndt/>

Отдел рекламы
Тел. +7 (499) 137-50-26



ПЕРСПЕКТИВА XXI



ОТ ЛУЧШЕГО К ЛУЧШЕМУ



ИННОВАЦИИ

**Пути достижения
технологических
показателей НДТ** в объемах
существующих сооружений
биологической очистки
городских сточных вод

39

**Инновационные решения
в области водоочистки,**
предлагаемые
и используемые
в проектировании
АО «Ленводоканалпроект»

54

**Борьба с запахами
и коррозией**

60

**Тепловизионные дроны
для обнаружения утечек**

61

**Технология биологической
очистки сточных
вод с повышенной
энергоэффективностью**

62

Экологическая эффективность использования НДТ на очистных сооружениях: экономический анализ

Как известно, с 1 июля 2016 г. вступил в действие как документ системы стандартизации Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов»¹. В настоящей публикации хотелось бы ознакомить читателей с экономическим анализом экологической эффективности использования НДТ, который использован в указанном документе. Данная публикация является продолжением статьи «Экономические аспекты внедрения НДТ на городских очистных сооружениях»².

Д.А. Данилович,
канд. техн. наук,
руководитель Центра
технической политики
и модернизации
Ассоциации ЖКХ
«Развитие», эксперт-
директор журнала «НДТ»,
координатор технической
рабочей группы ТРГ10
Бюро НДТ

Для экономического анализа первостепенно важно определить методологию сравнения экономических показателей. В этой сфере существует несколько подходов:

- *стоимость создания (реконструкции) очистных сооружений (ОС).* Как правило, ее выражают в удельных показателях руб./м³ суточной производительности плюс эксплуатационные затраты (стоимость очистки). Эти показатели наиболее часто применяются в практике, как в инвестпрограммах, так и при установлении тарифов на услуги;
- *приведенные затраты, как правило, по объекту в целом.* Этот способ оценки (по хорошо известной формуле $\Pi = 0,12 K + \mathcal{E}$, где Π – приведенные затраты, руб./год, K – капитальные вложения, руб., \mathcal{E} – эксплуатационные затраты, руб./год) активно использовался в СССР, в настоящее время применяется существенно реже;
- *затраты жизненного цикла (ЛСС или ЗЖЦ),* они же совокупная стоимость владения – современный метод, позволяющей в полной мере сопоставлять технические решения [1].

Однако все эти подходы не позволяют проанализировать эколого-экономическую эффективность (ЭЭЭ) технологий. А ведь именно этот показатель является ключевым в определении НДТ для очистки сточных вод коммунального сектора [2].

Для этой цели в ИТС 10-2015 использован показатель: «приведенные затраты, отнесенные к удаленным загрязняющим веществам», руб./кг удаленных загрязнений. Поскольку технологические показатели НДТ определены ИТС 10-2015 по 7 загрязняющим веществам, то встает проблема комплексной

¹ Справочник находится в свободном доступе, его можно скачать в формате pdf на сайте Росстандарта (gost.ru).

² См. НДТ. 2016. № 6. С. 6–13.

оценки сточной воды ввиду различной экологической опасности этих веществ.

Оптимальным инструментом для экологической оценки НДТ является эколого-экономическая эффективность затрат жизненного цикла (ЗЖЦ): отношение ЗЖЦ на сокращение сбросов в водные объекты к экологическому результату, выраженному в виде комплексной («свернутой») величины. Известны различные варианты «свертывания» показателей качества вод в единую цифровую величину. Для целей справочника был использован упрощенный вариант методологии, ранее предложенной специалистами Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов (РосНИИВХ). В ИТС 10-2015 этот показатель получил название *Интегральный показатель качества очистки* (ИПКО). Эта величина определяется как сумма отношений фактической загрязненности сточной воды по каждому из 7-ми технологических показателей, к *целевым технологическим показателям* (ЦТП). Последние представляют собой технически целесообразный предел технологических возможностей очистки сточных вод, определенный методом экспертной оценки.

$$\text{ИПКО}_{\text{цтп}i} = \frac{C_i}{C_{\text{цтп}i}}$$

$$\text{ИПКО}_{\text{цтп}} = \sum_1^n \text{ИПКО}_{\text{цтп}i},$$

где C_i – фактическая концентрация загрязняющего вещества i , мг/л;

$C_{\text{цтп}i}$ – значение целевого технологического показателя для вещества i , мг/л.

В таком виде показатель ИПКО_{цтп} использован в ИТС 10-2015 как критерий временного соответствия существующих ОС требованиям перехода на НДТ, с целью выделить некоторую часть удовлетворительно работающих ОС, которые должны переходить на НДТ позже.

Но, поскольку в данном сравнении для определения эколого-экономической эффективности, в том числе, рассмотрена технология, направленная на достижение ПДК_{рыбхоз} (по технологическим показателям биологической очистки) при расчете ИПКО в качестве базы сравнения (знаменателя дроби) использованы величины ПДК для водоемов рыбохозяйственного водопользования для данных веществ, которые по ряду показателей ниже ЦТП. По ХПК использована ПДК СанПиН 2.1.5.980-00 для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

Рассчитанные таким образом величины именуются ИПКО_{рх}:

$$\text{ипко}_{\text{рх}} = \frac{C_i}{C_{\text{рх}i}}$$

$$\text{ипко}_{\text{рх}} = \sum_1^n \text{ипко}_{\text{рх}i}$$

В части очистки городских сточных вод (ГСВ) сравним 4 варианта создания и реконструкции ОС, приведенные в табл. 1. Все они, кроме классической полной биологической очистки, соответствуют НДТ для тех или иных условий, с учетом масштаба ОС и категории качества водного объекта, куда осуществляется сброс (это дополнительный фактор, используемый при определении НДТ, введенный ИТС 10-2015. В 2016 г. утвержден ГОСТ-Р по определению этих категорий) [3].

Таблица 1.

Основные варианты технологий для нового строительства и реконструкции ОС

Технология	Условное обозначение		
	№	новое строительство	реконструкция
Полная биологическая очистка (БО)	1	A1	B1*
Биологическая очистка с удалением азота и фосфора (БНДФ)	2	A2	B2
БНДФ с доочисткой на фильтрах (БНДФ + Ф)	3	A3	B3
БНДФ с комплексной многоступенчатой доочисткой от соединений азота и фосфора, БПК, взвешенных веществ (БНДФ + КД)**	4	A4	B4

* В целях продления срока эксплуатации, без изменения технологии.

** Для достижения ПДК_{рыбхоз} по всем технологическим показателям биологической очистки (ТП БОСВ), установленным в ИТС 10-2015.

Таким образом, в табл. 1 технологии расположены от наиболее простой и наименее эффективной – к наиболее эффективной и наиболее сложной технологии.

Сравнение вариантов технологий по вышеописанной методике (с упрощениями), применительно к ОС ГСВ, приведено в табл. 2. Капитальные вложения оценены на основе данных анкет предприятий, на которых осуществлены, либо запроектированы аналогичные работы³.

Указанная стоимость очистки (графа 9) является отношением всей учтенной совокупности затрат жизненного цикла (ЗЖЦ) к общему объему очищенной воды за расчетный срок службы, принятый равным 50 лет (на ОС, принимающих 100 тыс. м³/сут. будет очищено 1825 млн м³ сточных вод). Из эксплуатационных затрат учтены только стоимость электроэнергии, реагентов и затраты на техническое обслуживание оборудования. Удаление фосфора для всех технологий принято биологическим путем, без использования реагентов. Применение реагентов учтено только для технологий А4 и Б4, на стадии доочистки. В случае удаления основного количества фосфора химическим путем на стадии биологической очистки дополнительные затраты составляют 0,45 руб./м³ для всех вариантов технологий.

Таблица 2.
СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ НОВОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА
И РЕКОНСТРУКЦИИ
СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ
СТОЧНЫХ ВОД

Варианты технологий	Капитальные вложения, млн руб.			Удельные кап. вложения, тыс. руб./м³ в сутки	Текущие затраты в ходе работы ОС, млн руб.		Всего учтенных затрат на создание и работу ОС, млн руб.	Стоимость очистки 1 м³ сточных вод, руб.
	СМР	оборудование	всего		учтенные экспл. затраты	затраты на реновацию оборудования в течение ЖЦ		
А. Новое строительство								
A1 (Б0)	1150	150	1300	13	275	400	1975	1,1
A2 (БНДФ)	1700	300	2000	20	400	550	2950	1,6
A3 (БНДФ+Ф)	1790	370	2160	21,6	500	810	3470	1,88
A4 (БНДФ+КД)	1850	550	2400	24	1360	1210	4970	2,7
Б. Реконструкция (и дополнение доочистки)								
Б1 (Б0)	250	150	400	4	275	400	1075	0,59
Б2 (БНДФ)	400	300	700	7	400	550	1650	0,9
Б3 (БНДФ+Ф)	490	370	860	8,6	500	810	2170	1,18
Б4 (БНДФ+КД)	550	550	1100	11	1360	1210	3670	2,0

Концентрации загрязняющих веществ при использовании четырех вариантов очистки приведены в табл. 3, величины ИПКО_{рх}, рассчитанные по данным таблицы 3, даны в таблице 4. Эти исходные данные для условий нового строительства (варианты А1-А4) и реконструкции (варианты Б1-Б4) приняты равными.

³ Подробнее см. НДТ. 2016. № 6. С. 6–13.

Таблица 3.

Концентрации загрязняющих веществ в очищенной сточной воде, использованные при расчете

Загрязняющие вещества	Содержание в исходной сточной воде, мг/л	Концентрация в очищенной воде при использовании технологий, г/м ³				ПДК _{рыбхоз} , мг/л
		№ 1 БО	№ 2 БНДФ	№ 3 БНДФ+Ф	№ 4 БНДФ+КД	
Взвешенные вещества	200	15	10	10	5	5
БПК ₅	180	12	5	5	2	2
ХПК	360	60	40	40	30	(15)
Азот аммонийных солей	40	25	1	1	0,4	0,39
Азот нитратов	–	5	25	9	5	9,1
Азот нитритов	–	0,5	0,2	0,2	0,02	0,02
Фосфор фосфатов	5	3,5	3,5	0,7	0,2	0,2

Таблица 4.

Величины ИПКО_{рх} для различных технологий

Загрязняющие вещества	ИПКО _{рх} для отдельных загрязняющих веществ и исходной СВ в целом, г/л	Величина ИПКО _{рх} очищенной воды при использовании технологий			
		№ 1 БО	№ 2 БНДФ	№ 3 БНДФ+Ф	№ 4 БНДФ + КД
Взвешенные вещества	40,0	3,0	2,0	2,0	1,0
БПК ₅	90,0	6,0	2,5	2,5	1,0
ХПК	24,0	4,0	2,7	2,7	2,0
Азот аммонийных солей	102,6	64,1	2,6	2,6	1,0
Азот нитратов	0	0,5	2,7	1,0	0,5
Азот нитритов	0	25,0	10,0	10,0	1,0
Фосфор фосфатов	25,0	17,5	17,5	3,5	1,0
ИПКО _{рх} (суммарная величина)	281,6	120,2	40,0	24,2	7,6

Эколого-экономическая эффективность (ЭЭЭ) в общем определялась как отношение экологического эффекта к затратам на его достижение⁴. По физическому смыслу величина ЭЭЭ показывает массу условных загрязнений, удаленных на единицу вложенных средств.

ЭЭЭ рассчитывалась двумя способами:

абсолютная, ЭЭЭ_{абс} – отношение разницы между ИПКО_{рх} исходной сточной воды (ИПКО_{рхСВ}) и ИПКО_{рх} очищенной воды по данной технологии (ИПКО_{рхОСВ}), в усл. кг, к стоимости очистки по этой технологии, тыс. руб. Использование величины тыс. руб. определяется необходимостью приведения массы в знаменателе к килограммам (величины ИПКО для одного м³ выражены в граммах):

$$\text{ЭЭЭ}_{\text{абс}} = \frac{\text{ИПКО}_{\text{рхСВ}} - \text{ИПКО}_{\text{рхОСВ}}}{\text{Стоимость очистки 1 м}^3}$$

⁴ Здесь и далее определение ЭЭЭ и расчеты приводятся с изменениями, не меняющими сути расчетов, внесенными разработчиками в материалы, вошедшие в ИТС 10–2015. – *Примеч. автора.*

относительная, $\text{ЭЭЭ}_{\text{отн}}$ – относительно предыдущей по глубине очистки технологии, она позволяет выяснить, какой экологический эффект имеет углубление качества очистки с переходом от менее эффективной технологии к следующей, более эффективной

$$\text{ЭЭЭ}_{\text{отн}} = \frac{\text{ИПКО}_{\text{рх}} \text{ технологии } (N-1) - \text{ИПКО}_{\text{рх}} \text{ технологии } N}{\text{Стоимость очистки по технологии } N - \text{Стоимость очистки по технологии } (N-1)}$$

Разница величин $\text{ИПКО}_{\text{рх}}$ соответствует общей массе удаленных загрязнений, приведенных к единому условному веществу.

Данные табл. 5 позволяют сделать следующие выводы:

Величины ЭЭЭ (как абсолютной, так и относительной) для технологии биологической очистки с удалением биогенных элементов (БНДФ) и классической биологической очистки (БО) практически равны, несмотря на более высокую стоимость применения первой.

Таблица 5.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

Расчетные показатели	Ед. изм	Значения показателей для сточной воды				
		исходной	обработанной по технологии очистки			
			№ 1 (БО)	№ 2 (БНДФ)	№ 3 (БНДФ+Ф)	№ 4 (БНДФ+КД)
$\text{ИПКО}_{\text{рх}}$	г/м ³	281,6	120,2	40,0	24,2	7,6
Снижение $\text{ИПКО}_{\text{рх}}$ относительно исходной СВ (абсолютное снижение)	г/м ³	0	161,4	241,6	257,4	274
Снижение $\text{ИПКО}_{\text{рх}}$ относительно предыдущей (менее эффективной) технологии (относительное снижение)	г/м ³	0	161,4	80,2	15,8	16,6

А. Новое строительство

Стоимость очистки (см. графу 9 табл. 2)	руб./м ³	0	1,1	1,6	1,9	2,7
Увеличение стоимости относительно предыдущей (менее эффективной) технологии	руб./м ³	—	1,1	0,5	0,3	0,8
Эколого-экономическая эффективность:	усл. кг					
Абсолютная $\text{ЭЭЭ}_{\text{абс}}$	удаленных загрязнений/ тыс. руб.	—	147	151	135	101
Относительная $\text{ЭЭЭ}_{\text{отн}}$		—	147	160	53	21

Б. Реконструкция

Стоимость очистки (см. графу 9 табл. 6)	руб./м ³	0	0,59	0,9	1,18	2
Увеличение стоимости относительно предыдущей (менее эффективной) технологии	руб./м ³	—	0,59	0,31	0,28	0,82
Эколого-экономическая эффективность:	усл. кг					
Абсолютная $\text{ЭЭЭ}_{\text{абс}}$	удаленных загрязнений/ тыс. руб.	—	274	268	218	137
Относительная $\text{ЭЭЭ}_{\text{отн}}$		—	274	259	56	20

Это объясняется гораздо большим абсолютным экологическим эффектом БНДФ по сравнению с «классикой». Таким образом, для стадии биологической очистки, при любой примененной в ней технологии, существует пропорциональность между инвестициями и экологическим эффектом: чем больше вложено средств в создание (реконструкцию) этих сооружений, тем больший экологический эффект достигается. Таким образом, с точки зрения защиты водных объектов оптимально использовать возможности стадии биологической очистки по максимуму, т.е. реализовать технологию БНДФ. Важно отметить, что эта зависимость будет действовать только при использовании биологического удаления фосфора, при химическом удалении удельная стоимость БНДФ резко возрастает.

Величина ЭЭЭ_{абс}: от варианта № 1 – классическая биологическая очистка (БО) к технологии № 4 (БНДФ+КД), достигающей ПДК_{рх} (по технологическим показателям биологической очистки) уменьшается на 45 % (новое строительство) и 100 % (реконструкция). Таким образом, при увеличении за счет стадии доочистки экологического эффекта всего на 14 % эколого-экономическая эффективность инвестиций по этому индикатору снижается до двух раз.

Индикатор ЭЭЭ_{отн} гораздо чувствительнее: его величина резко снижается при добавлении к подпроцессам БО или БНДФ подпроцессов доочистки: фильтров и особенно – комплексной доочистки (технология №4). На одну тысячу рублей, вложенную в дополнительное строительство комплексных сооружений доочистки до ПДК_{рх}, экологический эффект получается в 7 раз меньше, для нового строительства ОС и в 14 раз меньше при реконструкции ОС, чем от вложений на стадии биологической очистки.

По результатам анализа был сделан вывод: оптимальное значение эколого-экономической эффективности достигается при использовании наиболее эффективных технологий биологической очистки в аэротенках с удалением азота и фосфора (биологическим путем). Система нормирования должна обеспечивать безусловный приоритет ме-

роприятий по внедрению этих технологий (и им подобных методов) по сравнению с доочисткой, производимой в дополнительных сооружениях. Применение доочистки должно рассматриваться как НДТ только в ограниченных ситуациях строгой охраны водных объектов. По мнению автора, во всех других ситуациях использование в проекте реконструкции или нового строительства подпроцессов доочистки эквивалентно нанесению ущерба водным объектам (в целом) в результате нехватки средств, неэффективно потраченных на доочистку, вместо того, чтобы получить максимальный эффект при реконструкции аэротенков на другом объекте.

С использованием выводов, полученных в ходе данного экономического анализа, в ИТС 10-2015 для основной части водных объектов (кроме особо охраняемых) установлены технологические показатели НДТ, обеспечиваемые только на стадии современной биологической очистки от азота и фосфора, без применения доочистки. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов В.И., Березин С.Е., Устюжанин А.В. **Совокупная стоимость владения – экономически обоснованный критерий выбора оборудования и технических решений (на примере сравнения типов воздуходувок). Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2014, № 4, с. 38–47.**
2. Данилович Д.А. **НДТ очистки сточных вод поселений: концепция информационно-технического справочника. Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2015. № 3–4. С. 13–17**
3. ГОСТ Р 56828.12–2016. **Наилучшие доступные технологии. Классификация водных объектов для технологического нормирования сбросов сточных вод централизованных систем водоотведения поселений. Москва, Стандартинформ, 2016**

Экологические методы управления искусственными водоемами, применяемыми в системах водоснабжения и водоотведения

Л.С. Келль,
КАНД. ТЕХН. НАУК,
ООО «ПРИРОДНЫЕ
СИСТЕМЫ»

М.В. СЕРЕДА,
КАНД. ТЕХН. НАУК,

М.В. Садыхова,

А.В. Казаков,
КАНД. ТЕХН. НАУК,

А.В. Антошков,

Е.Б. Абакумов,

К.М. СЕРЕДА,

И.А. Третьякова,

Т.Е. Соколова

**ПО «КИРИШИ-
НЕФТЕОРГСИНТЕЗ»**

В практике водоснабжения и водоотведения населенных пунктов и промышленных предприятий используется целый ряд искусственных либо полуискусственных водных экосистем. Основными из них являются:

- биопруды,
- пруды-накопители шахтных и других производственных сточных вод,
- пруды-охладители,
- водохранилища систем водоснабжения, а также водозаборные гидротехнические сооружения.

