

ВЗГЛЯД

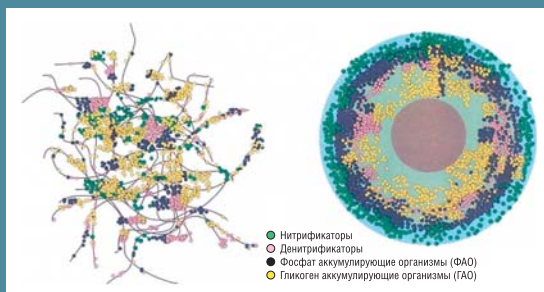
НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

**КОНЦЕССИЯ: СОВМЕСТНЫЙ КОНКУРС В ОТНОШЕНИИ
ОБЪЕКТОВ КОММУНАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**АНАЛИЗ
НА СООТВЕТСТВИЕ НДТ**

**ОПЫТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА
РЕКОНСТРУИРОВАННЫХ
КОС «ЗАОСТРОВЬЕ»**

**ЭФФЕКТИВНОЕ
РЕШЕНИЕ
ПО ДООЧИСТКЕ
СТОЧНЫХ ВОД**



**БУДУЩЕЕ, КОТОРОЕ УЖЕ НАСТУПИЛО:
ТЕХНОЛОГИЯ АЭРОБНОГО
ГРАНУЛИРОВАННОГО ИЛА**

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ
УСТАНОВКИ NEREDA**



**СЖИГАНИЕ
ОСАДКОВ
СТОЧНЫХ ВОД
СТАНОВИТСЯ
ДОСТУПНЫМ?**



**KOD
NEWS**
СЕТЕВОЙ РЕСУРС



**ВСЕРОССИЙСКИЙ
ВОДНЫЙ КОНГРЕСС 2017**

Водные ресурсы России для обеспечения устойчивого развития
страны, экологической безопасности и здоровья населения

МОСКВА, 27 – 30 ИЮНЯ 2017 ГОДА

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

40 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>

ИЮНЬ'2017 #3



КОНЦЕССИЯ



**ГЛАВНЫЙ
КРИТЕРИЙ**

Концессия: совместный
конкурс в отношении объектов
коммунальной инфраструктуры

4

Комплексные решения MY BIO
для биологической очистки
сточных вод

7

**Опыт технологического
аудита** на основе отраслевого
справочника по НДТ (на примере
реконструированных
канализационных очистных
сооружений «Заостровье»)

12

Автоматизация: как сделать
очистные сооружения, которые не
могут работать неправильно

26

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**

Эффективное решение
по доочистке сточных вод

38

Бестраншейный ремонт:
применение полимерного рукава

40

**Сжигание осадков сточных
вод** становится доступным для
водоканалов

42

**Будущее, которое уже
наступило:** технология аэробного
гранулированного ила

51

**Система аэробного
гранулированного ила**
AquaNereda®

55

Концессия: совместный конкурс в отношении объектов коммунальной инфраструктуры



Российская ассоциация
водоснабжения
и водоотведения

Р.Р. Искендеров¹,
РУКОВОДИТЕЛЬ ЦЕНТРА ГЧП
РАВВ

Важнейшим условием технической модернизации сооружений ВКХ является наличие средств на ее выполнение. Одним из способов привлечения инвестиций, а также обеспечения ответственной эксплуатации сооружений является передача их в концессию.

Однако, в реальности, переход на эту форму управления предприятиями ВКХ сопряжен с рядом проблем. Одна из них – малый масштаб объектов ВКХ в малых городах, находящихся в собственности отдельных муниципалитетов, делает их недостаточно привлекательными для концессионеров и финансирующих организаций (банков, инвестиционных фондов, негосударственных пенсионных фондов и пр.).

Проведенный Центром ГЧП РАВВ анализ конкурсов на право заключения концессионных соглашений в отношении объектов коммунальной инфраструктуры² показывает, что значительная часть из них (около 50 %) признаются несостоявшимися из-за отсутствия участников.

Решением проблемы может стать объединение нескольких различных централизованных коммунальных систем под управлением одного концессионера. Цели объединения – снижение операционных расходов и повышение инвестиционной привлекательности. Существует несколько способов такого объединения с использованием концессионного механизма.

Первым способом является передача нескольких централизованных коммунальных систем в собственность одного муниципалитета (например, муниципального района) или субъекта РФ с последующим заключением концессионного соглашения с одним концессионером по результатам проведения конкурса.

¹ Искендеров Роман Русланович, iskenderov@raww.ru, тел. +7(495) 9397280.

² В рамках данной статьи к объектам коммунальной инфраструктуры относятся объекты теплоснабжения, централизованные системы горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, отдельные объекты таких систем.

Второй способ, который будет рассмотрен в данной публикации, предполагает заключение в одном пакете нескольких концессионных соглашений в отношении каждой централизованной системы коммунальной инфраструктуры, находящихся в собственности различных муниципальных образований и(или) субъекта РФ с одним концессионером.

Объединение может осуществляться как по территориальному принципу (передача в концессию всех централизованных коммунальных систем на территории одного городского округа, муниципального района и т.д.), так и по технологическому принципу (передача в концессию одной централизованной коммунальной системы, расположенной на территории нескольких городских округов, муниципальных районов и т.д.).

До недавнего времени применение на практике данного способа заключения концессионных соглашений было невозможно из-за отсутствия необходимой правовой базы.

Однако ситуация изменилась. С 1 января 2017 г. введена в действие часть 1 статьи 50 Федерального закона «О концессионных соглашениях», в которой закреплено, что проведение совместного конкурса на право заключения концессионного соглашения, объектом которого являются объекты коммунальной инфраструктуры (далее – Совместный конкурс), осуществляется с учетом особенностей, установленных Правительством Российской Федерации.

Для выполнения указанного положения Федерального закона «О концессионных соглашениях» было принято постановление Правительства РФ № 558 от 11.05.2017 г. «Особенности проведения совместного конкурса на право заключения концессионного соглашения, объектом которого являются объекты теплоснабжения, централизованные системы горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, отдельные объекты таких систем».

Согласно проекту подзаконного акта, основанием для проведения Совместного конкурса является предложение о проведении

Совместного конкурса, которое может быть сформировано муниципальными образованиями или субъектами РФ – собственниками коммунальных объектов (далее – Инициаторы) и направлено в адрес иных собственников таких объектов.