Биопруды традиционно являются одним из сооружений очистки либо доочистки сточных вод, применяемых на очистных сооружениях канализации, как правило, принимающих не более 20 тыс. м³ сточных вод в сутки. В отечественной инженерной нормативной документации и технической литературе содержатся рекомендации по расчету биопрудов на окисление органических загрязнений, аналогично искусственным аэробным биореакторам – аэротенкам и биофильтрам. Однако такой подход не отражает в полной мере разнообразных процессов, происходящих в биопрудах, и не позволяет управлять качеством очищенной воды по взвешенным веществам. В литературе практически отсутствуют рекомендации по сезонной эксплуатации биопрудов, тогда как в условиях нашего климата фактор сезонности оказывает огромное влияние на эти сооружения. По информации авторов, в результате подавляющая часть биопрудов, эксплуатирующихся в России, работает недостаточно эффективно. В результате «цветения» в них обработанная вода может содержать существенно больше взвешенных веществ и органических загрязнений, чем та, что поступает на доочистку.

Выработка эффективных подходов к эксплуатации биопрудов требует анализа основ функционирования этих систем.

ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Существуют два различных подхода к решению проблемы очистки сточных вод. Первый – сбор их в одной точке и очистка в искусственных механобиологических установках (аэротенки, биофильтры). При этом процесс ведется на достаточно компактных площадках, но требует больших удельных энерго- и трудозатрат. Второй подход заключается в относительно рассредоточенной обработке сточных вод в полуестественных экосистемах. Такой способ требует использования значительно больших площадей земли для обработки отходов, но зато потребляет значительно меньшие энерго- и трудозатрат. К таким сооружениям относятся и биопруды.

Важно понимать, что в работе сооружений второго типа огромную роль играют не только известные закономерности процессов ферментативной кинетики, используемые при расчете сооружений первого типа, но и экологические закономерности более высоких порядков, отражающие межвидовые взаимодействия организмов. В основе проблем с работой биопрудов как раз лежит недооценка роли этих факторов.

В процессе эволюции выработаны механизмы поддержания гомеостаза (способности системы поддерживать себя в относительно неизменном состоянии в условиях изменения внешних факторов) водных экосистем в достаточно широких интервалах колебания концентрации биогенных элементов в них. Изучение и применение данных механизмов позволяет предвидеть и бороться с деградацией и гибелью природных водных экосистем в ходе их антропогенной эвтрофикации, в частности с их «цветением». Также эти механизмы могут быть применены для повышения эффективности работы биопрудов, имеющих многие черты естественных водных объектов.

Основные организмы экологически сбалансированных пресноводных водных объектов классифицируются по трофическим уровням следующим образом:

1-й уровень – микроводоросли (включая сине-зеленые), высшая водная растительность (ВВР),

2-й уровень – зоопланктон (организмы-фильтраторы), растительноядные рыбы, двусторчатые моллюски,

3-й уровень – рыбы и другие гидробионты, питающиеся зоопланктоном и бентосом (придонными организмами),

4-й уровень – хищные рыбы, рыбацкие птицы и млекопитающие.

К наиболее эффективным известным механизмам поддержания гомеостаза водных экосистем относятся:

- поддержание чётного количества основных трофических уровней (т.е. совокупностей организмов, занимающих одинаковый уровень в пищевой пирамиде). Это, согласно теории естественного равновесия Хейрстона, Смита и Слободкина [1], приводит к подавлению биомассы первого трофического уровня, в частности, определяющей загрязненность обработанной воды;

- стимулирование развития организмов-фильтраторов (представляют различные классы животного мира);

- поддержание высоких скоростей роста организмов первого и второго трофических уровней;

- обеспечение возможности быстрой структурной перестройки экосистемы с заменой экологически эквивалентными видами.

В обычной технологии эксплуатации биопрудов указанные механизмы управления (самоуправления) экосистемами практически не учитываются. В результате биопруды имеют достаточно случайный и бедный видовой состав представителей высокоорганизованных классов растений и животных, что часто делает невозможным или недостаточно эффективным действие указанных механизмов поддержания гомеостаза водных экосистем. Если представители низших классов организмов в силу их размеров и специфики жизненных циклов беспрепятственно попадают в экосистему биопрудов, то для представителей высокоорганизованных классов необходим внешний фактор их внесения в экосистему, т.е. действия службы эксплуатации.

Когда на первом трофическом уровне преобладают одноклеточные водоросли (сине-зеленые, хлорелла и т.д.), то летом вода из биопрудов имеет очень высокое содержание взвешенных веществ (см. табл. 1). В холодный период, после отмирания и разложения микроводорослей, вода загрязняется уже растворенной органикой, причем сверх исходной концентрации вод, обрабатываемых в прудах. Таким образом, при управлении экосистемой биопрудов основной целью является подавление «цветения» (развитие сине-зеленых водорослей, а также других одноклеточных водорослей).

Методы воздействия для поддержания сбалансированности объектов

С этой целью перспективными методами воздействия представляются следующие:

- содействие развитию представителей 2-го трофического уровня – организмов-фильтраторов (зоопланктон, двухстворчатые моллюски, фитопланктоядные рыбы). Обычно этот метод требует вселения (интродуцирования) в пруды представителей необходимых видов;

- конкурентное подавление развития сине-зеленых водорослей и других представителей фитопланктона, характерных для загрязненных вод, путем создания условий для развития ВВР, которое приводит к лишению одноклеточных водорослей солнечного света, биогенных элементов, а также подавлению их специфическими веществами, выделяемыми ВВР (так называемые аллелохимические факторы). В отличие от микроводорослей, ВВР зимуют под водой, их биомасса не отмирает и не разлагается или разлагается над водой (тростник, камыш, рогоз). Этот метод требует создания условий, необходимых для развития ВВР, в частности, учитывая их физиологические особенности, необходимо поддерживать глубину водоема в пределах 1,0–1,5 м.

Интродуцируемые в биоценоз биопруда представители высокоорганизованных классов организмов по своим физиологическим параметрам должны быть способны

к существованию и размножению в эвтрофной (существенно загрязненной) водной экосистеме.

Применительно к прудам-охладителям и водозаборным сооружениям предъявляются также дополнительные требования:

- способность к подавлению бурного роста водных организмов, вызывающих биообрастание технологического оборудования (технофитона);

- способность не ухудшать качества воды с точки зрения ее последующей подачи на охлаждение технологического оборудования. В частности, не попадать в водозабор, а для этого – обладать возможностями двигаться против потока жидкости (реотаксис), либо прикрепляться к грунту и др.

Для полного биологического восстановления самоочищающейся способности искусственных водных экосистем необходимо периодически избавляться от отмершего органического вещества и избытка биогенных веществ, содержащихся в донном иле. Механическая выемка ила приемлема для сравнительно небольших водоемов, для больших она является слишком дорогостоящей процедурой. Эффективным альтернативным методом восстановления биопрудов является их периодическое осушение на срок не менее 2 лет, сопровождающееся процессами трансформации донных отложений образующейся наземной экосистемой (так называемое «летование»). Этот естественный биологический способ реализуется за счет смены водного биоценоза и анаэробных условий в придонном иле на наземный биоценоз и аэробные условия, в результате чего происходит удаление нестабильной органики и биогенных веществ.

ПРАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫМИ ВОДНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ

Рассмотрим примеры применения изложенных подходов к управлению искусственными водными экосистемами на объектах производственного объединения «Кириши-нефтеоргсинтез» [2–4], эксплуатирующего крупнейшую систему биопрудов в России

различного назначения. Суммарный объем всех биопрудов (карт) ПО «Киришинефтеоргсинтез» составляет порядка 11,5 млн м³. В ее состав входят:

- шесть биопрудов (буферных прудов) очищенных хозяйственных сточных вод г. Кириши, предназначенные для доочистки. Эти пруды, имеющие общий объем 240 тыс. м³, работают в два параллельных каскада (нитки), в каждый из которых входит по три карты. Время пребывания в них по факту составляет около 20 суток, сброс доочищенных вод производится в водный объект. В пруды поступают воды, прошедшие очистку с нитри-денитрификацией до содержания общего азота в них менее 10 мг/л. Процесс биологической дефосфотации до проведенных в 2015–2016 гг. работ по усовершенствованию технологии [5], был нестабилен, и содержание общего фосфора составляло 2–3 мг/л (в настоящее время – менее 0,5 мг/л);

- две карты (пруда-охладителя) общим объемом 1,3 млн м³, так называемой первой системы водоотведения завода. Являются частью оборотной системы водоснабжения завода;

- четыре карты (пруда-накопителя), так называемой второй системы водоотведения, общим объемом порядка 10 млн м³, – работают параллельно. На карты поступают стоки с высоким содержанием солей. Опорожняются раз в год в период весеннего половодья.

ИНТРОДУКЦИЯ ОРГАНИЗМА-ФИЛЬТРАТОРА – ДАФНИИ

Исследования проводились на пруде-охладителе (карта 1–1) первой системы водоотведения завода (объем 500 тыс. м³), где в летние месяцы прозрачность воды, снижалась с 20 см и более до значений ниже 5 см (рис. 1).

Для решения этой проблемы в этот пруд, не замерзающий в зимнее время года, в целях подавления «цветения» воды были вселены организмы-фильтраторы 2-го трофического уровня – южные расы дафний.

Рис. 1.
Состояние карты 1–1 в июне 2007 г.
Наблюдается развитое «цветение» воды



Предварительно проведёнными лабораторными экспериментами было выяснено, что внесение 50–100 шт./л дафний в пробу «цветущей» воды первого пруда-охладителя позволяет всего за 4–5 суток увеличить её прозрачность в два-три раза. Наши северные расы дафний, обитающие в пруду, развиваются и функционируют как фильтраторы гораздо медленнее, в результате чего на практике их рост подавлял «цветение» данного пруда с увеличением прозрачности воды в нём лишь к августу месяца.

Интродукция южных рас дафний (сохраняющих активность в течение всего года) в мае 2007 г. позволила подавить «цветение» пруда-охладителя уже к началу июля.

Интродуцированные южные расы дафний благополучно перезимовали зиму, и в последующие летние сезоны цветение пруда уже не наблюдалось, прозрачность воды в нём не падала ниже 15 см, а количество дафний в летнее время составляло несколько сотен шт./л (см. табл. 1).

Таблица 1.

**СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ
В ПРОБАХ ВОДЫ КАРТЫ 1–1 ЗА ЛЕТНИЕ МЕСЯЦЫ
(МАЙ–СЕНТЯБРЬ) С 2006 ПО 2010 ГГ.**

Год отбора проб	2006	2007	2008	2009	2010
Концентрация взвешенных веществ, мг/л	32	38	9	4	8

Таким образом, правильно подобранные представители 2-го трофического уровня – дафнии, подавили массовое развитие микроводорослей, вызывающих цветение водоёма (рис. 2). Однако, применение дафний возможно только при отсутствии в водоеме рыб, мальки которых сильно снижают плотность популяции дафний. При наличии рыб эффективное подавление водорослей дафниями становится невозможным.

Рис. 2.

Вид карты 1–1 и проба воды с данной карты летом 2014 г. Наблюдается отсутствие выраженных количеств микроводорослей



ИНТРОДУКЦИЯ ВОДНОГО РАСТЕНИЯ – ПИСТИИ

На первом каскаде буферных прудов очищенных хозяйственных сточных вод г. Кириши для повышения качества сбрасываемой воды было осуществлено вселение высшего водного растения – пистии. Будучи интродуцированной в июле 2008 г. в первый незамерзающий пруд первого каскада данных прудов, пистия благополучно перезимовала и, начав рост с наступлением весны, полностью покрыла всю поверхность данного пруда к сентябрю 2009 г. (рис. 3).

Как видно на рис. 3, пистия не только затенила и подавила все водные растения, включая и одноклеточные водоросли, но даже плотно прижала стебли рогоза и тростника к берегу. Однако последующее удаление пистии для предотвращения вторичного загрязнения воды оказалось весьма трудоемким (рис. 4).

В дальнейшем каждая из двух параллельных секций, включавшая в себя три последовательных ступени (пруды) была по очереди выведена из работы. Дно прудов было очищено от ила и оставлено в очищенном виде на «зимование» с целью удаления из экосистемы рыб. После этого буферные пруды были введены в работу, и в них, аналогично описанному примеру с прудом-охладителем, были заселены южные расы дафний. Это так же, как и в пруду-охладителе, позволило полностью подавить в последующие годы их «цветение». Прозрачность воды в них не падает ниже 15 см.

Таким образом, эксперимент с пистией не позволил рассматривать это растение как эффективный способ улучшения качества воды.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА «ЛЕТОВАНИЯ»

Биопруды предприятия эксплуатируются уже более 40 лет. В отсутствии очистки их экосистема в течение этого времени постепенно деградировала и потеряла способность к саморегуляции и самоочистке от удерживаемых загрязнений. Каждое лето на картах происходило «цветение» сине-зелёных водорослей, она теряла прозрачность и приобретала неприятный запах. Высшие погружные водные растения (роголистник, перистолистник, элодея канадская) пропали из экосистемы данных карт.



Рис. 3.
Первый пруд первого каскада буферных прудов очищенных хозяйственных сточных вод г. Кириши в конце сентября 2009 г.

Рис. 4.
Удаленная пистия на берегу буферного пруда



В качестве альтернативе выемки ила на биопрудах-накопителях (карты второй системы водоотведения) был применен метод «летования». Весной 2008 г. карта 1–2 была опорожнена. При этом на дне остались небольшие неглубокие водоёмы глубиной до 1 м, занимавшие не более 25 % общей поверхности дна карты, образовавшиеся за счёт неровности дна. Оставшаяся часть карты густо заросла рогозом, тростником и луговыми травами, в частности клевером.

Весной 2012 г., карта была введена в работу, на неё снова поданы стоки. При этом глубина воды поддерживалась в пределах 1–1,5 м, что способствовало бурному росту как прибрежной водной растительности (рогоза и тростника), так и погружных высших водных растений (элодеи канадской, роголистника) по всей площади карты 1–2. В свою очередь, высшие водные растения подавляют развитие водорослей, препятствуя «цветению» водоёма. Глубина слоя воды на контрольной карте этой же системы прудов 2–2 в течение летнего периода 2012 г. и в предыдущие годы в среднем составляла более 2 м (в соответствии с проектом), что не позволяло развиваться погружным водным растениям и снижало площадь, занимаемую прибрежной водной растительностью (в основном рогоз и тростник).

В табл. 2 приведено сравнение результатов работы за летние месяцы (июнь–сентябрь) карты 2–2, которая работала без опорожнения и очистки в 2009–2012 гг., и карты 1–2 за летние месяцы 2007, 2012 г.

Как следует из приведённых в табл. 2 данных, химический состав воды карты 1–2 в 2012 г. значительно отличается от её состава до её опорожнения в 2008 г. и от состава воды контрольной карты 2–2 за 2012 г. и за предыдущие годы. Если карта 2–2 довольно сильно цвела в предыдущие годы и в 2012 г. и прозрачность воды в ней при этом падала до 60–80 мм, то цветения воды на карте 1–2 в 2012 г. (и в последующие годы) не наблюдалось и прозрачность в ней в течение летнего сезона не падала ниже 15 см. Содержание взвешенных веществ на карте 1–2 составляет 14 мг/л, в то время как на карте 2–2 – 60 мг/л, БПК₅ – 7 и 11–24 мг/л, соответственно, на карте 2–2. На очищенной методом «летования» карте 1–2 в большом количестве присутствуют высшие погружные водные растения – роголистник и элодея канадская, в то время как на карте 2–2 высшие погружные водные растения отсутствуют (рис. 5, 6).

Таблица 2.
Химический состав
воды в картах 2–2
и 1–2

Годы эксплуатации	Показатели химического состава, мг/л						
	сульфаты	хлориды	БПК ₅	раств. кислород	взв. вещества	общий азот	общий фосфор
2007 г. 1–2 (до опорожнения)	363	351	15	6,9	47	5,7	0,9
2009 г. 2–2	312	212	11	10,2	55	2,0	1,0
2010 г. 2–2	209	132	21	9,1	96	2,6	0,9
2011 г. 2–2	196	156	24	8,3	47	4,3	1,1
2012 г. 2–2	149	112	14	8,2	60	2,1	0,6
2012 г. 1–2 (после «летования»)	266	133	7	6,7	14	3,7	0,5



Рис. 5. КАРТА 1-2 после очистки летованием в июле 2012 г.

Рис. 6. Вид контрольной карты 2-2 в июле 2012 г.





Рис. 7.
Вид карты 2–2 после вывода её из работы
в июне 2013 г.

Полученные экспериментальные данные согласуются с литературными данными, согласно которым биопруд должен иметь мелководную часть (глубиной 0,5–1,0 м), где развиваются высшие водные растения и организмы-фильтраторы, предотвращающие активное развитие микроводорослей [6]. Интересны в этом плане также работы по использованию технологии искусственных болот (Constructed wetlands) – сконструированных на основе экологических знаний болотных экосистем для очистки сточных вод [7].

В мае 2013 г. карта 2–2 также была выведена из работы и опорожнена для восстановления её самоочищающей способности методом «летования», как это было сделано ранее с картой 1–2 (рис. 7). На дне карты остался значительный слой ила (рис. 8).

Рис. 8. Слой ила на карте 2–2 в июне 2013. Разница цвета между свежими следами и следами десятидневной давности показывает, как быстро протекают процессы окисления восстановленных соединений (прежде всего, сульфидов) в иле





Рис. 9.
Вид карты 2–2 в августе 2014 г.

К концу лета 2014 г. дно карты 2–2 обильно заросло рогозом и тростником (рис. 9).

В апреле 2015 г. после весеннего опорожнения карт второй системы водоотведения карта 2–2 была введена в работу. В летний период 2015 г. на нее для повышения биологического разнообразия и самоочищающейся способности также были высажены водные растения с плавающими по поверхности листьями – белые кувшинки. Белые кувшинки нормально перенесли зиму 2015–2016 гг. и в вегетационный период 2016 г. пошли в рост (рис. 10), что указывает на хорошую экологическую ситуацию на восстановленных картах.

Рис. 10. Белые кувшинки, растущие на карте 2.2 с 2015 г.
(фото сделано в июле 2016 г.)





Рис. 11.
ПРОБА ВОДЫ ИЗ КАРТЫ
1-2 В КОНЦЕ ЛЕТА 2013 Г.



Рис. 12.
ОБЩИЙ ВИД КАРТЫ 1-2
В КОНЦЕ ЛЕТА 2013 Г.



Рис. 13.
ОБЩИЙ ВИД КАРТЫ 2-2
В ИЮНЕ 2015 Г.

Цветения воды на восстановленных методом «летования» картах второй системы водоотведения (2-1 и 2-2) в последующие годы не наблюдалось, и прозрачность воды в них не снижалась ниже 15 см (рис. 11-13).

Выводы

Большой практический опыт, полученный в ходе проведения масштабных производственных экспериментов на прудах ПО «Киришинефтеоргсинтез», показывает высокую эффективность несложных методов повышения качества воды:

- вселение быстрорастущих организмов 2-го трофического уровня, подобранных в соответствии с потребностями;
- создание условий (в том числе – по глубине пруда) для бурного роста ВВР как фактора конкурентного подавления микроводорослей;
- использование для восстановления прудов, как альтернативе дорогостоящей очистки дна, метода «летования», позволяющего удалить на месте нестабильную органику и биогенные вещества, содержащиеся в донных отложениях.

Применительно к системам, потерявшим способность к самоочищению, эти методы должны применяться последовательно: вначале «летование», затем корректировка рабочей глубины (или геометрии дна) пруда и, после заполнения, интродукция нужных организмов, как высшей водной растительности, так и животных.

Приведенные примеры и перечисленные рекомендации не исчерпывают спектр задач и возможностей экологических методов управления искусственными водными экосистемами. Важно подчеркнуть, что их реализация требует обязательного участия, в той или иной степени, квалифицированных специалистов, работающих на стыке водной биологии и инженерных систем.

Полученные данные позволяют рекомендовать внести в Свод Правил СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения» соответствующие дополнения в части проектирования биопрудов. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Одум Ю. Экология. Мир. 1986. Москва. т. 1. с. 164.
2. Келль Л.С., Середа М.В. Биологические методы борьбы с «цветением» в биопрудах. Экология производства. 2010 г., № 8, с. 60–65.
3. Середа М.В., Келль Л.С., Использование биологических методов подавления «цветения» воды при ее доочистке в биопрудах // Нефтепереработка и нефтехимия. 2011. – Вып. 5. – С. 32–35.
4. Келль Л.С. Восстановление экологического разнообразия и самоочищающей способности искусственных водных экосистем. Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2014, № 8, 2014, с. 46–52.
5. Л.С. Келль, М.В. Середа, А.В Казаков. Усовершенствованная технология биологического безреагентного глубокого удаления фосфора Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2016. № 4. С. 24–28.
6. Борзенков А.А., Кумани М.В., Лукьянчиков Д.И. Применение биологических прудов для доочистки сточных вод в Курской области. [HTTP://WWW.SCIENTIFIC-NOTES.RU/PDF/013-12.PDF](http://www.scientific-notes.ru/pdf/013-12.pdf).
7. Сивкова Е.Е., Семенов С.Ю. Использование технологии «CONSTRUCTED WETLANDS» для очистки сточных вод малых населенных пунктов и предприятий. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010 г., с. 123–130. [HTTP://SUN.TSU.RU/MMINFO/000063105/bio/12/image/12-123.PDF](http://sun.tsu.ru/mmInfo/000063105/bio/12/image/12-123.pdf).

Опыт эксплуатации адсорбционных фильтров PureAir на очистных сооружениях водоканала г. Астаны

С.В. Свицков,
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ДИРЕКТОР ИНЖЕНЕРНО-
КОНСАЛТИНГОВОЙ КОМПАНИИ
«ОКС Групп»

INFO@ECOLO.RU
+7 (495) 518-62-06

Задача снижения дурнопахнущих выбросов актуальна для многих очистных сооружений канализации. Эта проблема является частью общей проблемы очистки воздуха от загрязняющих веществ и удаления неприятного запаха от организованных источников выбросов. Для ее решения применяются следующие основные технологии:

- химические абсорберы (скрубберы);
- физико-химические фильтры – адсорберы;
- каталитические фильтры;
- биологические фильтры;
- газоразрядные и плазменные установки.

У каждого типа газоочистного оборудования есть своя область применения в зависимости от решаемой задачи, места установки и условий эксплуатации. Среди факторов, влияющих на выбор технологии, могут быть загрязняющие вещества и их концентрации, температура, стабильность выбросов, капитальные и эксплуатационные затраты, габариты газоочистного оборудования и пр.

Например, к ограничениям использования *газоразрядных и плазмо-каталитических установок* на очистных сооружениях и объектах канализации относятся: 100 % влажность выбросов, наличие таких взрывоопасных газов, как метан, вероятность образования новых, иногда и более вредных, чем исходные, веществ (озон, формальдегид и др.). С другой стороны, данные технологии хорошо работают для очистки воздуха от органических соединений на предприятиях пищевой промышленности.

Основным недостатком *скрубберов* является потребность в реагентах и эксплуатации реагентного хозяйства.

Биологические фильтры прихотливы в эксплуатации, чувствительны к колебаниям таких параметров, как концентрация загрязняющих веществ, температура, влажность.

Для решения некоторых сложных задач очистки воздуха от организованных источников используется совокупность технологий. Например, при стабильно высокой концентрации H_2S (более 100 мг/м^3) целесообразно установить 2-х ступенчатую систему очистки воздуха, где 1-я ступень – химический мокрый скруббер на каустической соде, 2-я ступень – адсорбционный угольный фильтр.

Задача снижения запахов в выбросах от сооружений канализации является одной из сложнейших, что обусловлено наличием большого количества как организованных, так и неорганизованных источников выбросов, высокой влажностью выбросов, наличием в них большого количества различных одорантов с большим разбросом пороговых концентраций по запаху [1], резкими скачками концентраций загрязняющих веществ и другими факторами. Решение этой задачи должно быть комплексным и часто требует применения различных технологий.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АДСОРБЕРЫ

В ходе технико-экономических проработок, выполненных компанией «ОКС Групп», был рассмотрен опыт внедрения технологий очистки воздуха, предлагаемых производителями из России, Западной Европы, США, Японии, Южной Кореи. Был сделан вывод, что для большинства организованных источников выбросов на очистных сооружениях и других объектах канализации оптимальным является применение физико-химических адсорберов¹.

Для внедрения были выбраны фильтры PureAir, производимые по американской технологии в России.

В зависимости от расхода выбросов, состава и концентраций загрязняющих веществ газовоздушных выбросов фильтры PureAir могут быть различного исполнения с загрузкой одного или нескольких видов адсорбентов. Как правило, для очистки газовоздушных выбросов от объектов канализации используется загрузка, состоящая из двух слоев. Первый и основной слой загрузки представляет собой гранулированный специальный гидрофобный импрегнированный уголь Sulphasorb XL с повышенной сорбционной емкостью по сероводороду (до 70 % от собственного веса), предназначенный для существенного снижения концентрации сероводорода. Основа второго слоя загрузки – CPS Blend – представляет собой алюмогель, импрегнированный перманганатом калия. Данный слой предназначен для снижения остаточной концентрации сероводорода и прочих летучих органических соединений (ЛОС). Такая комбинация адсорбентов в фильтрах PureAir позволяет достичь высокой степени очистки воздуха по сероводороду и запаху (эффективность очистки по запаху определяется посредством ольфактометрии по ГОСТ 32673-2014 [2]). Для увеличения срока службы адсорбента фильтр оснащается фильтром предварительной очистки из волокнистого материала, выполняющего функцию капле-жиро-уловителя.

Отличительной особенностью фильтров PureAir является наличие механического индикатора износа адсорбента, который представляет собой щуп (рис. 1), устанавливаемый в тело фильтра через все слои адсорбционной загрузки. Щуп имеет специальное покрытие, которое чернеет по мере износа адсорбента. Индикатор позволяет вовремя определить время замены адсорбента. Часть индикатора износа адсорбента, соприкасающаяся с вырабатывавшимися слоями адсорбента, окисляется и темнеет.

¹ Адсорбцией называют концентрирование веществ на поверхности раздела фаз или в объеме пор твердого тела. В процессе адсорбции участвуют, как минимум два агента: тело, на поверхности или в объеме пор которого происходит концентрирование поглощаемого вещества (его называют адсорбентом) и поглощаемое вещество. Последнее, если оно находится в газовой или жидкой объемной фазе, т. е. в неадсорбированном состоянии, называется адсорбтивом, а после того как оно перешло в адсорбированное состояние – адсорбатом.

Адсорбция может быть физической или химической, последняя сопровождается реакцией между адсорбентом и поглощаемым веществом. К основным адсорбентам относятся: активные угли, силикагели, алюмогели, цеолиты.



Рис. 1.
Щуп для определения
износа адсорбента

Адсорбционные фильтры PureAir характеризуются следующими преимуществами:

- высокая эффективность очистки от сероводорода и запаха;
- стабильность работы вне зависимости от залповых повышений концентраций загрязняющих веществ;
- влажность очищаемых газов не оказывает значительного влияния на степень эффективности очистки;
- отсутствие потребности в электроэнергии и воде;
- отсутствие образования новых загрязняющих веществ в очищаемом воздухе.
- выполнение из антикоррозийных материалов (фибергласс, HDPE);
- простота технического обслуживания.

Рис. 2.
Цех механического
обезжиривания



ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ PUREAIR

В 2016 г. технология PureAir была внедрена в цехе механического обезвреживания очистных сооружений канализации водоканала г. Астана «Астана су Арнасы» (Казахстан). В помещении этого цеха площадью 400 м², высотой 6 м (рис. 2), расположены 3 фильтр-пресса производительностью 25 м³/ч каждый, а также шкафы с электрооборудованием. Каждый фильтр-пресс имеет кожух для сбора загрязненного воздуха с отводом в общую систему вытяжки. Из-за неправильно спроектированной вытяжной системы вентиляции на объекте наблюдались повышенные концентрации сероводорода (маркерное вещество выбросов очистных сооружений и объектов канализации). Помимо негативного воздействия на обслуживающий персонал, а также неприятных запахов, повышенная концентрация загрязняющих веществ приводила к коррозии электрооборудования и, как следствие, к остановкам производства, затратам на ремонт.

Сотрудниками водоканала были проведены замеры концентрации сероводорода под перекрытием фильтр-пресса при помощи ручного газоанализатора GasAlertMicro 5 (Honeywell). Концентрация сероводорода составила 14 мг/м³.

Учитывая небольшой объем воздуха под перекрытием фильтр-пресса, было принято решение установить на каждый фильтр-пресс по одному фильтру PureAir с минимальным расходом воздуха из линейки производителя – ДСК-100. Каждый фильтр оснащен собственным вакуумным вентилятором, обеспечивающим расход воздуха 170–300 м³/ч. Выброс очищенного воздуха производится в объем помещения цеха, что позволяет не производить реконструкцию всей вытяжной системы, влекущую за собой существенные дополнительные затраты на проектирование и строительно-монтажные работы, а также увеличение сроков выполнения работ. Для вновь создаваемых объектов такое решение может позволить уменьшить приток воздуха в цех и, тем самым, уменьшить затраты на его подогрев.

Технические характеристики фильтра приведены в табл. 1. Расчетный срок службы адсорбента фильтра ДСК-100 при указанной концентрации сероводорода составляет 8,5 месяцев.

Таблица 1.
ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИЛЬТРА
ДСК-100

Корпус	Полиэтилен высокой плотности (HDPE)
Габаритные размеры	Диаметр фильтра 0,56 м Высота фильтра 0,76 м
Вес	200 кг
Крышка	Фибerglass высокой прочности
Дополнительные опции	Фильтр предочистки для улавливания взвешенных частиц и капелек влаги. Вытяжной вентилятор 170–300 м ³ /ч
Адсорбент	Загрузка адсорбента: 0,09 м ³ – Sulphasorb XL; 0,06 м ³ – CPS Blenb



Рис. 3.
ЗАГРУЗКА АДСОРБЕНТА В ФИЛЬТР ДСК-100

Рис. 4.
УСТАНОВКА ФИЛЬТРОВ ДСК-100 В ЦЕХЕ



В феврале 2016 г. фильтры смонтированы и запущены в эксплуатацию (рис. 3–4). Следует отметить, что монтаж фильтров и пуско-наладка были осуществлены в течение 2-х дней.

На водоканале ведется ежедневный мониторинг концентрации сероводорода на входе и выходе из фильтров, установленных на рабочих фильтр-прессах (машина № 1 и машина № 3). Пределы измерения газоанализатора по сероводороду – 0–500 ppm (0–700 мг/м³), начальный порог – от 1 ppm (1,4 мг/м³).

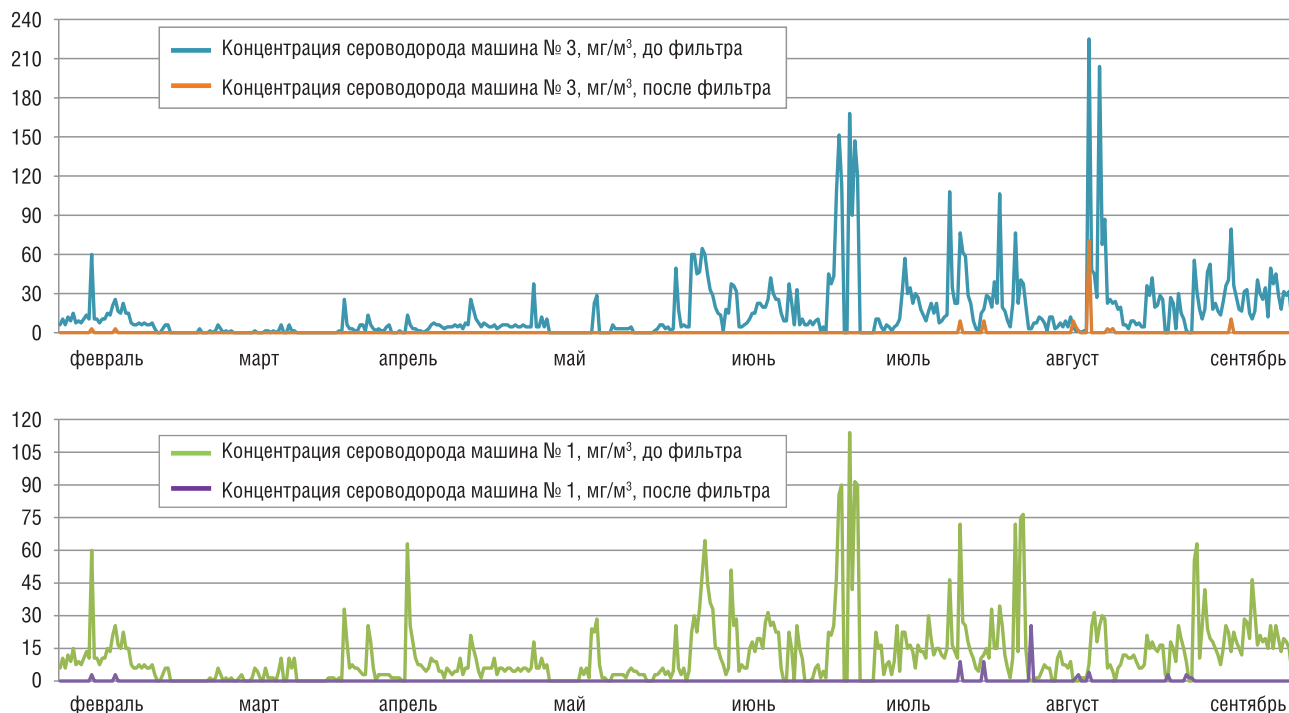
График результатов мониторинга приведен на рис. 5.

Анализ данных показал очень высокую нестабильность концентрации сероводорода в подаваемом на очистку воздухе, что, вероятно, обусловлено динамично меняющимся составом и количеством поступающего сырья. Отмечено повышение концентраций сероводорода в летний период, что объясняется интенсивным протеканием процессов гниения в сточных водах и осадках по причине более высокой температуры и отсутствия ливневого притока. Максимальная зафиксированная концентрация сероводорода на входе в фильтр составила 225 мг/м³ (машина № 3, август). Средние концентрации сероводорода на входе в фильтры составили 11 мг/м³ для машины № 1 и 15 мг/м³ для машины № 3.

Как видно, данные по одному из фильтр-прессов совпали с одноразовым замером, выполнявшимся перед началом работ. Однако важно понимать, что в условиях обнаруженных колебаний (в 10–30 раз над средней концентрацией), во-первых, к этому совпадению следует относиться не более чем к случайности, а, во-вторых, подбор оборудования по разовой пробе при такой фактической неравномерности может привести либо к его неработоспособности, либо к многократным избыточным затратам.

Фильтры PureAir показали эффективность удаления сероводорода более 99 %, а также стабильность очистки воздуха в условиях повышенной влажности и существенных скачков концентрации сероводорода на входе. Заявленный срок службы адсорбента подтвердился, замена загрузки была произведена только в начале 2017 г.

За отраженный на рис. 6 период эксплуатации ПДК для воздуха рабочей зоны по сероводороду (10 мг/м³) на выходе из фильтра было превышено только дважды. Указанные скачки концентраций обусловлены фоновой концентрацией сероводорода в цехе, связанной с проведением ремонтных работ на системе вентиляции другого технологического оборудования (илоуплотнителей), имеющей сообщение с цехом механического обезвоживания.



Таким образом, при низких затратах реализация предложенного технического решения установки фильтров позволила оперативно выполнить задачу очистки воздуха во всем цехе от сероводорода и запаха, а также защитить электрооборудование от коррозии.

Ситуация с чрезвычайно высокой неравномерностью содержания сероводорода в выбросах характерна не только для вышеописанного, а также наблюдается, например, на КНС. Это свидетельствует о том, что выбросы от сооружений канализации могут быть не только неприятными, но и реально опасными для здоровья и в обязательном порядке должны очищаться.

С учетом чрезвычайно высокой неравномерности концентраций загрязнений в выбросах для корректного расчета газоочистного оборудования, а также планирования последующих эксплуатационных затрат не следует опираться только на данные однократных замеров (например, ежегодных плановых замеров, проводимых в рамках подтверждения предельно допустимых выбросов (ПДВ)). Рекомендуется проводить длительный мониторинг концентрации сероводорода, как маркерного вещества для объектов канализации. Этот мониторинг должен в обязательном порядке затрагивать летний период.

Рекомендуется также внести дополнение в Свод Правил СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения», запрещающее проектирование сооружений сгущения и обезвоживания осадка, работающих с открытыми поверхностями осадка, без установок очистки отходящих выбросов. ●

Рис. 5.
График замеров концентрации сероводорода на входе и выходе из фильтров

ЛИТЕРАТУРА

1. Свицков С.В., Данилович Д.А., Азаров В.Н. Очистные сооружения как источник неприятного запаха: причины, характеристики и методы борьбы, Журнал «Водоснабжение и санитарная техника». Москва, 2016, № 7.
2. ГОСТ 32673-2014 Правила установления нормативов и контроля выбросов дурнопахнущих веществ в атмосферу.
3. Свицков С.В. Биофильтрация выбросов на очистных сооружениях Журнал Экология Производства, Москва, № 6, июнь 2014 г.
4. Грег С., Кинг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. — Пер. с англ., 2-е изд. — М.: Мир, 1984. — 306 с.
5. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. Монография / 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Химия, 1984. — 592 с.
6. Страус В. Промышленная очистка газов. Пер. с англ. — М.: Химия, 1981. — 616 с.
7. CALVERT S. ENOLUND H.M. HANDBOOK OF AIR POLLUTION TECHNOLOGY. JOHN WILEY AND SONS, INC., 1984.
8. DAIGGER G.T., JONES B.G., NELSON M.D., PINCINE A.B., SADICK T.E., CONTROL OF ODORS AND EMISSIONS FROM WASTEWATER TREATMENT PLANTS, USA, 2004 г.

Санация трубопровода стеклопластиковым рукавом

БЕСТРАНШЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

ПОЛИМЕРНЫЙ РУКАВ ДЛЯ РЕМОНТА ТРУБ

Подземные трубопроводы разрушаются под действием времени, агрессивной среды, а также по причине низкого качества материалов. Методик восстановления труб много, и наиболее эффективная – без оборудования траншей.

Технология санации полимерным рукавом – один из передовых методов. Для этого используют композитные материалы из стекловолокна со специальной пропиткой. Мировым лидером в производстве такого материала является компания SAERTEX multiCom GmbH, которая разработала собственную технологию изготовления прочного и надежного рукава любого диаметра.

БЕСТРАНШЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Передовые технологии замены, восстановления и ремонта трубопроводов не требуют проведения объемных земляных работ в месте повреждения трубы. Кто-то использует протягивание новой трубы внутри старого изделия, другие предпочитают разрушать старую трубу с одновременной укладкой новой (что относится к строительству), что в любом случае требует использования сложного оборудования и специальной техники.

Независимо от выбранной методики, бестраншейная технология позволяет решить несколько технологических, экономических и социальных задач:

- Не создаются преграды для движения транспорта и пешеходов, нет необходимости срезать деревья и разрушать ландшафт в исторических или парковых зонах.
- Минимизируются риски повреждения коммуникаций, которые пролегают параллельно или рядом с поврежденным водопроводом.
- Расходы на восстановительные или ремонтные работы сокращаются на 30–50 %:

не требуется использования землеройной техники, восстановления дорожного покрытия, сокращается количество персонала и срок выполнения работ.