Предложение о проведении Совместного конкурса может быть сделано в отношении любых объектов инфраструктуры, как объединенных единым технологическим процессом, так и технологически не связанных между собой. Предложение о проведении Совместного конкурса может быть сделано муниципальным образованиям, находящимся в разных субъектах Российской Федерации. Совместный конкурс может быть объединить не только несколько муниципальных концессий, но и концессии муниципального и регионального уровней.

Предложение о проведении Совместного конкурса должно в обязательном порядке содержать следующую информацию:

1. Описание объектов концессионного соглашения.
2. Предполагаемый срок действия концессионного соглашения.
3. Перечень инвестиционных мероприятий концессионера.

Предложение о проведении Совместного конкурса направляется Инициатором в адрес всех потенциальных концедентов, а также высшему должностному лицу соответствующего субъекта РФ (или каждого из субъектов, где расположены потенциальные объекты).

Получатели предложения должны рассмотреть его в течение 30 дней и принять одно из следующих решений:

- 1) о невозможности проведения Совместного конкурса, с указанием основания отказа. В данном случае Инициатор проведения Совместного конкурса направляет всем участникам уведомление об отзыве своего предложения.
- 2) о проведении Совместного конкурса на иных условиях с указанием предлагаемых условий. В данной ситуации Инициатор обязан провести согласительные процедуры. В случае проведения успешных согласительных процедур между концедентами заключается

соглашение о проведении Совместного конкурса (далее – Соглашение), в котором определяется Организатор конкурса.

3) о проведении Совместного конкурса на представленных в предложении условиях с указанием кандидатуры для включения в состав конкурсной комиссии. В случае если всеми концедентами принято положительное решение, то между ними заключается Соглашение, в котором определяется Организатор конкурса.

Организатор разрабатывает проект решения о заключении концессионных соглашений и конкурсной документации, которые должны соответствовать общим требованиям, установленным Федеральным законом «О концессионных соглашениях». При этом конкурсная документация должна предусматривать единый перечень документов и материалов, представляемых заявителями и участниками Совместного конкурса.

В случае если сведения об объекте концессионного соглашения, составляют государственную тайну, участники Совместного конкурса должны соответствовать требованиям, предъявляемым законодательством Российской Федерации о государственной тайне и представить копию лицензии на проведение работ с использованием сведений соответствующей степени секретности.

Минимально допустимые плановые значения показателей, а также долгосрочные параметры регулирования деятельности концессионера, устанавливаемые в проекте решения о заключении концессионных соглашений, конкурсной документации, подлежат согласованию с региональными органами тарифного регулирования в общем порядке, предусмотренном законодательством Российской Федерации.

Проект решения о заключении концессионных соглашений и конкурсная документация подлежат согласованию с высшим должностным лицом соответствующего субъекта (субъектов) Российской Федерации.

После согласования вышеуказанных параметров и показателей деятельности концессионера и проектов конкурсной документации, Организатор передает указанные документы концедентам для утверждения.

Концеденты утверждают совместным актом: решение о заключении концессионных соглашений, конкурсную документацию, а также персональный состав конкурсной комиссии.

Конкурсной комиссией при проведении Совместного конкурса выполняются функции, предусмотренные Федеральным законом «О концессионных соглашениях».

Особенностями проведения Совместного конкурса являются:

1) подача участником конкурса единой заявки и единого конкурсного предложения в отношении всех объектов Совместного конкурса;

2) заключение каждым концедентом, участвующим в Совместном конкурсе, с победителем конкурса отдельного концессионного соглашения в отношении той части объектов Совместного конкурса, которая указана в конкурсной документации и принадлежит или будет принадлежать на праве собственности соответствующему концеденту.

Каждое концессионное соглашение, заключенное по результатам проведения Совместного конкурса должно быть подписано концедентом, концессионером и высшим должностным лицом соответствующего субъекта Российской Федерации.

Принятие Правительством РФ Постановления от 11.05.2017 г. № 558 увеличивает шансы на успешную реализацию коммунальных концессий в малых населенных пунктах. Однако, утвержденный порядок проведения совместных конкурсов, решая проблему передачи нескольких коммунальных систем в управление одному концессионеру, не снимает других рисков, мешающих развитию коммунальных концессий (тарифные, экологические, технологические и прочие риски), без разрешения которых успешная реализация концессионных соглашений затруднительна. ●

Комплексные решения МУ ВЮ для биологической очистки сточных вод



АО «МАЙ ПРОЕКТ»

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ
ОЧИСТКИ ВОД

М.А. Есин¹, А.В. Смирнов², АО «МАЙ ПРОЕКТ»

В 2014 г. исполнилось 100 лет биологической очистке сточных вод и технологии использования активного ила. За прошедший век изобретение стало самой массовой биотехнологией в мире, что позволило сделать окружающую среду намного чище и обеспечило миллиардам людей доступ к чистой воде. Процесс биологической очистки сточных вод является наиболее распространенным по всему миру и основан на способности группы бактерий (активного ила) в аэробных условиях поглощать загрязнения сточных вод в процессе своей жизнедеятельности. За более чем вековую историю, активный ил использовался в различных технологических обстоятельствах, с ростом требований к качеству очистки менялись задачи и направления его применения.

Основываясь на более чем 25-ти летнем опыте проектирования и реализации проектов очистки сточных вод, компания «МАЙ ПРОЕКТ» представляет комплексные технологические решения **МУ ВЮ** (БИО – биологическая инновационная очистка). Универсальный пакет решений для очистки сточных вод биологическими методами включает как технологические аспекты отечественного и зарубежного оборудования, так и оптимизацию по капитальным и эксплуатационным затратам.

Технологические решения **МУ ВЮ** разработаны на основе собственного опыта инженеров «МАЙ ПРОЕКТ», использованы программы математического моделирования работы биологической очистки Экосим [1] и GPS-X [2], а техническое решение соответ-



ОКОС п. Заостровье



ОСК г. Вологда (аэротенки, вторичные отстойники)

¹ Есин Михаил Анатольевич, к.т.н., начальник технологического отдела, АО «МАЙ ПРОЕКТ», 115054, Россия, Москва, Б. Строченовский пер., 7, тел.: (495) 981-98-80, доб. 273, yesin@myproject.msk.ru.