Перспективной технологией восстановления трубопровода является применение полимерного рукава.

ПОЛИМЕРНЫЙ РУКАВ

Суть традиционной технологии – протяжка в поврежденный трубопровод специального рукава, изготовленного из стекловолокна. Рукав на месте проведения работ пропитывается специальным раствором, после чего выворачивается внутрь трубы и происходит процесс затвердевания с помощью горячей воды или пара. Однако у данного метода имеются серьезные недостатки: высокая стоимость и сложность работ.

Компания SAERTEX multiCom GmbH использует технологию отверждения ультрафиолетом, что позволяет снизить затраты, увеличить скорость и качество работы. После протяжки рукав расправляется подачей сжатого воздуха. Затем протягивается гирлянда с УФ лампами и происходит полимеризация рукава.

Активно использовать полимерный рукав компании SAERTEX multiCom GmbH в Москве начали около 2-х лет назад. Ежегодный объем восстановленного трубопровода данным методом составляет десятки километров с диаметром от 150 до 1600 мм. Производитель выполняет весь технологический цикл изготовления полимерного рукава, в том числе производство стекловолокна, потребитель получает высокое качество товара и эксплуатационную гарантию сроком от 50 лет.

Компания ООО «Руслайнер» является эксклюзивным представителем SAERTEX multiCom GmbH на рынке России. Мы обеспечиваем качественный, надежный и быстрый ремонт трубопровода экологичным методом. ●

БЕСТРАНШЕЙНЫЙ РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДА С ПОМОЩЬЮ ПОЛИМЕРНОГО РУКАВА SAERTEX-LINER

*Оптимально для санации
трубопроводов в жилых районах,
при дорожном движении.*

*Не требуется
проведение
земельных работ*



*Подходит для любого
вида сечений труб*

*Срок эксплуатации
санированной трубы
от 50 лет*

*4-5 часов
время установки*

Ремонт трубопроводов
с использованием лайнеров SAERTEX —
это технически совершенная,
экономически эффективная, экологически
безопасная и гибкая технология.

40 лет применения центрифуг на очистных сооружениях Ленинграда – Санкт-Петербурга: основные итоги

**О.Н. Рублевская,
ДИРЕКТОР ДЕПАРТАМЕНТА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
РАЗВИТИЯ И ОХРАНЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ,
ГУП «Водоканал Санкт-
Петербурга»¹**

В прошлом году исполнилось 40 лет с начала использования на объектах водоканала Санкт-Петербурга центрифуг для обезвоживания осадка.

У истоков этого очень важного для всей отрасли решения лежала во многом уникальная ситуация с размещением строившейся в те годы на намывном острове Белый Центральной станции аэрации (ЦСА). Эти канализационные очистные сооружения, одни из самых крупных в стране, имевшие производительность 1,5 млн м³/сутки, по причине своего расположения в Финском заливе и в окружении города, в принципе не могли иметь иловых площадок. К тому времени накопленный опыт, в том числе на Люберецких очистных сооружениях, позволил специалистам сделать вывод, что применявшиеся для обезвоживания осадка барабанные вакуум-фильтры, работающие с использованием в качестве реагентов хлорного железа и извести, не смогут обеспечить необходимой надежности работы, позволяющей обойтись без иловых площадок. Кроме недостаточно надежной работы комплекса оборудования, включая реагентное хозяйство, проблемой были поставки известкового молока в необходимом количестве.

ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕМ, НАЧИНАЯ С 1976 г.

С учетом высокой ответственности решаемой задачи, тогдашнее руководство водоканала взяло курс на оснащение очистных сооружений более современным оборудованием. В Западной Европе к этому времени широкое распространение получил метод обезвоживания осадков центрифугированием с использованием полимерных флокулянтов. На основе опыта пилотных испытаний и работы на КОС г. Пушкин двух центрифуг S2-1 западногерманской фирмы «KHD Humboldt», начавшейся в 1976 г., в составе проекта ЦСА был разработан цех механического обезвоживания с 14-ю центрифугами S4-1 «KHD Humboldt» [1]. Для работы этого цеха выделялись средства на приобретение флокулянта по импорту.

¹ Рублевская Ольга Николаевна, тел.: (812) 438-44-53, e-mail: Rublevskaya_ON@vodokanal.spb.ru

На Северной станции аэрации (ССА) была сделана попытка использовать аналогичное оборудование отечественного производства: первоначально были установлены центрифуги ОГШ-1000 К-01. Однако они имели слабую защиту кромки шнека, поэтому срок их службы не превышал 5000 часов. Кроме того, эти центрифуги не были приспособлены для работы с применением флокулянтов, по этой причине эффективность удержания сухого вещества в них была низкой. Впоследствии эти центрифуги были заменены на центрипрессы, демонтированные при строительстве завода сжигания осадка (ЗСО) на ЦСА.

Средние показатели обезвоживания осадков на центрифугах «KND Humboldt» на ЦСА и ОС г. Пушкин приведены в табл. 1.

Основными проблемами эксплуатации центрифуг в тот период являлся довольно быстрый выход из строя шнеков из-за абразивного износа его кромок. Это негативное явление было связано с неудовлетворительной подготовкой осадка первичных отстойников к обезвоживанию на скоростных центрифугах, а именно – значительным содержанием в нем песка и отходов из-за неэффективной работы песколовок и решёток. Для устранения этого недостатка выполнен ряд мероприятий. Для увеличения извлечения отходов из сточной воды установлены ступенчатые решетки с прозором 6 мм, оптимизирована работа песколовок. Было сооружено отделение подготовки осадка, в котором установлены напорные гидроциклоны с гидротомывом, а также решетки с прозором 2 мм для процеживания сырого осадка. Аналогичные решётки смонтированы для процеживания смеси осадка из первичных отстойников с уплотненным активным илом, подаваемой на обезвоживание.

Это отделение эксплуатируется на ЦСА до настоящего времени. В случае превышения содержания песка в сыром осадке первичных отстойников выше 3,5 % от сухого вещества и/или зольности выше 45 %, осадок насосами подается на гидроциклоны. В гидроциклоне под действием центробежных сил частицы песка, имеющие большую плотность, располагаются по периферии и через нижнюю насадку удаляются из ги-

дроциклона. В специальном кожухе, прикрепленном к выходному отверстию гидроциклона, происходит смешение песка с технической водой, после чего смесь песка с водой поступает в специальную песколовку. В отстойной зоне песколовки происходит отделение песка от органики.

Промывочная вода с органикой и песком мелких фракций сливается в «карман» песколовки, откуда самотеком поступает в камеру с эрлифтом и далее откачивается в распределительный канал первичных отстойников.

В среднем содержание песка сырого осадка первичных отстойников до обработки колеблется от 0,5 до 3,2 %, а зольность от 28 до 42 %.

Последовавшее в начале 90-х годов решение о переходе на сжигание осадков привело к необходимости внедрения нового, более эффективного обезвоживающего оборудования, способного обеспечить получение обезвоженного осадка влажностью 70–72 %. Это было обусловлено стремлением достичь автотермической влажности осадка, начиная с которой процесс сжигания не требует добавления внешнего топлива.

Перед началом реализации проекта по строительству заводов по сжиганию осадка, на ЦСА в 1992–1994 гг. были проведены промышленные испытания обезвоживающего оборудования различных фирм: «Alfa-Laval» (Швеция), «Bird Humboldt» (ФРГ) и «Guinard» (Франция). По результатам испытаний, оборудование фирмы «Bird Humboldt» («Бирд Гумбольдт»), так называемый центрипресс, продемонстрировало наилучшие технико-экономические показатели.

Центрипрессы, являвшиеся модификацией центрифуг, обладали рядом несомненных преимуществ по сравнению с первым поколением центрифуг:

- большой угол конусности ротора позволяет удлинить его цилиндрическую часть, тем самым увеличить поверхность осаждения;
- противоточное движение потоков осадка и фугата в полости ротора позволили отказаться от устройства фугатных каналов и дополнительного уплотнения между шнеком и барабаном, существенно улучшая эксплуатационные характеристики центрифуги;

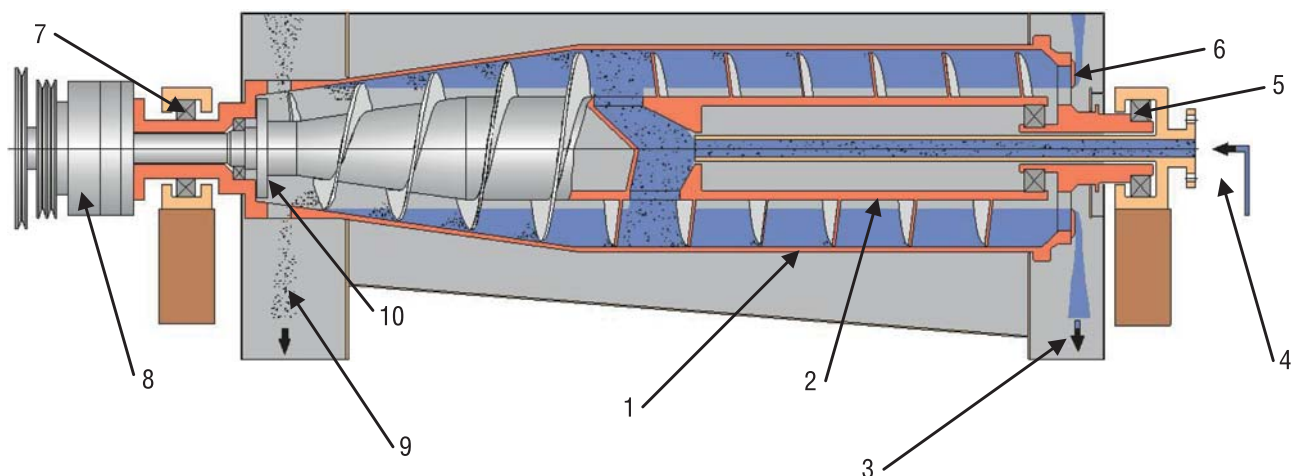


Рис. 1.
ДЕКАНТЕР ФЛОТТВЕГ:
1 – РОТОР;
2 – ШНЕК;
3 – ФУГАТ;
4 – ПОДАЧА
НЕОБЕЗВОЖЕННОГО
ОСАДКА;
5 – ПОДШИПНИК ШНЕКА;
6 – ОКНА ФУГАТА;
7 – ПОДШИПНИК РОТОРА;
8 – ПРИВОД РОТОРА;
9 – КЕК;
10 – ОКНА ВЫГРУЗКИ КЕКА

Таблица 1.
СРЕДНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ
ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ
ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД
НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

• меньший шаг лопастей в конической части шнека обеспечивает дополнительное уплотнение осадка при его транспортировке.

Основные конструктивные особенности, а также закономерности разделения осадка на фазы в центробежном поле одинаковы (см. подробнее [2, 3]).

По результатам проведенных испытаний был реализован проект совместного производства центрипрессов на заводе «Кировэнергомаш» в г. Санкт-Петербург на основе комплектующих фирмы «Бирд Гумбольдт».

Как видно из табл. 1, центрипрессы обеспечили повышение глубины обезвоживания осадка, но эффективность задержания твердой фазы серьезно уменьшилась – до 90 %.

По мере дальнейшего развития обезвоживающей техники возникла необходимость замены устаревшего установленного оборудования на современные центрифуги нового, третьего поколения. В качестве такого оборудования были испытаны, а затем внедрены в эксплуатацию немецкие центрифуги Flottweg (Флоттвег) и Westfalia Sperator (Вестфалия сеператор).

Схема аппарата Флоттвег представлена на рис. 1. Это оборудование заменило устаревшие центрифуги на ЦСА и ССА (см. рис.2).

Тип оборудования	Технологическое поколение центрифуг	Доза флокулянта*, кг/тсв	Содержание сухого вещества в кеке*, %	Эффективность удержания сухого вещества, %
Гумбольдт S 4-1, S2-1, ОГШ-1001 K-01**	Первое	3,0–3,5	18–22	95–97
Гумбольдт CP 4-1	Второе	5,6	25,0	90
Вестфалия сепаратор	Третье	4,2–6,0	25,2–26,6	96–98
Флоттвег		4,8–5,2	26,6–28,5	96–98

* В зависимости от содержания в смеси осадков избыточного активного ила;

** Эксплуатировались на Северной станции аэрации (ССА).

Наряду с центрифугами Флоттвег в водоканале также эксплуатировалось 7 центрифуг меньшей производительности фирмы «Вестфалия Сепаратор» (табл. 1, табл. 2). Этими центрифугами были оснащены введенные в эксплуатацию Юго-Западные очистные сооружения производительностью 230 тыс. м³/сут., очистные сооружения г. Пушкина и г. Кронштадта.

Центрифуги третьего поколения показали надёжную работу, обеспечивая качество обезвоженного осадка, пригодного для сжигания в печах с кипящим слоем (табл. 1). Как видно из указанной таблицы, аппараты Вестфалия сепаратор продемонстрировали несколько большую потребность во флокулянте и несколько меньшую глубину обезвоживания, чем центрифуги Флоттвег (следует отметить, что они эксплуатировались на различных станциях, так что сопоставление данных несколько условно).

Основные технические параметры обезвоживающего оборудования (применяемого ранее и в настоящее время) на очистных сооружениях Санкт-Петербурга приведены в табл. 2 (данные носят исторический характер).



Рис. 2.
ДЕКАНТЕРЫ «FLOTTWEG SE»
НА ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТАНЦИИ АЭРАЦИИ

ТАБЛИЦА 2.
ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ОБЕЗВОЖИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование	Центрифуга S 4-1	Центрипресс Гумбольдт CP4-1	Декантер Флоттвег Z6E-4/454	Центрифуга Вестфалия сепаратор USD
Производительность: гидравлическая, м ³ ; по сухому веществу, кг/час	40 1200–1200	50 1200–1500	70 2200	35 1000
Тип центрифуги*	Прямоточная	Противоточная (центрипресс)	Противоточная (декантер)	Противоточная (декантер)
Внутренний диаметр барабана, мм	900	—	620	530
Отношение диаметра к длине	2,8	—	1/4	1/4
Угол конуса, град	—	—	17 град специальная конструкция конусной части шнека для двойного отжима	8 град стандартная форма конуса
Скорость вращения барабана, об/мин	1200	1220	3200 регулируемая	3500 нерегулируемая
Максимальный момент на шнеке, Нм	Нет данных	Нет данных	24000	15000
Ускорение, g	Нет данных	Нет данных	3500	3600

* Все использованные аппараты относятся к типу горизонтальных центробежных.

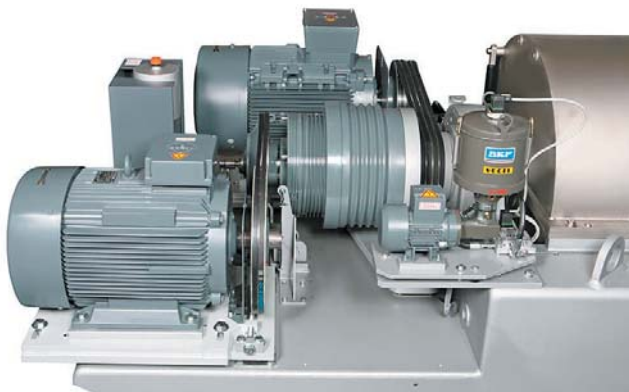
Основные выводы по опыту эксплуатации оборудования 2-го и 3-го поколений

По опыту эксплуатации аппаратов 2-го и 3-го поколений (центрипрессы CP-4-1.1, декантеры Flottweg и Westfallia Separator) можно сделать следующие основные выводы.

Центрипресс CP 4-1.1

При 15 000 часов наработки необходимо проведение капитального ремонта с выполнением следующих работ: полная разборка ротора с заменой опорных подшипников, камеры хлопьеобразования, баков стока, «башмаков» в окнах выгрузки, пластин на винтовой линии шнека с последующей балансировкой шнека (к началу проведения работ зазор между кромкой шнека центрипресса и ротором составлял более чем 5 мм по радиусу, при зазоре более 3 мм уже отмечалось снижение производительности центрипресса в 1,5 раза), балансировка барабана в сборе, замена загрузочного устройства, включая трубу подачи шлама и флокулянта, капитальный ремонт турбомуфты, капитальный ремонт планетарного редуктора, капитальный ремонт электродвигателей.

Рис. 3.
Привод SIMP DRIVE® декантера FLOTTWEG



Декантер FLOTTWEG Z6E-4/454

Конструктивные особенности центрифуг Флоттвег позволяют достигать более низких показателей по влажности осадка после обезвоживания при меньшем расходе флокулянта, чем на аналогичном оборудовании. Например, привод SIMP DRIVE® (рис. 3) дает возможность точно регулировать дифференциальную скорость, что обеспечивает эффективность разделения даже при меняющихся свойствах осадка. Поддержание высокого крутящего момента вкуче с двойным конусом ротора, создающим особо высокое давление в зоне прессования, обеспечивают получение максимально сухого кека при любых условиях.

На настоящий момент декантеры на Центральной станции имеют наработку от 42 000 до 72 000 часов, т.е. от 4,8 до 8,2 лет условной непрерывной эксплуатации. Тем не менее, капитальный ремонт не требуется, износ кромки лопастей отсутствует. Декантер отличается простотой разборки на составные части и последующей сборки ротора, несложным периодическим техническим обслуживанием. Потребление электроэнергии и расход реагентов меньше на 15 % по сравнению с центрипрессами CP 4-1.1.

В процессе эксплуатации декантеров Flottweg для исключения отложений осадков и крупных включений в барабане специалисты компании «Flottweg SE» совместно со специалистами ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и ЗАО «ПромЭкоТрейдинг» доработали конструкцию загрузочной трубы декантера, исходя из свойств обрабатываемой смеси осадка. Также заводом-изготовителем рекомендованы и утверждены мероприятия для усиления защиты зоны выгрузки обезвоженного осадка (для продления срока службы элементов защиты декантеров).

ДЕКАНТЕРЫ WESTFALIA SEPARATOR

Были установлены на ЮЗОС (см. рис. 4) и ОС г. Кронштадт и. Пушкин. Декантеры на ЮЗОС имели наработку 25 000–30 000 часов.

В течение первого года эксплуатации отмечена недолговечность элементов привода ротора. Этот недостаток устранён совместно специалистами водоканала и компании. Декантеры имеют тоннельную конструкцию, что несколько усложняет монтаж/демонтаж ротора и шнека (рис. 5). Отмечена быстрая истираемость элементов в зоне выгрузки кека.

ПЕРЕОСНАЩЕНИЕ В 2007–2015 гг.

В 2007–2015 гг. весь парк обезвреживающего оборудования на ЮЗОС, ССА и очистных сооружениях небольшой производительности (в городах Колпино, Петродворец, пос. Репино, Пушкин, Кронштадт, Сестрорецк) был полностью переоснащён декантерами фирмы Flottweg Z4E-4/454, Z6E-4/454, C3E-4/454, C4E-4/454, C5E-4/454, производительностью от 4 до 60 м³/ч. В основном были установлены аппараты модельного ряда С-серии, которая специально разработана с учетом особенностей применения центрифуг в коммунальном хозяйстве (общий диапазон этой серии: 2–130 м³/ч). Особый акцент в этой серии был сделан также на снижении энергопотребления: в среднем потребляемая мощность декантерами фирмы Flottweg на 30 % меньше, чем у других центрифуг.

Всего во время переоснащения канализационных очистных сооружений было установлено 22 декантера Флоттвег (см. рис. 6). На ЦСА и ССА эксплуатация аппаратов Флоттвег продолжается. Кроме того, декантеры Флоттвег успешно эксплуатируются с 2009 г. на Южной водопроводной станции ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» на обезвреживании осадка промывных вод.



Рис. 4. Декантеры WESTFALIA SEPARATOR на Юго-западных очистных сооружениях

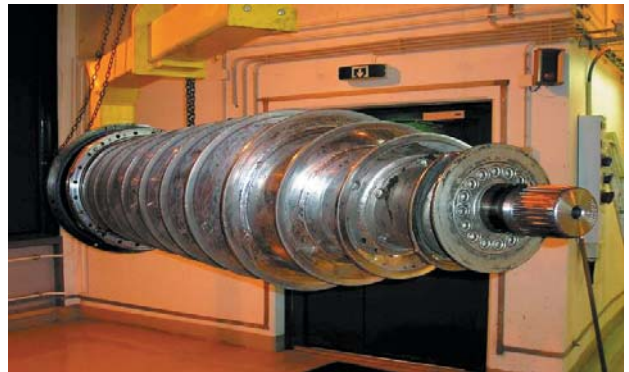


Рис. 5. Шнек декантера WESTFALIA SEPARATOR на Юго-Западных очистных сооружениях



Рис. 6. Декантеры Флоттвег на Юго-Западных очистных сооружениях

ВЫВОДЫ

За всю 40-летнюю историю развития и использования на очистных сооружениях Санкт-Петербурга метод обезвоживания центрифугированием зарекомендовал себя надёжным и высокоэффективным. В течение десятков лет обезвоживается весь образующийся осадок, обеспечивается работа заводов по сжиганию осадка. За эти годы сменилось два поколения центробежного оборудования, в последнее десятилетие применяются аппараты третьего поколения, обеспечивающие максимально эффективное обезвоживание осадка среди доступных аналогов на сегодняшний день. Специалистами водоканала накоплен огромный опыт по эксплуатации и обслуживанию этого оборудования, в том числе по их предложениям и с их участием был проведен ряд доработок центрифуг. ●

**VODA
NEWS**
ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ
О Т Р А С Л И В К Х

vodanews.info

ЛИТЕРАТУРА

1. МЕДВЕДЕВ Г.П. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ // ВОДОСНАБЖЕНИЕ И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА, 2003 г. № 4
2. КАРМАЗИНОВ Ф.В. и др. // ВОДОСНАБЖЕНИЕ И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА, 2001 г. № 4
3. КАРМАЗИНОВ Ф.В. ОТВЕДЕНИЕ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД САНКТ-ПЕТЕРБУРГА – ИЗДАТЕЛЬСТВО «НОВЫЙ ЖУРНАЛ», СПб, 2002

Пути достижения технологических показателей НДТ в объемах существующих сооружений биологической очистки городских сточных вод

Выполнение требований по удалению соединений азота и фосфора (а именно, аммонийного азота, азота нитратов, азота нитритов и фосфора фосфатов) является основной задачей модернизации существующих канализационных очистных сооружений (далее – КОС). Эта задача может быть решена только путем перехода с классической технологии биологической очистки на современные технологии, включающие нитри-денитрификацию и дефосфотацию.

подавляющее большинство действующих КОС проектированы и построены в тот период, когда требования к очистке сточных вод от загрязняющих веществ предъявлялись только по органическим загрязнениям (БПК) и взвешенным веществам, как правило, на уровне 15 мг/л по обоим показателям. Аэротенки этих КОС были рассчитаны по объему только на окисление органических веществ, воздухоподводки – на подачу соответствующего количества воздуха, а вторичные отстойники – на отделение ила с хорошей осаждаемостью (иловый индекс 80–100 см³/г).

**Д.А. Данилович¹,
КАНД. ТЕХН. НАУК,
РУКОВОДИТЕЛЬ ЦЕНТРА
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И МОДЕРНИЗАЦИИ
В ЖКХ, Ассоциация
ЖКХ «Развитие»,
ЭКСПЕРТ-ДИРЕКТОР
ЖУРНАЛА «НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ»,
КООРДИНАТОР ТЕХНИЧЕСКОЙ
РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ТРГ10
Бюро НДТ**

**С.В. Харьков²,
ДИРЕКТОР КОМПАНИИ
«АРХИТЕКТУРА ВОДНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ»**

ПЕРЕХОД НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

С 2019 г. начнут действовать требования Федерального закона № 219-ФЗ [1] о переходе всех КОС, на которые поступает свыше 20 тыс. м³/сут., на нормирование по комплексным экологическим разрешениям. В части очистки сточных вод от них будет требоваться достижение технологических показателей наилучших доступных технологий (НДТ), установленных в Информационно-техническом справочнике по НДТ (ИТС 10-2015) [2]. Для большинства сооружений (в зависимости от их масштаба и водных объектов, куда идет сброс), потребуется достижение концентраций, не превышающих приведенные в табл. 1.

¹ Данилович Дмитрий Александрович, da_danilovich@mail.ru

² Харьков Сергей Валерьевич, skh@watertec.ru

Таблица 1.

НАИБОЛЕЕ «ЖЕСТКИЕ» ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НДТ ДЛЯ СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Показатель	Значение, мг/л
Концентрация взвешенных веществ	10
Концентрация БПК ₅	8
Концентрация аммонийного азота	1
Концентрация азота нитратов	9
Концентрация азота нитритов	0,1
Концентрация фосфора фосфатов	0,7

Требования ИТС 10-2015 к большинству показателей ощутимо мягче, чем необходимые в настоящее время рыбо-хозяйственные ПДК. Однако надежное достижение технологических показателей требует качественно рассчитанных и оснащенных сооружений необходимого объема, работающих по современным технологиям.

Что очень важно, эти показатели достижимы при использовании сооружений биологической очистки, без дополнительной доочистки. ИТС 10-2015 установил технологические показатели, требующие обязательной доочистки, только для ситуаций сброса в особо охраняемые водные объекты. Это обусловлено тем, что эколого-экономический эффект от доочистки как дополнительной стадии, в среднем в 15 раз ниже, чем от модернизации биологической очистки.

КОС с притоком ниже 20 тыс. м³/сут. не обязаны переходить на технологическое нормирование, но, учитывая, что нормирование по НДС гораздо жестче, следует ожидать, что они воспользуются правом добровольного получения КЭР, которое дано в Федеральном законе № 219-ФЗ.

На время достижения технологических показателей должен быть разработан и реализовываться план повышения экологической эффективности (ППЭЭ).

Для перехода на НДТ Федеральный закон № 219-ФЗ предусмотрел как позитивные, так и негативные стимулы. Затраты на переход на НДТ могут вычитаться из начисленных платежей, а после перехода на НДТ (т.е. достижения установленных технологических показателей), платежи должны об-

нуляться. Те, кто не реализовал план после истечения его срока, должны будут платить с коэффициентом 100 к ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду, т.е. в 4 раза больше, чем сегодня платится в отсутствии лимитов на сбросы.

ДОСТИЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НДТ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ КОС

На основании накопленного опыта реконструкции КОС рассмотрим, с какими проблемами столкнутся водоканалы при реализации перехода на технологические показатели. В качестве примера используем условные КОС, запроектированные по классической технологии, включающей первичное отстаивание, аэротенки с регенераторами и вторичные отстойники, проектные характеристики приведены в табл. 2.

Указанная условная станция в ходе эксплуатации обеспечивала проектные показатели.

Рассмотрим, что же будет происходить при переходе на удаление азота и фосфора при обеспечении вышеназванных требований ИТС 10-2015 по взвешенным веществам. Для этих целей безальтернативно использование нитри-денитрификации, удаление фосфора может быть биологическим, химическим (реагентным) или комбинированным (биолого-химическим). Для простоты рассмотрим два варианта удаления фосфора: биологическим путем и химическим, с дозированием реагента в возвратный активный ил (существуют и другие варианты химического удаления фосфора [3]).

Таким образом, в отличие от классических аэротенков, в которых происходит только окисление органических веществ, в современных технологиях биологической очистки с удалением соединений азота и фосфора, нужно обеспечить прохождение следующих биохимических процессов:

- окисление органических соединений;
- нитрификация (окисление аммонийного азота до нитратов);
- денитрификация (восстановление нитратов до газообразного азота);
- биологическое, химическое или комбинированное (биолого-химическое) удаление фосфора.

Таблица 2.

ПРИМЕР. ПАРАМЕТРЫ УСЛОВНЫХ КОС,
ПОДЛЕЖАЩИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

Параметры условных КОС	Ед. измерения	Значение
Приток сточных вод		
Среднесуточный приток	м³/сут.	50 000
Общий коэффициент неравномерности (Кобщ)	-	1,75
Суточный коэффициент неравномерности (Ксут)	-	1,25
Максимальный суточный расход	м³/сут.	62 500
Максимальный часовой расход	м³/сут.	3650
Характеристики поступающих сточных вод		
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	210
Концентрация БПК ₅	мг/л	190
Концентрация БПКполн	мг/л	230
Концентрация аммонийного азота	мг/л	33
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	6
Средняя температура за две недели, характеризующиеся минимальными температурами сточных вод	°C	15
Расчетные параметры сооружений		
Эффективность осветления в первичных отстойниках	%	50
Объем аэротенков	м³	12 500
Время пребывания в аэротенках (с учетом регенераторов), по среднему притоку	ч	6
Расчетный % использования объема для регенерации	%	50
Концентрация иловой смеси в аэротенках	г/л	1,5
Площадь вторичных отстойников (4 ед. Д18 м)	м²	1000
Нагрузка на поверхность вторичных отстойников, по среднему притоку	м³/м²	2,1
Глубина вторичных отстойников	м	4
Объем вторичных отстойников	м³	4000
Общий объем сооружений биологической очистки	м³	16 500
Качество очищенной воды		
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	15
Концентрация БПК ₅	мг/л	15

Эти процессы, как известно, обладают различными (вплоть до диаметрально противоположных) требованиями к условиям их проведения, и должны осуществляться с выделением необходимых функциональных зон в аэротенке. Совокупность проведения этих процессов требует существенно большего времени обработки сточных вод.

При переходе на биологическое удаление азота и фосфора потребуются, например, следующие действия: отказ от использования регенераторов, выделение зон нитрификации, денитрификации и анаэробной зоны, необходимой для протекания процесса дефосфотации. Для варианта с химической дефосфотацией – аналогично, но без анаэробной зоны. Детально такие технологии описаны в работе [4]. Немаловажно, что активный ил, который в современных технологиях 50–55 % времени находится в неаэрируемых условиях, обладает гораздо худшей осаждаемостью. Его иловый индекс для расчета придется принять не менее 150 см³/г.

Единственный параметр, которым можно воздействовать на объемы аэротенков (при прочих равных условиях) – это доза (концентрация) активного ила. Однако проблемой для перехода существующих КОС на новые технологии является не только малый объем аэротенков, но еще и очень высокая проектная нагрузка на вторичные отстойники³. Технологии удаления азота и фосфора должны быть рассчитаны на повышенный иловый индекс, а также – на достижение более жестких требований к концентрации взвешенных веществ, чем в проектах 40-летней давности. В результате это требует многократного снижения нагрузки на отстойники.

Проведенный расчет (все расчеты аэротенков проводились на модели ASM 2d) показывает, что существующие сооружения смогут обеспечить технологические показатели НДТ по азоту и фосфору только при нагрузке на них, существенно ниже проектного значения (см. табл. 3).

³ В примере взята не самая высокая нагрузка, характерная для 80-х годов прошлого века. Например, на Новокурьяновской станции, рассчитанной на приток 2 млн м³/сут., нагрузка по проекту составляла 2,5 м³/м² ч. – Примеч. автора.

Таблица 3.

Снижение производительности существующих сооружений

(с проектной величины 50 тыс. м³/сут.) при достижении технологических показателей НДТ

Параметры КОС	Ед. изм.	При сохранении проектного значения по выносу взвешенных веществ (15 мг/л)		При обеспечении выноса взвешенных веществ согласно требованиям ИТС 10-2015 (в данном случае 10 мг/л)	
		Bio-P*	Chem-P**	Bio-P*	Chem-P**
Допустимая производительность	тыс. м³/сут.	20	16	17	15
	% от начального проектного расхода	40	32	34	30
Доза ила, обеспечивающая достижение технологических показателей	г/л	2,8	3,8	2,4	3,5

* при использовании биологического удаления фосфора

** при использовании химического удаления фосфора (с подачей реагента в поток возвратного активного ила или азротенк)

Необходимый объем азротенков обратно пропорционален дозе ила, а объем (площадь) вторичных отстойников – прямо пропорционален квадратному корню из дозы ила (согласно СНиП [5]). Очевидно, что по параметру дозы ила возможна и необходима оптимизация соотношения объемов азротенков и вторичных отстойников. Разумеется, на оптимальное значение будут влиять иловый индекс и требования к выносу взвеси.

На рис. 1 и в табл. 4 приведены результаты оптимизационных расчетов соотношений объемов азротенков и вторичных отстойников. Безусловно, применительно к вторичным отстойникам речь должна идти о площади, но, для удобства оптимизации, чтобы проводить ее в одних единицах, для расчета объема вторичного отстойника зададимся его глубиной у борта, равной 4 м. Расчеты проводились для достижения требований технологических показателей НДТ (в том числе вынос взвеси 10 мг/л), при иловом индексе 150 см³/г. Расчеты азротенков проводились на модели ASM 2d, вторичных отстойников – по формуле 67 СНиП 2.04.03-85:

$$q_{ssa} = \frac{4,5K_{ss}H_{set}^{0,8}}{(0,1J_i a_i)^{0,5-0,01a_i}}$$

где q_{ssa} – гидравлическая нагрузка, м³/м² ч; K_{ss} – коэффициент использования объ-

ема зоны отстаивания, H_{set} – глубина зоны отстаивания, м; J_i – иловый индекс, см³/г, a_i – концентрация активного ила в азротенке (доза ила), г/л; a_t – расчетный вынос взвешенных веществ, мг/л.

Данная формула имеет область применения при дозе ила до 15 г/л, однако, по данным [6], при дозе ила свыше 4 г/л формула (67), требует корректирующего коэффициента, учитывающего снижение скорости разделения фаз в более концентрированном иле. Очевидно, что чем выше доза в иловой смеси, входящей во вторичный отстойник, тем процесс ее разделения ближе от стесненного осаждения к уплотнению и тем медленнее происходит осаждение. По данным [7], снижение границы раздела фаз при отстаивании иловой смеси в лабораторном цилиндре происходило за 30 мин:

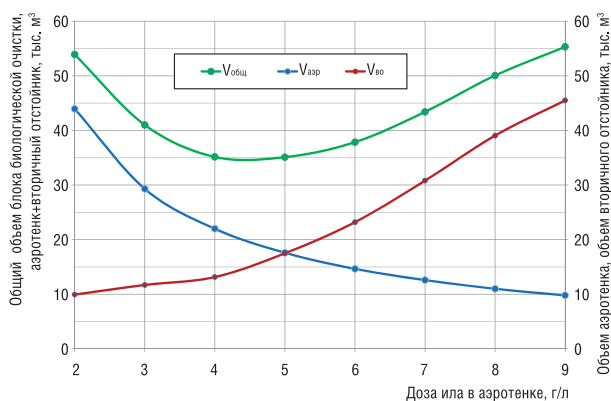
- с 50 до 5 см – при дозе 2 г/л;
- с 50 до 22 см – при дозе 4 г/л;
- с 50 до 37 см – при дозе 10 г/л.

Применительно к формуле 67 СНиП 2.04.03-85 для учета снижения скорости осаждения при дозах в иловой смеси свыше 4 г/л предложено [6] использовать пониженные значения коэффициента использования объема K_{ss} (использованы в настоящем расчете).

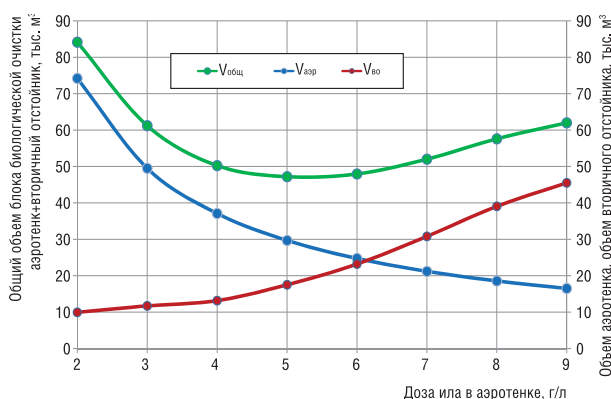
Таблица 4.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ СООТНОШЕНИЙ ОБЪЕМОВ АЭРОТЕНКОВ И ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ

Значение параметров при значениях дозы иловой смеси на входе во вторичный отстойник (X)										
X, г/л	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9
Kss	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,37	0,30	0,24	0,20	0,18
При использовании технологии Bio-P										
Объем аэротенков (V _{аэр})	87 950	58 600	43 950	29 300	22 000	17 600	14 650	12 600	11 000	9 800
Объем вторичных отстойников (V _{во})	7 550	8 900	9 950	11 700	13 150	17 500	23200	30 800	39 050	45 500
Общий объем сооружений биологической очистки (V _{общ})	95 500	67 500	53 900	41 000	35 150	35 100	37 850	43 400	50 050	55 300
При использовании технологии Снемо-Р (при дозировании реагента в ил)										
V _{аэр}	148 450	99 000	74 200	49 500	37 100	29 700	24 750	21 200	18 550	16 500
V _{во}	7 550	8 900	9 950	11 700	13 150	17 500	23 200	30 800	39 050	45 500
V _{общ}	156 000	107 900	84 150	61 200	50 250	47 200	47 950	52 000	57 600	62 000



А) Технология Bio-P



Б) Технология Снемо-Р

Рис. 1.

ОБЪЕМЫ АЭРОТЕНКОВ, ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ И ИХ СУММА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫБРАННОЙ ДОЗЫ ИЛОВОЙ СМЕСИ

Проведенный расчет дал весьма интересные результаты:

- оптимум объемов находится в области 4–5 г/л для биологического удаления фосфора и 5–6 г/л для химического удаления фосфора, что несколько больше, чем обычно применяют на современных сооружениях, и больше, чем получилось по расчетам для использованных в примере старых КОС;

- оптимум достигается при существенно более высоком соотношении объемов вторичных отстойников и аэротенков (от 1:2 до 1:1, как видно на рис. 1), чем это было принято в старых проектах. Для сравнения, в нашем примере КОС имеют проектное соотношение около 1:3. Таким образом, при переводе старых КОС на новые технологии в наибольшем дефиците будут именно вторичные отстойники.

На основании полученных данных об оптимальной дозе ила для заданных условий внедрения технологий удаления азота и фосфора (в том числе иловый индекс и вынос взвеси), можно рассчитать, каким может быть минимальное соотношение необходимых объемов сооружений биологической очистки (также сумму объемов аэротенков и вторичных отстойников) для различных современных технологий и классической полной биологической очистки. На рис. 2 показано соотношение требуемых объемов.