² Смирнов Александр Владимирович, ведущий инженер технологического отдела, АО «МАЙ ПРОЕКТ», 115054, Россия, Москва, Б. Строченовский пер., 7, тел.: (495) 981-98-80, доб. 277, smirnovav@myproject.msk.ru.



ОСК г. Воронеж (правый берег), вид на аэротенки после реконструкции с крыши воздуходувной

ствуется требованиям Информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» (справочника НДТ) [3].

MY BIO – это решения, которые основаны на пяти следующих основных принципах:

- детальная проработанность (технология положена в основу инженеринговых решений, готовых к применению);
- апробированность (подобранное техническое решение включает технологии и оборудование, которое проверено в работе);
- комплексность (решение «под ключ», а также последующий сервис);
- энергоэкономичность (отвечает современным требованиям энергосбережения);
- автоматизация (является ключевой особенностью **MY BIO**, причем системы управления персонифицированы с учетом особенности очистных сооружений, с оптимально подобранным комплектом КИПиА).

В зависимости от задач, стоящих перед биологической очисткой стоков, могут быть применены группы технологий:

- **MY BIOS** – очистка от органических загрязнений (ХПК, БПК).

- **MY SBR** – очистка сточных вод от биогенных и органических загрязнений в реакторах последовательно-периодического действия или SBR (циклических реакторах).

- **MY BION** – очистка от биогенных веществ (азота, фосфора) по схемам нитри-денитрификации (НДН) и биологического удаления фосфора.

Технология MY BIOS

Технология **MY BIOS** актуальна для промышленных сточных вод, основными загрязнителями которых являются органические вещества (стоки бумажных производств, переработка нефти и газа, легкая промышленность и т.д.). При очистке сточных вод с высокими концентрациями органических загрязнений нередки ситуации, когда в аэротенк подается большое количество воздуха, поддерживается необходимая, с точки зрения эксплуатации, концентрация

растворенного кислорода (КРК), но при этом очистка происходит не полностью. Причиной этого является то, что в условиях высокого соотношения концентраций восстановителя (органические соединения) и окислителя (кислорода) окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) недостаточен для эффективного окисления. В зоне с аэрацией формируются восстановительные условия. Не имея специальных инструментов, определить это сложно, а иногда и невозможно.

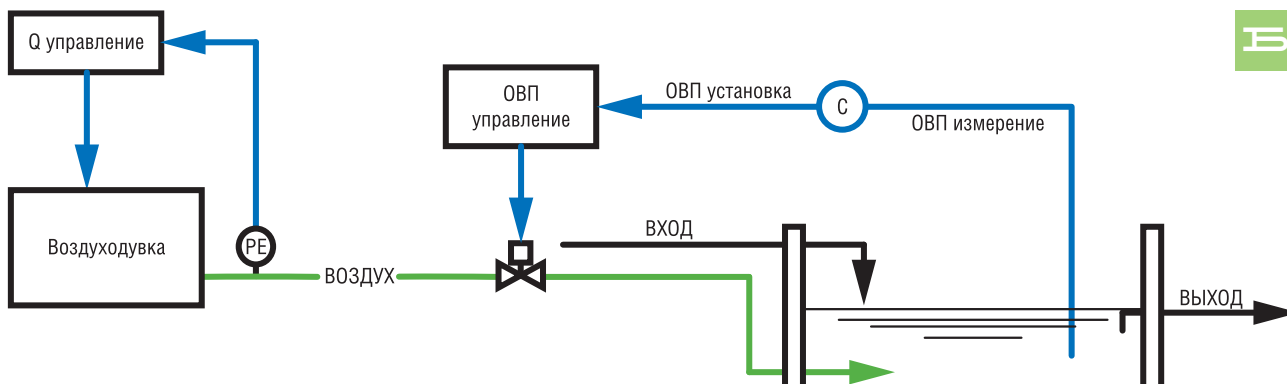
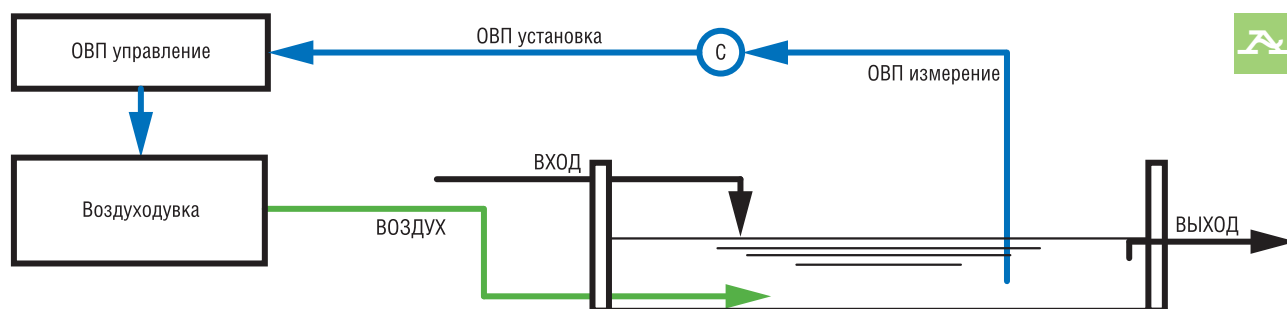
Главной особенностью решений **MY BIOS** является регулирование системы аэрации не по величине КРК, а по ОВП, который в точности показывает характер происходящего процесса (окисление или восстановление). При восстановительных условиях значение ОВП отрицательное, при окислительных – положительное. Система автоматики, имея информацию о значении ОВП, корректирует подачу воздуха.

Система управления также может иметь обратную связь, контролируя качество очистки сточных вод с помощью прибора онлайн измерения ХПК, установленного на выходе из реакторов биологической очистки. В случае отклонения от заданного параметра, автоматизированная система контроля вносит корректировки в работу или предоставляет оператору список необходимых мероприятий.

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ВОЗДУХА В АЭРОТЕНКИ ПО ТЕХНОЛОГИИ MY BIOS.

А) Двухконтурное РЕГУЛИРОВАНИЕ – ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МЕХАНИЧЕСКИ РЕГУЛИРУЕМЫХ ВОЗДУХОДУВКОВ.