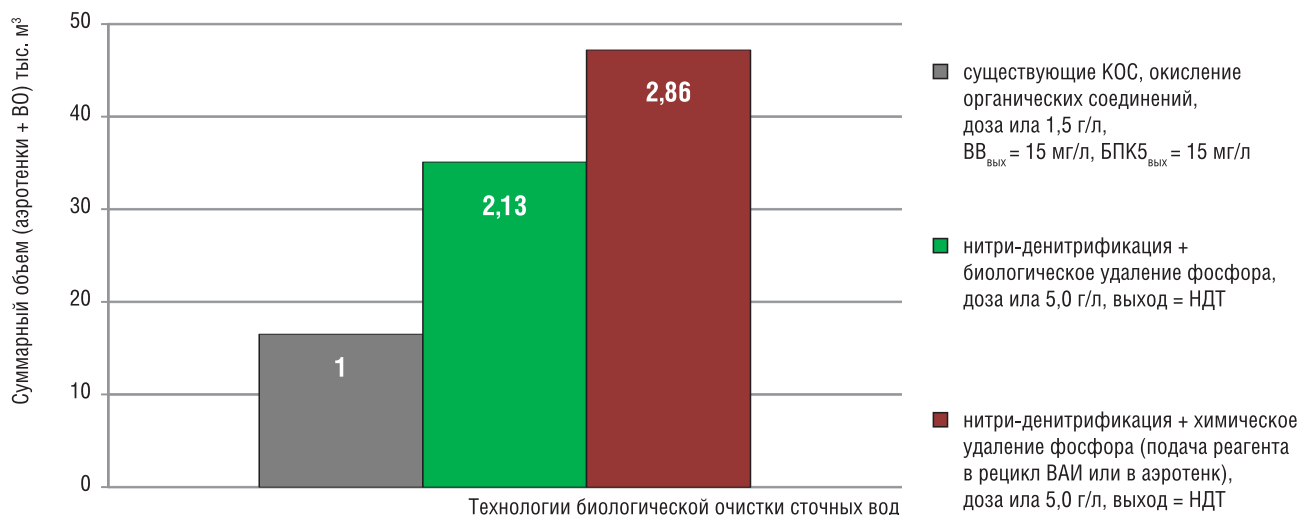


Рис. 2.
СООТНОШЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ
ОБЪЕМОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ
ОЧИСТКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
ТЕХНОЛОГИЯХ

Таким образом, переход от классической технологии к современной для описанных условий требует увеличения объема сооружений в 2,1 раз при реализации технологии биологического удаления фосфора и в 2,9 раз – при химическом (реагентном) удалении фосфора с подачей реагента в поток возвратного активного ила или непосредственно в аэротенк.

Столь малая нагрузка, которую можно подать на старые сооружения при переходе на современные технологии, объясняется следующими факторами:

- необходимостью поддержания весьма высокого аэробного возраста ила (не менее 10 суток), обеспечивающего полноценную нитрификацию с окислением до технологических нормативов не только аммонийного азота, но и азота нитритов;
- необходимостью выделения примерно половины объема аэротенка под неаэрируемые зоны (зону денитрификации, а также анаэробную зону), в результате чего общий возраст ила возрастает еще вдвое к аэробному возрасту;
- высоким расчетным иловым индексом, усложняющим работу вторичных отстойников.

Для применения реагентной дефосфотации также очень важно то, что образовавшийся из реагента гидроксид железа (как использовано в данном расчете) или алюминия входит в состав сухого вещества ила и, для сохранения концентрации активной биомассы, требует увеличения общей массы ила, удерживаемой в сооружениях, а значит (при существующем подходе к расчету вторичных отстойников), приводит к необходимости увеличения суммы объемов сооружений.

Таким образом, в рассмотренном случае реконструкция старых КОС в значительной степени явится новым строительством, масштабы которого будут сокращены всего на 35–45 % за счет наличия старых сооружений. Это, безусловно, потребует очень высоких затрат на капитальное строительство [8], а также дополнительных территорий.

ПРИ ПЕРЕВОДЕ
СТАРЫХ КОС
НА НОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
В НАИБОЛЬШЕМ
ДЕФИЦИТЕ БУДУТ
ВТОРИЧНЫЕ
ОТСТОЙНИКИ.

ИЛОРАЗДЕЛЕНИЕ ВО ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКАХ — СЛАБОЕ ЗВЕНО ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

К счастью, рассмотренная ситуация, когда приток на сооружения равен или превышает проектное значение, весьма редка в настоящее время. На подавляющем большинстве КОС приток сточных вод сократился в последние 25 лет до 2-х раз. Это формирует более благоприятные условия для перехода на технологии удаления азота и фосфора.

Рассмотрим, что можно сделать на типовых КОС, рассчитанных на удаление органических загрязнений, в условиях, когда приток сточных вод на них снизился до 30 тыс. м³/сут. (до 60 % от проектной величины). Как видно из табл. 3, на эти КОС нельзя подать более 15–17 тыс. м³/сут., т.е. около половины от фактического расхода. Таким образом, при традиционной реконструкции необходимо удваивать объем сооружений.

Следует отметить, что в дополнение к перечисленным причинам резкого снижения номинала старых сооружений при переводе их на удаление биогенных элементов, во многих случаях может действовать и фактор недостаточного соотношения БПК₅ и азота в сточных водах после первичного отстаивания. Для борьбы с ним приходится снижать тем или иным способом эффективность первичного осветления, а то и отказываться от него. В этом случае нагрузка на аэротенки, прежде всего по взвешенным веществам, возрастает. А взвесь окисляется в аэротенках на 20–30 %, все остальное входит в состав активного ила, резко увеличивая его прирост, что ведет к снижению возраста ила, который мы должны поддерживать на заданных значениях.

Таким образом, технологи при проектировании всегда стоят перед дилеммой – сократить объем аэротенков (и энергозатраты на аэрацию) путем эффективной работы первичных отстойников, но понизить эффективность и/или надежность денитрификации, либо подать в аэротенки больше органики (и взвеси), увеличить прирост, а значит, и увеличить необходимый объем аэротенков, для того, чтобы обеспечить минимально необходимый для нитрификации аэробный возраст ила. Такая же дилемма часто возникает и на существующих сооружениях.

Важно также обратить внимание, что снижение расхода сточных вод по большей части произошло из-за снижения удельного водопотребления, хотя численность населения не сильно изменилась. Уменьшение расхода сопровождалось ростом загрязненности сточных вод (обычно не выше, чем изначальные проектные показатели). Значит, нагрузка на КОС по загрязняющим веществам изменилась не столь существенно, как расход. А именно массовая нагрузка по загрязнению определяет объем аэротенков. Расход же влияет на необходимую площадь отстойников и на объем анаэробной зоны дефосфотации, не более того.

Как показано, в реконструкции КОС вся проблема заключается во вторичных отстойниках. Если бы можно было увеличить нагрузку на них по сухому веществу в два раза, но без вреда для выноса взвеси из них, что соответствует дозе ила в аэротенках 5–7 г/л, то существующих объемов аэротенков хватило бы.

Необходимую массу ила в аэротенках можно создать, но в рамках традиционных подходов этого нельзя добиться без значительного выноса взвеси из вторичных отстойников. Рассмотрим, к каким последствиям, в рамках традиционных подходов к вторичному отстаиванию, приведет такая нагрузка на вторичные отстойники при расходе 30 тыс. м³/сут. В табл. 5 показаны результаты расчета такой ситуации, когда в аэротенках достигается доза ила, необходимая для требуемой очистки от соединений азота, а отстойники работают, что называется, по фактической ситуации.

Таблица 5.
Расчет выноса из вторичных отстойников при их перегрузке при высоких дозах ила в аэротенках

Параметры	Bio-P	Chemo-P (дозирование в поток возвратного активного ила или в аэротенк)
Доза иловой смеси, необходимая для достижения технологических показателей НДТ, г/л	4,5	6,0
Концентрация взвешенных веществ после вторичных отстойников	30	38

Таким образом, получаем увеличение выноса взвеси до значений, которые в 3–4 раза превышают требуемое.

Неизбежно ли масштабное дополнительное строительство в нашем случае? Для ответа на этот вопрос задумаемся над тем, что собой представляет вторичный отстойник, и насколько логичны наши требования к этому сооружению.

Практики знают, что хорошо работающих вторичный отстойник – это тот, в котором как можно меньше активного ила. Твердая фаза из входящего потока должна оседать как можно быстрее и также как можно быстрее удаляться. В этом случае подавляющую часть вторичного отстойника будет занимать практически чистая вода. Это и обеспечит низкую концентрацию взвеси на переливе.

Видимая, как говорится, невооруженным глазом, неэффективность использования объема такого важного сооружения, как вторичный отстойник, давно подталкивала специалистов к отказу от этого сооружения, либо его усовершенствованию.

АЛЬТЕРНАТИВЫ КЛАССИЧЕСКОМУ ИЛОРАЗДЕЛЕНИЮ И ПОПЫТКИ ЕГО УСОВЕРШЕНСТВОВАТЬ

Хорошо известны два технических решения, которые позволяют избежать строительства значительных новых объемов сооружений.

Первое – применение мембранного илоразделения. Совокупность азротенка с высокой рабочей дозой активного ила (8–10 г/л) и блока с ультрафильтрационными мембранными модулями для илоразделения известна под названием мембранного биореактора (МБР). МБР обеспечивают надежное илоразделение, при любых значениях илового индекса, содержание взвешенных веществ в очищенной воде не превышает 3 мг/л. Однако, на настоящий момент МБР на коммунальных очистных сооружениях используются значительно реже, чем традиционное илоразделение во вторичных отстойниках. Причиной этой ситуации является объективно высокая стоимость мембранных модулей

и значительные дополнительные затраты на эксплуатацию, включая электроэнергию для вакуум-насосов, отделяющих воду через мембраны (для большинства систем) и для внешнего обдува мембран воздухом с целью их очистки. Неизбежные периодические затраты на смену мембран через 7–9 лет также будут весьма значительными. Уровень всех перечисленных препятствий к применению МБР в ВКХ постепенно снижается по мере совершенствования мембранной техники и накопления опыта ее применения в смежных отраслях, однако пока в России этот опыт недостаточен.

Второй альтернативой гравитационному илоразделению являются флототенки – сооружения, известные уже много десятков лет. В их основе лежит отделение ила с помощью напорной флотации. Флототенки позволяют работать с такими же дозами ила, как и МБР. Сооружения подобного типа присутствуют на рынке КОС уже давно. За рубежом они в некоторых случаях используются как раз для решения обсуждаемой ситуации (модернизации перегруженных КОС, особенно в условиях стесненной промплощадки). Недостатки такого метода также хорошо известны: большие энергозатраты, неизбежные для проведения насыщения иловой смеси воздухом, значительная металлоемкость, наличие емкостей под давлением, высокая стоимость оборудования. Имеются и технологические проблемы. Из-за этих недостатков флототенки в РФ применения в коммунальном секторе не находят, единственный производитель такого оборудования предлагает его для промышленных стоков.

Существует радикальный вариант, при котором отпадает необходимость во вторичном отстойнике как таковом (правда, не в отстойнике вообще): это использование технологий с прикрепленной микрофлорой, при которых активная биомасса вообще не покидает пределов биореактора, находясь на поверхности носителя, стационарного или подвижного. Без отстойника в таких технологиях, как правило, не обойтись, но его функция иная – удержание отмершей биопленки. Она оседает гораздо быстрее и объемы таких отстойников существенно меньше.

У такого решения два недостатка: высокая стоимость эффективных носителей биопленки, а также принципиальная невозможность биологического удаления фосфора.

Другое, не менее радикальное решение – перейти на работу с гранулированным активным илом, скорость оседания которого очень высока, а иловый индекс составляет 30–40 см³/г. Эта кажущаяся, на первый взгляд, фантазией технология уже не первый год существует как промышленно апробированная. Она известна под названием NEREDA, разработчик – компания DHV (Нидерланды). Для реализации она требует сочетания реактора периодического действия (SBR) и принципа восходящего потока. Эта технология на нынешнем уровне ее освоения доступна только для части промышленных сточных вод, хотя в последнее десятилетие была предпринята попытка расширить границы применения метода естественной селекции, направленной на улучшение седиментационных свойств ила.

История отечественной отрасли знает немало менее радикальных попыток. Только на Курьяновской и Люберецкой станциях аэрации в 90-е годы проведены промышленные испытания как минимум трех технологий интенсификации работы вторичных отстойников:

- добавление флокулянта в активный ил (по предложению американских специалистов). Этот весьма дорогостоящий метод не дал доказанного результата;
- установка у борта легкой подвесной загрузки в виде рядов полотнищ рыболовной сетки типа «Дель», с целью адгезионного удержания взвешенных частиц и доочистки биопленкой⁴. На практике ряды сетки заросли, в основном, водорослями и превратились в полупогружные щиты, которые сформировали у борта высокие восходящие скорости. Результатом был не пониженный, а повышенный вынос взвеси;
- установка на борту отстойника фильтрующей листовой пенополиуретановой загрузки с открытыми порами, вместе с уста-

новкой на ферму промывного устройства обратной промывки, работающего от погружного насоса⁵. Идея подразумевала, что удержанная взвесь после промывки уже будет более адгезированной и быстроосаждающейся. Однако проблемой этого эксперимента была высокая проницаемость и низкая грязеемкость фильтра, установленного на переливе. Теоретически было возможно поставить фильтр с большей эффективностью удержания взвеси, но это потребовало бы кратно более частой промывки, и, соответственно, скорости вращения фермы, что невозможно было обеспечить.

Наиболее распространенным в Западной Европе способом интенсификации вторичных отстойников являются тонкослойные модули, реально интенсифицирующие любой процесс отстаивания. Однако это оборудование, ставшее практически обязательным элементом водопроводных отстойников, не так часто применяется на КОС не только в России, но и за рубежом. Причина не только в том, что установка этих элементов в радиальных отстойниках технически достаточно сложна, а в том, что трудно добиться того, чтобы поверхность модулей не обрастала адгезионным слоем ила. Это требует как специального изготовления модулей для обеспечения минимальной адгезии ила к поверхности (вообще говоря, ее можно уменьшить, но нельзя предотвратить), так и дополнительного оборудования по периодической регенерации модулей (встряхивание, барботаж и др.).

В России на ряде КОС, прежде всего, на ЦБК, компанией «Грин Фрог» были установлены упрощенные вертикальные модули (рис. 3), использующие не принцип тонкослойных модулей (сокращение глубины осаждения), а влияние ламинаризации потока перед водосливом, с сопутствующим адгезионным эффектом. Эти модули также периодически промываются. На КОС Архангельского ЦБК реально подтвержден эффект применения таких модулей на фоне довольно высокого выноса взвеси, хотя причину этого выноса следует искать

⁴ Руководитель работы А.М. Эль. – *Примеч. автора.*

⁵ Руководитель работы Ю.Ф. Эль. – *Примеч. автора.*



Рис. 3.
Пластиковые модули на Архангельском ЦБК

не в неудовлетворительной работе самих отстойников, а в наличии легких древесных волокон, к которым прикрепляются частицы ила. По данным службы эксплуатации КОС Архангельского ЦБК, в отстойниках без модулей в 2010–2011 гг. вынос составлял 20–30 мг/л, в оборудованных модулями – на 5–10 мг/л меньше.

В последнее десятилетие начал применяться метод вакуумирования иловой суспензии в течение 10–20 сек., что позволяет отделить из хлопков активного ила накопленные в процессе аэрации газы. По утверждению специалистов, внедрявших технологии, за счет этого хлопья приобретают более плотную структуру, процесс седиментации взвешенных веществ во вторичном отстойнике улучшается, а иловый индекс снижается на 20–25 %, что позволяет повысить рабочую концентрацию активного ила в аэротенке. Однако, метод достаточно энергоемок (необходимо прокачивать всю иловую смесь через вакуум-колонну с давлением около 0,05 атм) и нуждается в независимой апробации реальной эффективности.

Рассмотрев краткий обзор методов, с помощью которых специалисты вот уже десятилетия пытаются повысить эффективность работы вторичных отстойников, предлагаем задуматься, а правильно ли, что мы столь многого хотим от этих сооружений? Для технологов очевидно, что у большинства аппаратов и технологий есть разумные пределы эффективности работы, к достижению которых следует стремиться при их использовании. Например, окисление аммонийного азота на уровне 99 % требует существенно большего времени пребывания в аэротенке, чем на уровне 97–98 %. Последние 1–2 % могут потребовать едва ли не удвоения объема аэрируемой зоны. По окислению БПК аналогично легко обеспечивается 92–95 % (от загрязненности осветленной воды), а достижение 98 % весьма затруднительно.

Какую же эффективность мы ожидаем от вторичных отстойников? При дозе ила на входе 3 г/л необходимо достигнуть 10 мг/л, что составляет 99,7 % (!!). Отсюда и очевидная неэффективность использования объема отстойников. Явление также объясняется природой происходящих в них процессов.

От одноступенчатого – к двухступенчатому илоразделению

До настоящего времени мы говорили об активном иле, как единой суспензии. На самом деле он состоит из макро- и микрохлопков, что важно для обсуждаемой проблемы выноса из вторичных отстойников. Главная фаза разделения иловой смеси происходит по закономерностям процесса стесненного осаждения (рис. 4). Основная масса ила (макрохлопки) при этом выпадает в осадок в течение 5–20 мин., дальнейшее увеличение его концентрации происходит по закономерностям уплотнения. В ходе процесса стесненного осаждения активного ила из слоя суспензии с отделяющейся водой вымываются микрохлопки активного ила. Их дальнейшее осаждение происходит по законам осветления (свободного осаждения).

Таким образом, в отстойнике происходят два гравитационных процесса:

- быстрое осаждение макрохлопков (включая их агломерацию из микрохлопков) по законам стесненного осаждения и уплотнения;
- медленное осаждение микрохлопков.

Двойственный характер процесса илоразделения позволяет предложить его двухстадийную реализацию. Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что проблема недостаточных площадей вторичных отстойников при реконструкции КОС может быть решена путем комбинирования гравитационных и мембранных фильтрационных методов, т.е. перехода от одноступенчатого к двухступенчатому илоразделению.

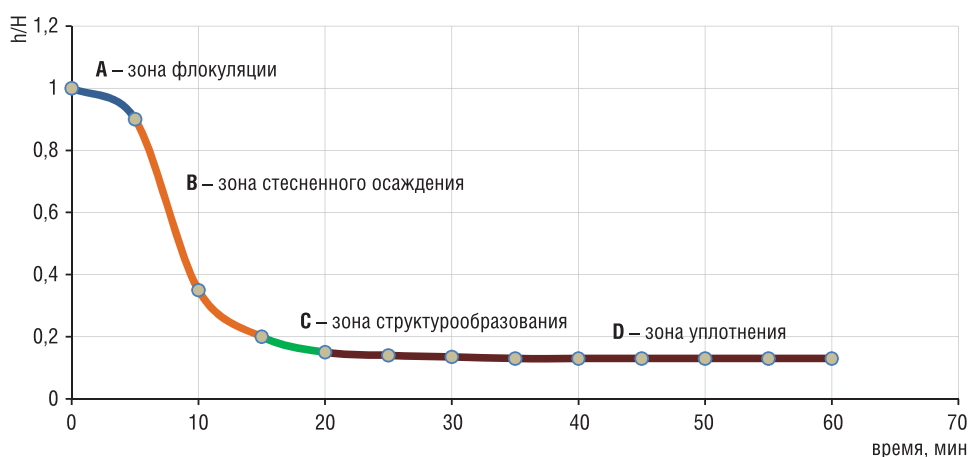
Речь не идет о решении задачи доочистки, т.е. достижения концентрации взвеси на уровне 3–5 мг/л, говорим лишь о концентрации взвешенных веществ, достижимых на стадии биологической очистки.

Гравитационный процесс отделения подавляющей части ила целесообразно использовать, не ориентируясь на полное завершение процесса осаждения микрохлопков, а ориентируясь на вынос взвешенных веществ в пределах 30–40 мг/л (см. табл. 3) как приемлемый.

Для дальнейшего отделения взвешенных веществ до требуемых значений перспективно использовать фильтрационные методы. Разумеется, речь не может идти об использовании зернистых фильтров. Эти фильтры чрезвычайно чувствительны к высокому содержанию взвешенных веществ и при рассматриваемом выносе в 30–40 мг/л будут весьма неэффективны.

«Недоотстоенная» очищенная вода, без сомнений, может быть эффективно очищена в дисковых мембранных фильтрах. Это надежное и хорошо апробированное оборудование, пригодное не только для целей доочистки. Получен опытно-промышленный результат его применения непосредственно для илоразделения [9] при входящей концентрации активного ила 1,1–2,2 г/л. В таком режиме качество фильтрованной воды составило 13–35 мг/л, что требовало доочистки, количество промывной воды составило около 6 % от обработанной. В режиме доочистки, при поступлении на входе от 20 до 160 мг/л, содержание взвеси в фильтрате не превысило

Рис. 4.
Типичная кривая
осаждения
активного ила



8 мг/л, что полностью соответствует поставленной нами задаче.. Однако стоимость дисковых мембранных фильтров весьма высока и лишь немногим ниже мембранных модулей. Это делает данные конкретные фильтры экономически недостаточно эффективными, чтобы рассматривать их как альтернативу расширению вторичных отстойников.

Авторы не готовы однозначно указать на одновременно недорогой и технологически эффективный фильтр для оптимального использования в двухступенчатой схеме илоотделения. В числе возможных вариантов следует назвать:

- тканевые фильтры (упрощенные аналоги дисковых мембранных фильтров);
- волокнистые фильтры (сжимаемые в цикле фильтрации и разжимаемые при промывке).

Рекомендуется проводить апробацию подобных фильтров в условиях повышенных нагрузок по взвешенным веществам, что покажет их применимость в качестве второй ступени илоразделения.

Важно отметить, что двухступенчатое илоразделение создает хорошую возможность для изменения точки подачи реагента при реагентном удалении фосфора. Вместо подачи в возвратный активный ил или иловую смесь, подавать его после вторичных отстойников и перед фильтрационной ступенью. Это исключит накопление в активном иле инертного вещества и позволит обеспечить необходимое качество очистки от азота при дозе ила, равной процессу Bio-P (см. табл. 3) и уменьшит расчетный вынос ила из перегруженных вторичных отстойников до 30 мг/л.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ СЕЛЕКЦИЯ УЛУЧШЕННЫХ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИЛА ПРИ ПОВЫШЕНИИ ЕГО ДОЗЫ

В проведенном анализе мы исходили из неизменности всех свойств ила при увеличении его дозы. Однако недавно проведенные исследования показывают, что к этому процессу нельзя относиться механистически, и увеличение дозы меняет структуру и свойства ила.

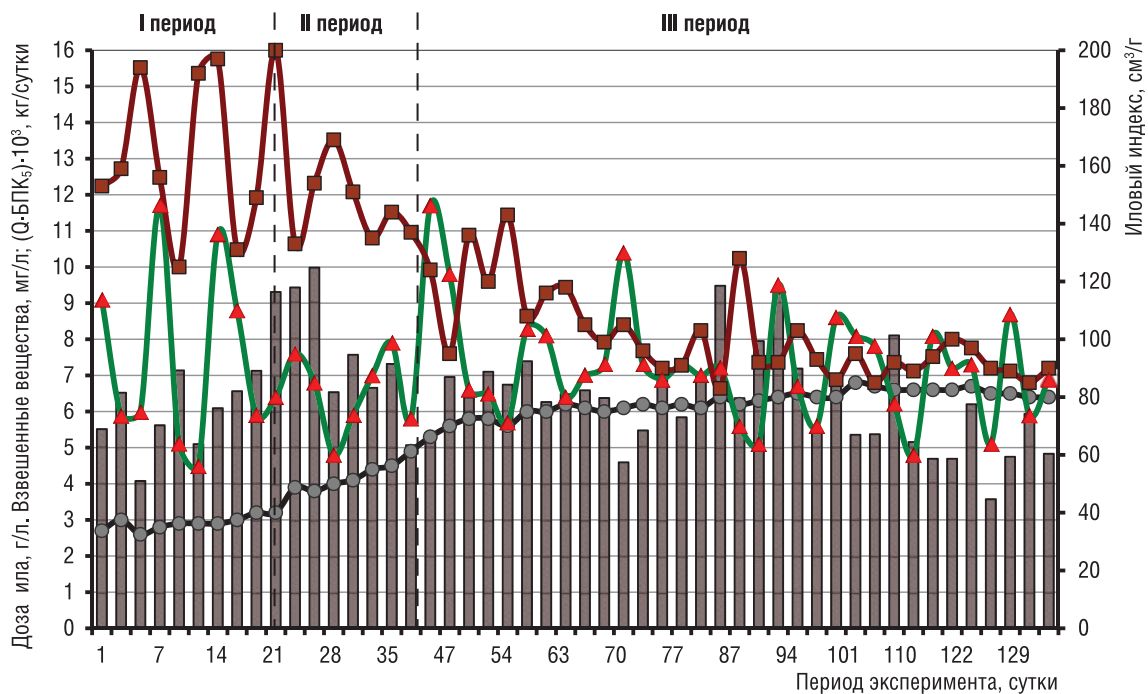
Несколько лет назад на Люберецких очистных сооружениях была проделана очень интересная и масштабная работа. На крупной промышленной установке с биологическим удалением азота и фосфора (опытной линии производительностью до 90 тыс. м³/сут.) было показано, что увеличение дозы ила с 2–3 г/л до 4,5–6,5 г/л через 70–90 суток переходного периода приводило к снижению илового индекса с 150–200 см³/г до 80–100 см³/г [10]. В итоге вынос взвешенных веществ не превышал 10 мг/л. Результаты двух этапов этих промышленных испытаний приведены на рис. 5.

Сформировавшийся ил имел компактную форму, нитчатые бактерии практически отсутствовали, скорость его осаждения увеличилась с 1,5–2 м/ч до 5–6 м/ч. В результате нагрузка на линию была увеличена на 30 % без какого-либо снижения эффективности удаления азота и фосфора. Был получен как раз тот эффект увеличения нагрузки на сооружения, возможность достижения которого рассматривается в данной публикации.

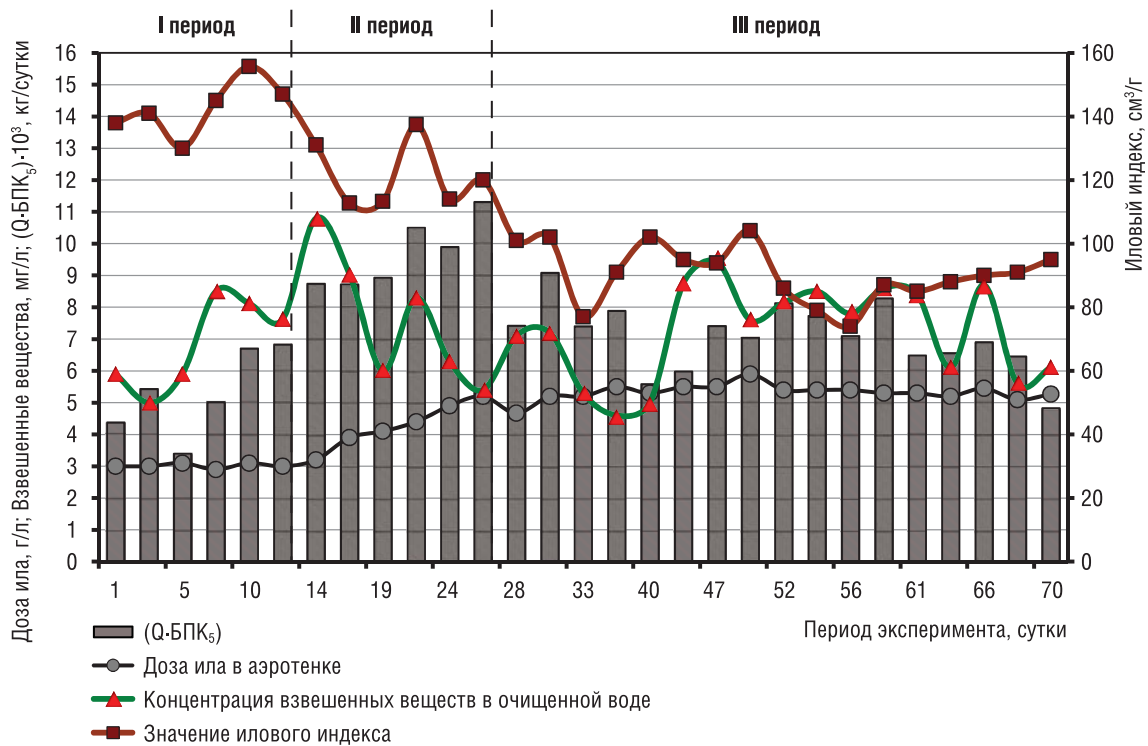
Эти результаты только на первый взгляд кажутся противоречащими расчетной формуле для вторичных отстойников в СНиП 2.04.03-85 [5]. В этой формуле расчета допустимой нагрузки в знаменателе присутствует произведение илового индекса на дозу ила. Таким образом, если на практике достигается примерное равенство указанного произведения при привычной для современных технологий дозе 3–3,5 г/л и сверхвысокой дозе 5,5–6 г/л, то можно ожидать и аналогичного результата по выносу взвеси.

Полученный эффект нуждается в дополнительном изучении. В частности, пока неясно, существенна ли в нем роль направленной селекции свойств ила, аналогично применяемой при получении самогранулированных илов (принцип этой селекции: тяжелый ил остается, легкий – выносятся). Возможно, основное воздействие оказывает взаимовлияние флокул ила друг на друга, т.е. физическая стесненность хлопков ила при повышении его дозы, не дающая места для роста нитчатых организмов.

В любом случае важно понимать существенную разницу между моментальным увеличением дозы ила без изменения его свойств



А) ПЕРВЫЙ ЭТАП



Б) ВТОРОЙ ЭТАП

РИС. 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА [9]

(для этого достаточно на КОС, имеющих два работающих аэротенка, в течение 1–2 суток постепенно опорожнить один аэротенк в другой) и постепенным, в течение 40–50 суток, увеличением дозы ила за счет его прироста в отсутствии вывода из аэротенка. В первом случае будет получен значительный вынос взвеси (см. табл. 3). А во втором случае срок увеличения дозы будет соответствовать нескольким возрастам активного ила, что достаточно для прохождения в нем трансформаций состава биомассы и изменений свойств. В результате, как видно на рис. 5, существенного роста выноса взвеси может и не произойти.

Описанная работа, легшая в основу диссертационной работы К.В. Шотиной, к сожалению, не получила апробации на других очистных сооружениях. По этой причине технология не может в настоящее время быть рекомендована как состоявшаяся и проверенная в различных условиях. Понятны опасения технологов, связанные с возможными «срывами» высокой дозы и потерей большой части ила с выносом. Однако, при наличии на КОС квалифицированной эксплуатации, рекомендуется апробация этого решения.

Двухступенчатая схема илоразделения, предложенная выше, может создать условия для апробации биологического метода интенсификации работы вторичных отстойников. Если взвешенные вещества, уловленные на второй ступени илоразделения, выводить из цикла биологической очистки в качестве части избыточного ила, то такой режим будет полностью соответствовать условиям описанных экспериментов на Люберецких очистных сооружениях.

В любом случае, либо двухстадийное отстаивание сработает, исходя из свойств активного ила при увеличении его дозы, либо, при биологическом механизме снижения илового индекса и нормализации выноса ила из перегруженных вторичных отстойников, фильтровальная ступень выступит гарантом надежности (и будет реализовываться уже как ступень доочистки). В любом из вариантов обеспечивается реконструкция КОС с достижением технологических показателей НДТ без увеличения объемов существующих сооружений.

Выводы

Основным направлением модернизации существующих КОС сегодня и в течение ближайших двух десятилетий является переход на технологии, обеспечивающие удаление биогенных элементов (соединений азота и фосфора). Проводимая реформа системы экологического нормирования с 2019 г. потребует осуществлять переход на технологические нормативы, установленные информационно-техническим справочником по НДТ. Для этого предусмотрены как зачет платы в счет затрат на модернизацию КОС и обнуление платы после перехода на НДТ, так и 4-х кратное увеличение платы (до повышающего коэффициента, равного 100) для тех, кто не реализовал соответствующие планы.

Основным техническим решением по достижению технологических показателей НДТ может и должна быть реконструкция сооружений биологической очистки КОС, как существенно более дешевое мероприятие по сравнению с сооружениями доочистки, либо новым строительством КОС. Технологической сутью реконструкции должен быть переход в одних и тех же емкостях аэротенков с реализации единственного процесса окисления органических соединений к гармонично взаимодействующей друг с другом совокупности четырех процессов (окисление органических соединений, нитрификация, денитрификация, биологическое или биолого-химическое удаление фосфора). Такой процесс потребует существенно большего времени очистки сточной воды, чем предусмотрено старыми проектами КОС.

Несмотря на выраженное снижение притока на большинство КОС, существующих объемов сооружений, как правило, недостаточно для реализации технологии удаления азота и фосфора. Это объясняется недостаточностью объема существующих вторичных отстойников в условиях неизбежного увеличения дозы ила (до 3,0–3,5 г/л) в аэротенках и двукратного роста илового индекса, обусловленного новыми технологиями. Эти факторы приведут к резкому увеличению содержания взвешенных веществ в очищенной воде.

Существуют как старые (флототенки), так и новые (мембранные биореакторы) технологии, исключающие гравитационное илоразделение как таковое, и позволяющие решить проблему недостаточности объемов существующих аэротенков. Однако стоимостные параметры и более высокая сложность эксплуатации пока ограничивают их массовое применение. Апробировано немало решений по интенсификации работы вторичных отстойников, однако, все они не дали необходимого технологического и/или экономического результата. В таких условиях без использования новых подходов становится неизбежным дорогостоящее строительство новых аэротенков и/или вторичных отстойников для достижения требуемых технологических показателей.

В качестве нового подхода предложено перейти от рассмотрения гравитационных и фильтрационных подходов к илоразделению, как альтернативных, к использованию их как взаимодополняющих, в едином процессе илоразделения. Речь идет не о доочистке, а о соблюдении требуемого на уровне НДТ для биологической очистки содержания взвешенных веществ в очищенной воде. Предлагается использовать для разделения концентрированных иловых смесей (с дозой 5–7 г/л) существующие вторичные отстойники как первую ступень (без увеличения их количества), ориентируясь на вынос из них 30–40 мг/л взвешенных веществ как допустимый. На второй ступени предлагается использовать современные эффективные и максимально экономичные фильтрационные решения, разработанные для доочистки.

Опыт проведенных промышленных исследований позволяет с высокой долей уверенности предположить, что в ходе постепенного повышения дозы ила будет происходить снижение илового индекса, что значительно уменьшит вынос взвеси. Это может повысить срок службы установленных фильтровальных устройств и понизить стоимость их эксплуатации.

При реализации двухступенчатого илоразделения следует производить реагентное удаление фосфора после вторичных отстойников, а удержанный на стадии фильтрации ил выводить из системы как часть избыточного. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. **Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об охране окружающей среды” и отдельные законодательные акты Российской Федерации”» (с изменениями и дополнениями).**
2. **Информационно-технический справочник по НДТ «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» ИТС 10-2015.**
[HTTP://WWW.BURONDT.RU/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=504&etkstructure_id=1872](http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=504&etkstructure_id=1872)
3. **Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод. Волгоград, издательство «Панорама», 2015.**
4. **Мешенгиссер Ю.М. Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод // ООО «Издательский дом “Вокруг цвета”», 2012.**
5. **СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения»**
6. **Харькина О.В., персональное сообщение (неопубликованная информация)**
7. **Yue Zhou STUDY OF THE SECONDARY SETTLER CAPACITY AT GRYAAB. MASTER OF SCIENCE THESIS. CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY GÖTEBORG, SWEDEN, 2013.**
8. **Данилович Д.А. Экономические аспекты внедрения НДТ на городских очистных сооружениях. Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения, № 6, 2016.**
9. **Гризодуб Н.Н. Применение дискового фильтра для очистки сточных вод. Инженерный вестник Дона, № 2, ч. 2 (2015). IVDON.RU/RU/MAGAZINE/ARCHIVE/n2p2y2015/3005**
10. **Данилович Д.А., Козлов М.Н., Алексеев М.И., Мойжес О.В., Шотина К.В. Очистка сточных вод от биогенных элементов в аэротенках с повышенными дозами активного ила / ОАО «НИИ ВОДГЕО». Сборник научных трудов. – ООО «Издательство ВСТ», 2009**

Инновационные решения в области водоочистки, предлагаемые и используемые в проектировании АО «Ленводоканалпроект»



По оценке Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения, АО «Ленводоканалпроект» занимает в отрасли водоснабжения и водоотведения одно из лидирующих мест в области проектирования и последующего внедрения отечественных инновационных решений в практику.

«Ленводоканалпроект» ориентирован на решение всех современных задач проектирования сооружений очистки воды и стоков. Слияние накопленного за 85 лет опыта

М.Г. Новиков,
СОВЕТНИК ГЕНЕРАЛЬНОГО
ДИРЕКТОРА
АО «ЛЕНВОДОКАНАЛПРОЕКТ»,
ЗАСЛУЖЕННЫЙ РАБОТНИК ЖКХ
РФ, Д-Р ТЕХН. НАУК

А.А. Бельдягина,
ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ
ПО МАРКЕТИНГУ И РЕКЛАМЕ
АО «ЛЕНВОДОКАНАЛПРОЕКТ»



Модульные сооружения

и компетенций в области проектирования с прогрессивными научными разработками позволяют комплексно решать проблемы заказчика с учётом:

- сложности с финансированием экологических проектов;
- усиления конкуренции в рыночной среде;
- ориентированности на импортозамещение.

В сложившихся условиях предпочтительное положение на рынке проектных услуг имеют те организации, которые могут не только комплексно решать все задачи, поставленные заказчиком, но и способны предложить для их осуществления инновационные разработки, которые обеспечивают как необходимое качество очистки воды, так и оптимальные экономические показатели.

Специалистами компании применяется ряд технологических решений, которые

не только удовлетворяют современным требованиям, но и участвуют в развитии проектов водоочистки, часть из них – собственные разработки. Предлагаем ознакомиться с наиболее интересными.

Компактное модульное решение для канализационных очистных сооружений – моноблочное закрытое исполнение вторичного отстойника и аэротенка круглой формы с организацией отвода и очистки газов. Решение позволяет существенно уменьшить площадь очистных сооружений и в несколько раз сократить санитарно-защитную зону. Разделение процесса очистки на несколько самостоятельных технологических линий делает возможным поэтапную реализацию проектов, а также позволяет оперативно регулировать производительность очистных сооружений при неравномерности объема подаваемых стоков.





МЕМБРАННО-СЕДИМЕНТАЦИОННАЯ УСТАНОВКА

Технология утилизации промывных вод фильтровальных сооружений основана на оборудовании сооружений первой ступени очистки воды аппаратами для рециркуляции осадка и возврата промывной воды через резервуар-усреднитель в «головной узел» очистки. Может эффективно использоваться, позволяя с минимальными затратами утилизировать промывные воды фильтровальных сооружений.

Технология обработки промывных вод водоподготовки основана на использовании мембранно-седиментационной установки и используется для доочистки промывных и сточных вод с высоким содержанием взвешенных веществ и трудноосаждаемых коллоидов. Установка объединяет в себе процессы мембранного и седиментационного разделения, что позволяет получить воду пригодную для обессоливания на нанофильтрационных и обратноосмотических установках и уплотнить осадок для непосредственной подачи на обезвоживание. Данное решение востребовано и для водооборотных циклов, что позволяет значительно повысить качество воды и снизить эксплуатационные расходы.

Технология дегазации активного ила позволяет интенсифицировать процессы биологической очистки. Вакуумирование иловой суспензии в течение 10–20 сек. позволяет отделить из хлопков активного ила накопленные в процессе аэрации газы, за счет этого хлопки приобретают более плотную структуру, процесс седиментации взвешенных веществ во вторичном отстойнике улучшается, а иловый индекс снижается на 20–25 %. Эта технология позволяет повысить рабочую концентрацию активного ила в аэротенке до 4–6 г/л и более без риска его выноса.