Б) Одноконтурное РЕГУЛИРОВАНИЕ – ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РОТОРНЫХ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ВОЗДУХОДУВКОВ.



В технологии **MY BIOS** используется эффективная система подачи воздуха, в которую входят:

- аэрационная система с высокими массообменными характеристиками (в соответствии с рекомендациями справочника НДТ), имеющая возможности регулирования производительности в широких пределах;
- воздуходувки, регулируемые также в широких пределах при сохранении КПД и производительности;
- система автоматического управления подачей воздуха (см. рис.), которая обеспечивает как эффективное насыщение и перемешивание иловой смеси, так и энергосбережение.

На объектах большой производительности, где используются центробежные регулируемые воздуходувки, применяется двухконтурная система управления. В первом контуре, индивидуальном для каждой отдельной аэрируемой зоны, подача воздуха регулируется контроллером с помощью электрифицированных задвижек с целью поддержания значения ОВП в установленном диапазоне. Во втором контуре, общем для всего сооружения, второй контроллер, управляя по сигналу датчика давления воздуха расходом регулируемых турбовоздуховок, обеспечивает поддержание давления сжатого воздуха в общем воздуховоде в заданном диапазоне.

На небольших объектах, где целесообразно использовать частотно-регулируемые роторные воздуходувки, применяется одноконтурное регулирование, когда управление частотой тока происходит непосредственно на основе величины сигнала с прибора, измеряющего ОВП.

В основу этих решений положен принцип выделения аэробных, анаэробных и аноксидных зон, их чередование и организацию внутренних рециклов, которые оснащены необходимым для этого оборудованием и системой управления.

Оптимальное решение для реализации биологической очистки выбирается исходя из местных условий и пожеланий эксплуатации. При этом каждая схема подвергается проверке в программе компьютерного моделирования работы биологической очистки согласно рекомендации Свода правил по проектированию [4]. Уровень автоматизации при этом может быть как оптимальным, так и рекомендуемым.

Конструктивные решения на основе технологии **MY BION** можно разделить по способу организации зон денитрификации и биологического удаления фосфора:

- сооружения с отдельными перемешиваемыми зонами (аноксидные и/или анаэробные зоны), расположенными в отдельных от аэрируемого сооружения емкостях;
- сооружения с зонами перемешивания внутри аэротенков.

На сегодняшний день **MY BION**, реализованная по первому конструктивному принципу, уже работает на очистных сооружениях г. Вологды, п. Заостровье (Калининградская область) и г. Черноголовки (Московская область). На сооружениях г. Набережных Челнов, г. Воронежа и г. Омска реализованы сооружения второго типа.

На с. 12 можно ознакомиться с детальным анализом результатов внедрения **MY BION** на очистных сооружениях п. Заостровье.

Технология MY BION

Группа технологических решений **MY BION** обеспечивают наиболее глубокую очистку сточных вод, которая достигается путем биологического процесса, обеспечивая технологические показатели НДТ для этих условий не только по органическим веществам, но и по соединениям азота и фосфора.

Технология MY SBR

Циклические реакторы (общепринятая англоязычная аббревиатура – SBR), развившиеся в последние 25 лет, являются одной из наиболее простых и эффективных технологий очистки в мире. Технологический принцип работы заключается в последовательной реализации в одном и том же универсально

оборудованном объеме практически любых процессов: окисления органических веществ, денитрификации, нитрификации, биологического удаления фосфора, анаэробного окисления аммония (АНАММОКС), а также илоразделения.

MY SBR идеально подходит для сооружений с непостоянным притоком сточных вод и залповыми сбросами загрязняющих веществ, к которым относятся, например, очистные сооружения до 1000 м³/сут, производственные предприятия пищевой и подобных отраслей промышленности, в особенности часто меняющие свои производственные программы; очистные сооружения, имеющие пункты приема жидких бытовых отходов.

Компания «МАЙ ПРОЕКТ» разработала универсальный алгоритм работы технологии **MY SBR** (продолжительность и условия периодов перемешивания, аэрации и т.д. в одном цикле), который может изменяться в широких пределах в зависимости от технической задачи, которую надо решить и условий работы.

Особенно интересной разработкой является **MY SBR smart**, алгоритм управления циклами которого является самопрограммируемым. В этой системе используется принцип обратной связи: система управления в результате сопоставления текущего качества очистки с заданным значением регулирует, по установленным алгоритмам, параметры следующего цикла очистки. В результате в условиях изменяющейся нагрузки по расходу и загрязнению обеспечивается стабильно высокое и постоянное качество очистки.

Описанные в статье технологии **MY BIO** входят в семейство технологий **MY Technologies**, которые способны решить весь перечень проблем ОСК:

- **MY MET** – решения по механической очистке сточных вод;
- **MY Filter** – комплексные решения доочистки сточных вод;
- **MY MBR** – биологическая очистка с помощью мембранных биологических реакторов;
- **MY SHLUM** – комплексные решения обезвоживания;
- **MY DAF** – решения физико-химической и флотационной очистки;
- **MY AMI** – анаэробные установки обработки производственных стоков.

Более подробно о данных технологиях читайте в следующих номерах журнала. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Щетинин А.И., Реготун А.А.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД АКТИВНЫМ ИЛОМ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММЫ «ЭкоСим» // ВОДОСНАБЖЕНИЕ И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА. 2000. № 12, ч. 2.
2. Hydromantis, in: GPS-X – TECHNICAL REFERENCE, GPS-x VERSION 5.0, ONTARIO, CANADA, 2006.
3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. М: Бюро НДТ, 2015, 377 с.
4. СП 32.13330.2012, КАНАЛИЗАЦИЯ. НАРУЖНЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ (АКТУАЛИЗИРОВАННАЯ РЕДАКЦИЯ СНиП 2.04.03-85). Москва, 2012.

АНАЛИЗ НА СООТВЕТСТВИЕ НДТ

Опыт технологического аудита на основе отраслевого справочника по НДТ (на примере реконструированных канализационных очистных сооружений «Заостровье»)

Д.А. Данилович,
КАНД. ТЕХН. НАУК,
РУКОВОДИТЕЛЬ ЦЕНТРА
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И МОДЕРНИЗАЦИИ В ЖКХ,
Ассоциация ЖКХ
«Развитие», эксперт-
директор журнала НДТ,
КООРДИНАТОР ТЕХНИЧЕСКОЙ
РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ТРГ 10
Бюро НДТ

Приближается срок начала перехода предприятий отрасли на систему технологического нормирования (2019 г.), что увеличивает практический интерес ко всем аспектам этого процесса и, в частности, к отраслевому информационно-техническому справочнику по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» [1].