Технологии утилизации осадков сточных вод в проектах применяются комплексно и, в зависимости от потребности, включают стадии сгущения, обезвоживания, сушки осадков, сжигания высушенных осадков.

Процессы сгущения и обезвоживания осадков сточных вод (смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила) производятся с применением радиальных бетонных либо барабанных стальных сгустителей, ленточных фильтр-прессов с зонами низкого и высокого давления, шнековых прессов.

ВАКУУМИРОВАНИЕ





ВАКУУМИРОВАНИЕ

Сушка осадков, в зависимости от производительности и состава осадков, производится на конвективных ленточных, барабанных либо контактных сушилках во взвешенном слое.

При необходимости дальнейшего снижения объёмов осадка в проект вносятся решения по сжиганию осадков в барабанных печах с рекуперацией тепла и очисткой дымовых газов.

В зависимости от потребности, возможно извлечь ряд преимуществ:

- обеспечение минимальной экологической нагрузки на окружающую среду путём уменьшения объёма утилизируемых осадков;
- обеспечение минимальных эксплуатационных затрат за счет рекуперации тепла;
- получение промежуточного продукта в виде высушенного гранулированного осадка, сохранившего в себе органическую ценность, применимый в качестве топлива, строительного материала или удобрения, т.е. коммерческого продукта.

Технология концентрирования и вакуумного выпаривания предназначена для уменьшения объемов стоков и выделения кристаллических солей из высокоминерализованных потоков сточных вод промышленных предприятий. Благодаря совмещению классической выпарки и создания вакуума/разряжения в выпарной колонне посредством использования парового эжектора или вакуумного насоса существенно снижаются трудозатраты – технология является экономической и энергоэффективной альтернативой закачиванию засолённых вод (т.н. «хвостов») в пласт/шахты и реагентному осаждению солей. Технология является завершающим звеном инновационного подхода «Нулевого жидкого сброса» или ZLD (ZeroLiquidDischarge) и успешно реализуется на предприятиях нефтехимического комплекса.

Технология проведения водовоздушных промывок фильтровальных сооружений основана на понижении уровня воды в фильтрах (на первом этапе промывки) на 40–50 см ниже поверхности загрузки с последующим вытеснением воздуха (на втором этапе) восходящим потоком воды. Позволяет исключить смещение гравийных слоев, достичь высокую степень отмывки верхних слоев загрузки, отказавшись при этом от необходимости использования дорогостоящих и энергоёмких воздуходувок, а также от специальной распределительной системы для подачи воздуха.

Компактные установки для очистки воды, в которых совмещены осветлитель-рециркулятор и погружные ультрафильтрационные мембраны. Особенностью данного решения является создание таких условий, при которых погружные мембраны будут работать в оптимальном для них режиме, независимо от изменения показателей качества исходной воды. Исходя из того, что требования к качеству очищаемой воды будут с течением времени непрерывно повышаться, а также, принимая во внимание, что данное решение позволяет отказаться от необходимости применения блока скорых фильтров, бактерицидных ламп, снизить расход воды на собственные нужды и т.д., дальнейшая работа в этом направлении будет все более востребованной.

Научно-исследовательские работы играют важную роль в деятельности проектного института. За последнее время разработано, апробировано и запатентовано 8 технологий, сделано 10 научных публикаций. Реализация проектов с использованием приведенных решений демонстрирует их эффективность, высокий потенциал отечественных разработок и актуальность мировых тенденций для российского рынка водоочистки. ●

Борьба с запахами и коррозией

Американской компанией Evoqua Water Technologies предложен еще один химический метод борьбы с неприятными запахами, а также коррозией в трубопроводах водоотведения – использование раствора ALKAGENR.

По утверждению компании, продукт обеспечивает снижение отрицательного эффекта жиров в системах сбора и очистки сточных вод, регулирует содержание растворенного сероводорода в сточной воде, поступающей на очистные сооружения, а также в воздушной фазе трубопроводов. Известно, что коррозия бетона вызвана, прежде всего, высоким содержанием сероводорода в газовой фазе и его биоокислением на шельге коллектора до серной кислоты.

По информации производителя, в состав реагента входит 43–47 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также от 0,1 до 5 % нитратной соли (производитель указывает столь огромный разброс). Компания рекомендует при наличии проблем добавлять реагент в следующих точках системы водоотведения:

- напорные трубопроводы,
- самотечные коллекторы,
- насосные станции,
- головные сооружения станций очистки сточных вод,
- резервуары очистных сооружений.

Как утверждает компания Evoqua, правильно подобранные дозы раствора обеспечивают дополнительную щелочность для повышения pH сточных вод до 9,0 или до величины, необходимой в конкретной системе, с целью снижения выделения сероводорода в атмосферу. ALKAGEN вступает в реакцию с жирами, снижая до минимума отложения этих веществ в точке применения.

Комментарий

Редакция далека от мысли, что российские водоканалы может заинтересовать поставка подобного реагента из США, однако хотелось бы обратить внимание читателей на саму идею и очевидную простоту ее реализации. По сути, предлагается добавлять в сточные воды известковое молоко (стоит согласиться с мнением Evoqua Water Technologies, что щелочной реагент на основе извести может быть существенно дешевле, чем, например, едкий натр). Добавление щелочи в проблемные коллекторы, куда происходит сброс повышенных концентраций жиров, может быть хорошим решением проблемы и избавит водоканал от засоров на этом участке и частых прочисток. Разумеется, необходимо одновременно в полной мере реализовать возможности, которые организациям ВКХ предоставляют Правила пользования системами холодного водоснабжения и водоотведения по взиманию средств с абонентов, допускающих превышение концентрации жиров в сточных водах, формирующее зажиривание трубопровода.

Что касается блокирования выделения сероводорода, то применение недорогого реагента-окислителя, например, натриевой селитры (NaNO_3), может быть вполне эффективным решением для подавления коррозии на проблемных участках, а также избавления от неприятных запахов от вентиляционных сетей и КНС. Действие нитратов состоит в окислении ими (напрямую, или с помощью микроорганизмов) сульфидов, а также наиболее легкоокисляемых органических соединений, в том числе летучих жирных кислот, участвующих в формировании неприятных запахов. Не следует бояться увеличения нагрузки по общему азоту на очистные сооружения, так как нитраты, добавленные в трубопровод на сети, исчезнут до очистных сооружений, в результате вышеописанной реакции окисления перейдут в атмосферный азот.

Разумеется, данные методы нуждаются в экспериментальной проверке с подбором доз и точки введения реагентов.

Эксперт-директор журнала Д.А.Данилович

Тепловизионные дроны для обнаружения утечек

WaterBriefing Newsletter, 27th January, 2017



Anglian Water, провайдер услуг по водоснабжению и водоотведению в Великобритании, одна из первых компаний, которые используют тепловизионные дроны для обнаружения утечек в водопроводных трубопроводах.

Новая технология уже прошла успешные испытания в сельских поселениях Саутери и Уиссингтон, а также в Норфолке. В ближайшие месяцы испытания продолжатся.

Компания Anglian Water обеспечивает эксплуатацию и техническое обслуживание более 38 тыс. км водопроводных трубопроводов, большая часть которых проложена в сельских и отдаленных районах. С помощью новой технологии, которая более точно определяет места повреждения труб путем фиксации изменений температуры вокруг трубы, компания надеется сократить расходы и сэкономить время на обследование сетей и поиск утечек.

Представители компании Anglian Water заявляют: «Дроны – самое современное оружие в нашей войне с утечками, которая стоит нам свыше 60 млн фунтов. Мы испытываем различные высокотехнологичные инструменты и увеличили численность задействованного персонала. Наша бригада по обнаружению и ликвидации утечек насчитывает 300 человек, прошедших специальное обучение новой технологии работы с дронами. Мы инвестировали миллионы в контроль и управление давлением в сетях, что обеспечило резкое сокращение повреждений».

Инновационный подход Anglian Water вывел компанию в число лидеров отрасли. В прошедшем году процент утечек в сетях, эксплуатируемых компанией, был самым низким во всей Англии.

Дроны уже сэкономили компании достаточно много времени и средств, обнаруживая утечки в труднодоступных местах. Дроны помогают значительно сократить перерывы в подаче воды пользователям, поскольку способны преодолевать большие расстояния за короткие промежутки времени. Сенсор и камера, установленные на дроне, способны определить разницу в температуре почвы, обусловленную утечкой воды из трубы. Технический специалист проводит анализ разницы температур на месте, что также экономит время.

Все это означает, что процесс обнаружения утечек может быть ускорен и выполнен более точно, а, следовательно, сокращается объем земляных работ, экономятся средства, потребителям доставляется меньше неудобств.

Компания Thames Water также использует дроны, оборудованные тепловизионными камерами для обнаружения утечек в трубопроводах. Проведен ряд успешных испытаний и продолжаются разработки инновационных методов применения дронов для усовершенствования эксплуатации, снижения рисков для здоровья и безопасности обслуживающего персонала.

Технология биологической очистки сточных вод с повышенной энергоэффективностью

Компания Evoqua Water Technologies (США) предложила несложный, но весьма любопытный способ повышения энергоэффективности сооружений биологической очистки. Технология получила название «система КАПТИВАТОР» (CAPTIVATOR™) – от выражения «брать в плен», «захватывать».

Предлагается использовать давно известную (и применявшуюся в так называемом контактно-стабилизационном процессе) способность активного ила практически моментально сорбировать на своей поверхности загрязнения сточных вод, с незначительным окислением органики в этот период) в сочетании с флотационным разделением сред. Для реализации этого процесса первичное отстаивание и отдельная система уплотнения осадка заменены на контактный процесс в аэрируемом контактном резервуаре, в который подаются неочищенный сток и избыточный активный ил, с последующим флотационным отделением осадка. Обработанная сточная вода поступает в аэротенки на дальнейшую очистку (рис. 1). Эффективность очистки от органических веществ в таком процессе существенно выше, чем при обычном первичном отстаивании.

Отделенный осадок направляется в метантенки, вместе со сгущенным избыточным илом.

Целью процесса является одновременное обеспечение:

- сокращения нагрузки по органическим загрязнениям на аэротенки;
- увеличения подачи органического вещества в метантенки на сбраживание.

Также достигается сокращение площади, занимаемой очистными сооружениями.

По данным разработчика, система обеспечивает:

- повышение выработки биогаза на 40 %;
- снижение на 40 % потребления энергии на аэрацию;
- снижение капитальных затрат на 20 %;
- приближение энергетического баланса очистных сооружений к нулевому потреблению энергии.

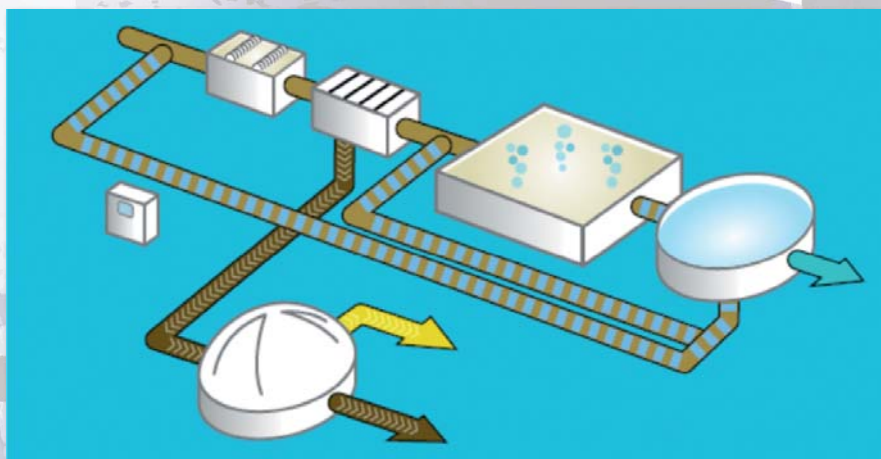
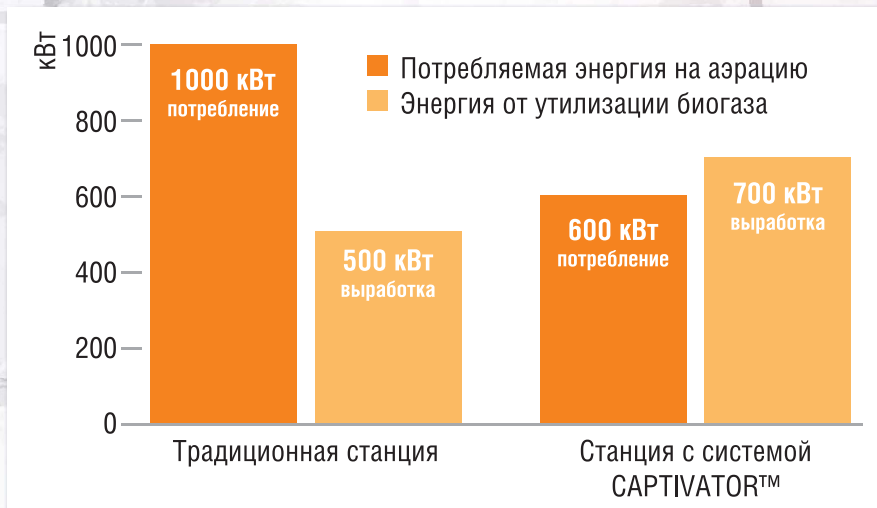


Рис. 1. Технологическая схема процесса «КАПТИВАТОР». Слева направо сверху – контактный резервуар, флотатор, аэротенк, вторичный отстойник; внизу – метантенк

Компания Evoqua Water Technologies приводит пример очистных сооружений около 114 тыс. м³/сут. При обычной технологии на аэрацию расходуется 1000 кВт, а из биогаза производится в процессе когенерации около 500 кВт (эти данные аналогичны ситуации на Курьяновских очистных сооружениях «Мосводоканала», где работают метантенки и мини-ТЭС на биогазе). Аналогичная станция с системой CAPTIVATOR™ потребляет на аэрацию лишь 600 кВт и вырабатывает 700 кВт из биогаза (см. рис. 2). Дополнительный объем биогаза вырабатывается при сбраживании дополнительной «захваченной» БПК вместо ее окисления в аэротенке. Это позволяет уменьшить объем аэротенка, который требуется для традиционного процесса биологической очистки.

Рис. 2.
Сравнение потребления
и выработки энергии
в традиционном процессе
и при технологии
«КАПТИВАТОР»



Комментарий

Простота и эффективность данной технологии делает ее весьма привлекательной, но, к большому сожалению, имеет очень существенный недостаток. Она создана именно для оптимизации традиционной технологии биологической очистки, рассчитанной на удаление только органических веществ. Значительное снижение поступления органических веществ в аэротенки уменьшает возможность денитрификации, а также биологического удаления азота.

Учитывая, что переход на удаление биогенных веществ является главной задачей модернизации российских ОСК, возможность применения данной технологии в России весьма ограничена. Но, тем не менее, она представляет интерес как выражение современных технологических тенденций: перехода от энергопотребления на ОСК к энергогенерации.

Эксперт-директор журнала Д.А.Данилович



НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Некоммерческое партнерство «Центр перспективного развития»

Почтовый адрес: 119334, г. Москва, а/я 169

Юридический адрес: 119334, г. Москва, Ленинский пр-т, дом 38/2

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ

ИНН 7736242763	КПП 773601001	р/с 40703810801500000018
Филиал «Центральный» Банка ВТБ (ПАО), г. Москва	БИК 044525411	к/с 30101810145250000411

СЧЕТ № НДТ-1/17

дата: « 22 » февраля 2017 г.

Предмет счета	Кол-во комплектов	Цена (руб.)	Сумма (руб.)
Подписка на журнал «Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения» на 2017 г. (6 номеров)	1	5700-00	5700-00
НДС не облагается			00-00
Итого			5700-00

Всего к оплате: *Пять тысяч семьсот рублей 00 копеек*

Директор

Гл. бухгалтер



Андреева С.В.

Андреева С.В.

ОБРАЗЕЦ ЗАПОЛНЕНИЯ ПЛАТЕЖНОГО ПОРУЧЕНИЯ

Сумма прописью	Пять тысяч семьсот рублей 00 копеек		
ИНН	КПП	Сумма	5700 - 00
Платательщик	Сч. №		
Банк плательщика	БИК		
Филиал «Центральный» Банка ВТБ (ПАО), г. Москва	БИК	044525411	
Банк получателя	Сч. №	30101810145250000411	
ИНН 7736242763	КПП 773601001	Сч. №	40703810801500000018
Некоммерческое партнерство «Центр перспективного развития»	Вид оп.	Срок плат.	1
Получатель	Наз. пл.	Очер. плат.	
	Код	Рез. поле	
Почтовый адрес: Подписка на журнал «Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения» 2017 г. (6 номеров) по счету № НДТ-1/17 от 22.02.2016 (НДС не облагается) Назначение платежа:			
М.П.		Подписи	Отметки банка

Обязательно укажите:

- Название издания и период подписки
- Номер счета, на основании которого производится оплата
- Подробный почтовый адрес, на который будет высылаться журнал
- Контактный телефон

«Перспективы рынка водоснабжения и водоотведения России для зарубежных инвестиций, открытия новых производств и внедрения инноваций»

Организатор: Российская ассоциация водоснабжения и водоотведения.

При поддержке: Комитет по развитию экономических отношений в Восточной Европе, Немецкое водное партнерство, Wasser-Berlin International



Российская ассоциация
водоснабжения
и водоотведения



German Water
Partnership



В ПРОГРАММЕ:

Пленарное заседание

- Комитет по развитию экономических отношений в Восточной Европе (The Committee on Eastern European Economic Relations)

«О перспективах сотрудничества Германии и России по внедрению новых технологий, технических стандартов и инновационных решений в водной отрасли».

- Эпштейн Александр Дмитриевич, заместитель руководителя Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения

«Особенности законодательного регулирования отрасли водоснабжения и водоотведения России и перспективы её развития до 2020 года».

- Немецкое водное партнерство (German Water Partnership).

«Перспективы немецких компаний на российском рынке водной отрасли в условиях политики импортозамещения и формирования справочников НДТ».

- Пупырев Евгений Иванович, руководитель Экспертно-технологического совета Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения.

«Современное состояние рынка коммунального водоснабжения и водоотведения России»

Круглый стол «Опыт работы европейских компаний на российском рынке водоснабжения и водоотведения. Особенности законодательства и традиций»

- Самбурский Георгий Александрович, руководитель Департамента водоподготовки, научный секретарь Экспертно-технологического совета Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения

«Особенности технологического развития отрасли водоснабжения и водоотведения России»

- Представитель Grundfos Holding A/S

«12 лет успешной работы производства насосного оборудования в России: история успеха».

- Представитель Hawle Armaturen GmbH

«Производство запорной арматуры в особых экономических зонах регионального уровня в России».

- Представитель компании «ЛИТ»

«Особенности работы на российском рынке водоснабжения и водоотведения: взгляд мирового лидера по производству ультрафиолетовых систем».

- Представитель компании «ЭКОТОН»

«Выстраивание эффективного бизнеса в отрасли водоснабжения и водоотведения России и стран СНГ»

- Представитель компании «Полипластик»

«Производство полимерных трубопроводных систем в России: особенности развития бизнеса».



конференция

**«КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ –
РЕКОНСТРУКЦИЯ, НОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО,
ЭФФЕКТИВНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ»**

6 июня 2017
Москва, Крокус Экспо

**Актуальные решения при проектировании,
реконструкции и новом строительстве сооружений
очистки сточных вод и обработки осадка**



Организатор:



Официальный партнер:



www.waste-tech.ru

0+