Продолжаем публикацию серии статей по технологическому анализу работы референц-объектов [2], данные которых легли в основу НДТ, вошедших в ИТС 10-2015, и их технологических показателей. Одним из ярких и представительных объектов, работающих по технологиям реагентно-биологического удаления азота и фосфора (ОС №12 в табл. 4.6 ИТС 10-2015), являются объединенные канализационные очистные сооружения (далее – ОКОС), расположенные вблизи поселка Заостровье, принимающие сточные воды трех курортных городов Калининградской области – Зеленоградска, Пионерского и Светлогорска.

Эти сооружения были построены на проектную производительность 40 тыс. м³/сут по классической технологии биологической очистки и сданы в эксплуатацию в 1988 г. Особенностью систем водоотведения этого региона является высокая доля общесплавной канализации.

ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ОЧИСТКИ

Расположение ОКОС в Балтийском регионе распространило на них действие Хельсинской конвенции (ХЕЛКОМ) [3] и потребовало достижения очистки от соединений азота и фосфора до требуемых конвенцией значений. В связи с этим в 2010г. Европейская комиссия выделила грант

для реализации в малых городах Калининградской области экологических проектов, направленных на повышение качества очистки сточных вод и содействие мероприятиям по улучшению экологической ситуации. В рамках этой программы была начата реконструкция системы транспортировки и очистки сточных вод ОАО «ОКОС». Проект финансировался за счет гранта Евросоюза и кредита NEFCO¹. Конкурс на реконструкцию объединенных очистных сооружений ОКОС выиграл консорциум в составе ООО «Газтрубопроводстрой» и АО «Май Проект» (ранее ЗАО «Экополимер-М»).

Разработку технологических решений, поставку оборудования и пуско-наладочные работы выполняла компания АО «Май Проект». В 2013 г. был разработан проект и начался процесс строительства и реконструкции.

Важно отметить, что по проекту показатели качества очищенной воды соответствовали не ПДК_{рыбхоз}, а требованиям ХЕЛКОМ, предъявляемым для объектов такого масштаба. Сопоставление этих требований приведено в табл. 1. Таким образом, данный объект изначально был избавлен от заведомо невыполнимых требований отечественной системы нормирования качества сбросов. Это создало основу для проведения реконструкции с достижением максимального эколого-экономического эффекта.

Сопоставляя требования ТЗ к уровню очистки и технологические показатели НДТ согласно ИТС 10-2015 (ТП НДТ) для данных условий сброса, можно сделать следующие выводы:

- требования ТП НДТ по органическим загрязнениям несколько жестче, чем ХЕЛКОМ, и практически соответствуют проектным решениям по ОКОС;

Таблица 1.
СОПОСТАВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ

Показатель	Максимальные значения по техническому заданию (ТЗ)	Ожидаемое качество очищенной воды по проекту	Технологические показатели НДТ (ТП НДТ)** для ОС с расходом от 10 тыс. м ³ /сут[1]	ПДК _{рыбхоз}
Взвешенные вещества	15	10–15 (30*)	10	3
БПК ₅	10	7–10 (20*)	8	2
БПК _{полн}	–	10–15 (30*)	–	3
Общий азот	15	9,4– 15	–	–
Азот аммонийный	–	0,1–0,5	1	0,4
Азот нитратов	–	7– 11	9***	9,1
Азот нитритов	–	–	0,1	0,02
Фосфор общий	0,5	–	–	–
Фосфат-анион	0,5****	0,025–0,5	0,7	0,6

* Значение, допустимое не чаще 5 дней в году при самых неблагоприятных условиях (сильные ливни и т.п.).

** При сбросе в водные объекты, подпадающие под действие международных соглашений, требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных технологических показателей, либо предъявляются по иным веществам (показателям).

*** При соотношении концентрации аммонийного азота и БПК₅ более 0,25 концентрацию азота нитратов допускается принимать не более 11 мг/л.

**** Единственный показатель ТЗ, установленный на основе НДС.

¹ НЕФКО – краткое название Северной экологической финансовой корпорации, созданной в 1990 г. пятью странами Северной Европы: Данией, Исландией, Норвегией, Финляндией и Швецией. Корпорация предоставляет финансовую поддержку экологически важным проектам, главным образом, в странах Центральной и Восточной Европы, включая Россию, Беларусь и Украину.

• требования ТП НДТ *по удалению азота* напрямую несопоставимы с ТЗ. Сделав расчет, можно получить, что они приблизительно соответствуют 12 мг/л общего азота (сумма минеральных форм азота по ТП НДТ составляет 10,1 мг/л и органический азот – не более 2 мг/л). Согласно Рекомендациям ХЕЛКОМ: «Хозяйственно-бытовые сточные воды, которые очищаются на станциях очистки сточных вод, с нагрузкой стоков, эквивалентной от 10 000 до 100 000 жителей, должны очищаться до достижения следующих показателей на сбросе, снижение $N_{\text{общ}}$ минимум на 70–80 % или максимальная концентрация – 15 мг/л». По ХЕЛКОМ, общий азот 10 мг/л должен обеспечиваться на ОС с нагрузкой от 100 тыс. жителей. По ИТС 10-2015, соответствующая группа сооружений, «начиная с больших», относится к ОС, обслуживающим от 50 тыс. жителей, либо принимающим от 10 тыс. м³/сут, т.е. ниже, чем по ХЕЛКОМ. Безусловно, наличие в российском законодательстве отдельных требований к каждой из минеральных форм азота значительно усложняет задачу технолога, особенно в части азота нитритов (см. далее);

• требования ТП НДТ *по фосфору* существенно мягче, чем ХЕЛКОМ: 0,7 мг/л фосфора фосфатов (эквивалент примерно 1 мг/л общего фосфора) против 0,5 мг/л общего фосфора по ХЕЛКОМ для ОС от 10 тыс. эквивалентных жителей. Согласно ИТС 10-2015 (см. примечание 3 к табл. 5.9), в данной ситуации следует руководствоваться требованием ХЕЛКОМ.

Важно отметить, что проектом было предусмотрено, что в течение 5 дней в году допустимы повышенные значения загрязненности очищенных вод по органическим веществам. Это соответствует традиционному европейскому подходу, ориентированному, прежде всего, на общесплавные системы водоотведения. Однако, как показывает практика многих городов России, даже раздельные системы подвергаются очень сильному влиянию поверхностного стока. Такой весьма разумный подход позволил существенно уменьшить расчетные параметры сооружений по сравнению с ранее приме-

нявшимися в РФ требованиями. С 2012 г. с утверждением СП 32.13330.2012 [4] (актуализированный СНиП 2.03.04-85) была введена норма, близкая по смыслу:

«9.1.4. В технологических расчетах реконструкции существующих сооружений очистки городских сточных вод, работающих по самотечной гидравлической схеме, допускается принимать значение суточного расхода с обеспеченностью 97 %. С этой целью в качестве расчетного суточного расхода допускается принимать максимальное за 3 года ежесуточных наблюдений значение расхода поступающих сточных вод, завычетом из рассмотрения первых десяти максимальных за каждый год наблюдений значений (кроме приходящихся на 30–31 декабря и 30–31 августа).»

ОБЪЕМ ПРОВЕДЕННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ (РЕТЕХНОЛОГИЗАЦИИ)

В основу проекта реконструкции (ретехнологизации) станции были положены следующие основные технические решения:

• реконструкция узла механической очистки, с установкой решеток грубой и тонкой очистки, установкой новых горизонтальных песколовков (рис. 1),





Рис. 1.
Новые песколовки в отделении
механической очистки

Рис. 2.
Панорама ОКОС. Справа налево:
анаэробные резервуары,
аэротенки, вторичные отстойники

- перевод сооружений биологической очистки на технологию удаления азота и фосфора MY BION², с отказом от первичного отстаивания (рис. 2),

- создание узла хранения и дозирования реагента для дополнительного удаления фосфора,

- создание узла сгущения избыточного ила на шнековых сгустителях и обезвоживания на ленточных фильтр-прессах.

На практике к настоящему времени была проведена реконструкция 2-х аэротенков из 3-х существующих.

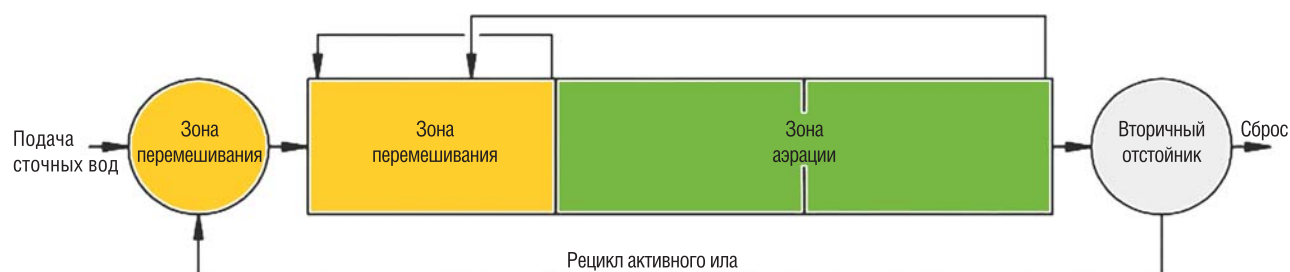
² MY BION – Входит в семейство технических решений «МАЙ ПРОЕКТ». См. подробнее на с. 10.



Ведущую роль в разработке технологии и проекта, пуско-наладке ОКОС сыграли сотрудники АО «Май Проект»: начальник технологического отдела М.А. Есин, ведущий инженер-технолог А.В. Ромашко, ведущий инженер-технолог А.Н. Соколов.

Ведущие специалисты, осуществляющие эксплуатацию ОКОС: генеральный директор С.М. Томилов, главный технолог Е.А. Солдатенкова, зав. лабораторией Л.П. Аваргина, главный механик А.П. Молоканов.

Рис. 3. Технологическая схема биологической очистки



Технология биологической очистки сточных вод

С учетом очень жестких требований по общему фосфору и довольно мягких требований по взвешенным веществам в проекте оправданно использована технология биологической очистки без применения доочистки на основном потоке сточных вод, с реагентно-биологическим удалением фосфора. Согласно проектным расчетам, осаждением должно удаляться около 50 % всего фосфора, подлежащего удалению.

На ОКОС использована модификация весьма распространенной в Западной Европе технологии A^2O (Anaerobic–Anoxic–Oxic), являющаяся наиболее простым решением для биологического удаления фосфора (с основными современными технологиями удаления азота и фосфора можно ознакомиться в Главе 4 ИТС 10-2015).

Она заключается в том, что перед сооружениями нитри-денитрификации (любой технологической конфигурации) добавляются анаэробные зоны, называемые также фосфорными бассейнами (в данном проекте они именуются бассейнами перемешивания), куда подается сточная вода и возвратный активный ил. Преимуществом технологии является очевидная простота исполнения, а также независимость стадии нитри-денитрификации от анаэробной зоны, что позволяет более гибко управлять процессом удаления азота. Однако недостаток технологии A^2O состоит в высокой зависимости от концентрации органических загрязнений в поступающем стоке и связанной с ней концентрацией летучих жирных кислот (ЛЖК) – единственном субстрате для развития фосфатаккумулирующих микроорганизмов (ФАО). Это связано с тем, что в анаэробный бассейн с возвратным активным илом поступают нитраты. В результате, пока они не будут использованы в процессе денитрификации, анаэробные процессы не начнутся. А, поскольку денитрификаторы вначале потребляют самую доступную органику, в том числе и ЛЖК, для ФАО их может уже и не остаться.

На концентрированных стоках денитрификация проходит глубже, а ЛЖК на притоке выше, и этот недостаток не заметен. На низкоконтцентрированном стоке глубина биологической дефосфотации может существенно снизиться.

Использование такой технологии во многом объясняется тем, что реконструкция проходила в соответствии с техническим заданием, разработанным европейской компанией-консультантом на стадии подготовки конкурса на реконструкцию за счет средств ЕБРР. Схема A^2O весьма популярна, как наиболее простая и эффективная в Западной Европе технология. Однако целый ряд попыток её использования в России не увенчался успехом по причине существенно более низкой концентрации органических загрязнений в сточных водах. Ввиду данного обстоятельства, при реализации проекта компания «Май Проект» выполнила некоторые корректировки исходных конкурсных решений и согласовала их с компанией-консультантом. А именно, было предложено отказаться от первичного отстаивания для повышения концентрации органического субстрата перед биологической очисткой и в освободившихся объёмах реализовать зоны перемешивания (анаэробные зоны), использовать модернизированную технологию A^2O , а также реализовать более эффективную механическую очистку, чем это предполагалось по первоначальному ТЗ.

Модифицированная схема A^2O предусматривает наличие 2-х рециклов иловой смеси. Один рецикл подает иловую смесь из конца зоны аэрации в середину аноксидной зоны, где основной нитратсодержащий поток денитрифицируется остаточным содержанием органики после аноксидной зоны. Из конца аноксидной зоны второй рецикл подает иловую смесь в ее начало, что создает внутренний поток, поддерживающий ил.

При реконструкции сооружений биологической очистки были использованы погружные мешалки для неаэрируемых зон, применена высокоэффективная система аэрации, погружные низконапорные насосы внутренней рециркуляции иловой смеси, частотно-регулируемые моторные воздуходувки, система

онлайн контроля и АСУ ТП. Данный комплект оборудования является весьма типичным для современных проектов биологической очистки такого масштаба, как при реконструкции, так и при новом строительстве.

Для достижения требуемой глубины удаления фосфора было предусмотрено осаждение реагентами (на практике используется – полиалюминийхлорид РАХ-18) с добавлением их в поступающую сточную воду. Данное решение следует оценить как не слишком удачное. Данная точка добавления реагента, согласно литературным данным, требует максимального расхода реагента. Кроме того, связывание фосфатов перед анаэробной емкостью очевидным образом уменьшает возможности для развития ФАО в активном иле и, тем самым, снижает потенциал биологического удаления фосфора.

КОМПОНОВКА РЕКОНСТРУИРОВАННЫХ АЭРОТЕНКОВ

Как уже упоминалось, при ретехнологизации сооружений перемешиваемые анаэробные зоны размещены в емкостях первичных отстойников, куда заведен рецикл возвратного ила, один коридор трехкоридорных аэротенков оснащен мешалками и представляет собой зону денитрификации, остальные два – зону аэрации (рис. 4).

Использованные решения являются также весьма типичными и наиболее простыми и дешевыми для реконструкции с точки зрения выполнения строительных работ. Они имеют как свои технологические достоинства (оптимальные условия для денитрификации в отдельной зоне с регулируемым рециклом), так и недостатки по сравнению с также распространенным решением устройством «карусели», в которой нитратный рецикл и перемешивание зоны денитрификации осуществляются путем кольцевого движения потока, создаваемого малым количеством мешалок. Преимуществами такого альтернативного решения является существенно меньшее количество мешалок и отсутствие необходимости использования насосов внутреннего рецикла.



Рис. 4. Компонетка реконструированных аэротенков

АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

В табл. 2 приведены основные проектные технологические параметры реконструированных сооружений.

Фактические данные по притокам сточных вод приведены в табл. 3.

Таким образом, как видно из табл. 3, ситуация с гидравлической нагрузкой на сооружения не претерпела существенных изменений относительно периода разработки проекта, что ставит сооружения в весьма комфортные для эксплуатации условия. На практике служба эксплуатации в летний период выводит один аэротенк из работы, и вся очистка производится в одном оставшемся.

Проанализировав характеристики реконструированных ОКОС по расходу и параметрам сооружений, нельзя не прийти к выводу, что задание на проектирование содержало весьма типичную ошибку: значительное завышение проектного притока на сооружения, до 4 раз – по соотношению максимального

и среднего расхода, и до 8 раз – по соотношению максимального и минимального расходов. Это нельзя считать нормальными условиями для проектирования и эксплуатации сооружений. Даже если подобные «прогнозы по развитию» чем-то обоснованы, то, к моменту их реализации построенный запас сооружений уже будет наполовину изношен. И все эти годы они будут висеть мертвым грузом на смете затрат водоканала.

К чести для проектировщиков-технологов, они разумно восприняли требования ТЗ и при реконструкции ограничились объемом существующих аэротенков (а на практике были реконструированы всего 2 из 3-х) и вторичных отстойников. Если бы требования ТЗ были восприняты буквально, то рядом с существующими сооружениями, которые были подвергнуты реконструкции, пришлось бы строить еще новый блок.

Проект реконструкции был успешно реализован в 2013-2014 гг., в первой половине 2015 г. были проведены технологические пуско-наладочные работы.

Таблица 2.

ПРОЕКТНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕКОНСТРУИРОВАННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Параметр	Ед. изм.	Значение	Комментарий
Приток сточных вод			
Фактический приток перед разработкой проекта	м³/сут	13000	
Расчетный среднесуточный	м³/сут	17000	
Среднечасовой	м³/ч	708	
Расчетный максимальный суточный (на перспективу)	м³/сут	35 000	
Расчетный максимальный часовой	м³/ч	2 500	В результате заданных ТЗ высоких значений притоков на перспективу расчетный часовой приток выше среднего почти в 4 раза, что нельзя считать нормальным
Параметры технологических сооружений			
«Бассейны перемешивания» (анаэробная зона)	м³	4 200	
Среднее время пребывания в анаэробной зоне	ч	6,0	Очень высокое значение
Объем аэротенков имевшихся реконструированных	м³	14250 9500	
Время пребывания (в 2-х аэротенках): при среднем проектном притоке при среднем фактическом (см. ниже) притоке	ч	16 19	Большое время при проектном притоке, избыточное (в летний период) – при фактическом
Общая площадь вторичных отстойников	м²	1350	
Нагрузка на поверхность вторичного отстойника: при среднем притоке, при расчетном максимальном притоке	м³/м²·ч	0,52 1,85	Весьма комфортная нагрузка при среднем притоке и очень высокая – при максимальном

Таблица 3.

**ФАКТИЧЕСКИЙ ПРИТОК СТОЧНЫХ ВОД
НА ОКОС В 2015–2016 гг.**

Параметры расхода сточных вод	Ед. изм.	2015 год	2016 год
Максимальный суточный расход	м³/сут	16829	22726
Средний за год максимальный расход за каждый из месяцев	м³/сут	13550	14670
Среднесуточный расход	м³/сут	10190	12050

Служба эксплуатации «ОКОС» и технологическая проектная организация «МАЙ ПРОЕКТ» по запросу журнала «НДТ» любезно предоставили детальную информацию о работе сооружений, что создало возможность для анализа результатов эксплуатации одного из важнейших референц-объектов ИТС 10-2015. Надо отметить, что возмож-

ность обработки столь значительного массива данных (более 200 анализов за 2 года), вызывающих доверие, выпадает не часто.

Динамика загрязненности сточных вод за 2015–2016 гг. приведена на рис. 5, среднегодовые и максимальные значения – в табл. 4. Также важно отметить, что сточные воды, поступающие на ОКОС, характеризуются весьма низкой температурой. Наиболее холодная температура зимой может опускаться до 7–8 °С, а максимальная температура летом не превышает 20 °С.

Таким образом, по классификации ИТС10-2015 (табл. 1.15) сточные воды, принимаемые на ОКОС, следует охарактеризовать как среднеконцентрированные. Важные для процесса очистки соотношения ХПК/БПК₅ и аммонийный азот/БПК₅ находятся в норме. Соотношения основных загрязняющих веществ близки к данным табл. 19 Свода правил.

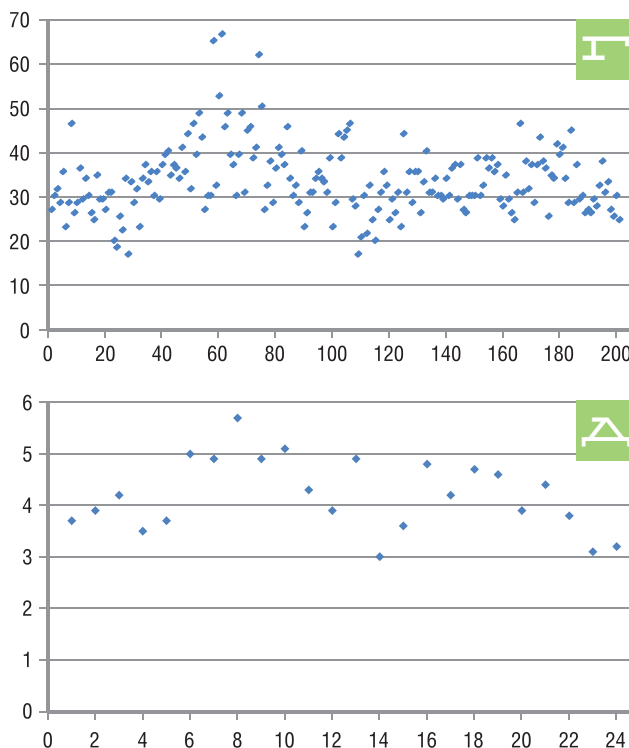
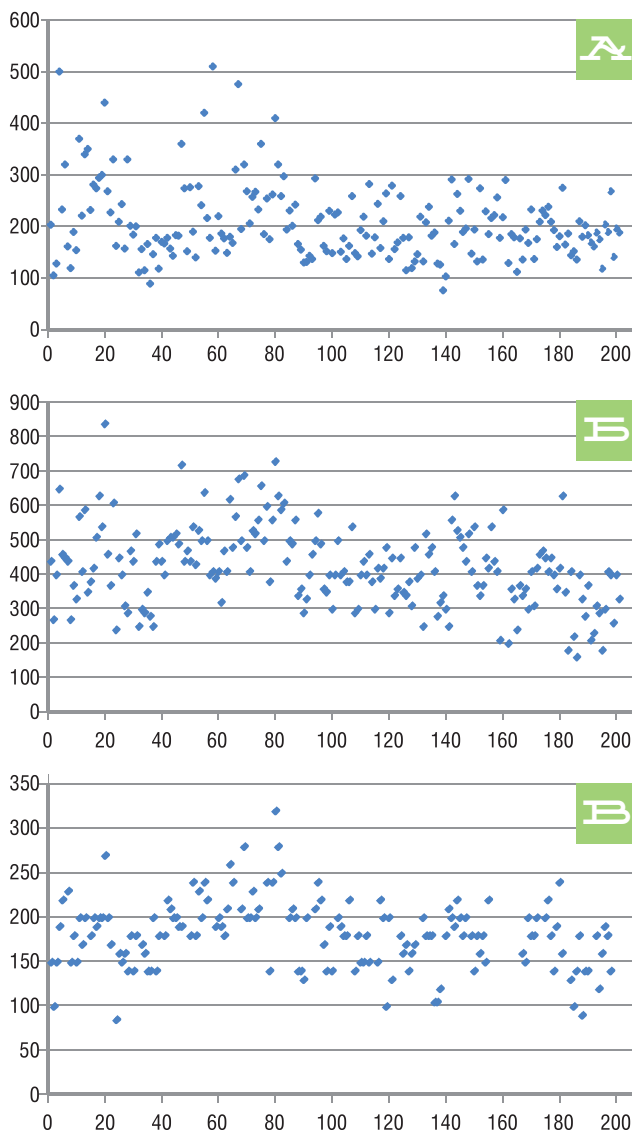


Рис. 5.
Динамика концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих на ОКОС, в 2015–2106 гг., мг/л (по оси абсцисс – порядковые номера проанализированных проб (кроме рис. д).
а) Динамика взвешенных веществ
б) Динамика ХПК
в) Динамика БПК₅
г) Динамика аммонийного азота
д) Динамика концентраций фосфора фосфатов по среднемесячным значениям

Проиллюстрированная на рис. 5 динамика поступления загрязнений позволяет оценить диапазон разброса значений. Видно, что показатели сточных вод (мг/л) равномерно распределены в широком диапазоне:

- взвешенные вещества:
130–300 (при среднем 207);
- ХПК: 280–540 (при среднем 428);
- БПК₅: 140–230 (при среднем 182);
- аммонийный азот:
25–40 (при среднем 34).

Динамика качества очищенных сточных вод за 2015–2016 гг. приведена на рис. 6, средние и максимальные значения – в табл. 5.

Детальные данные, показанные на рис. 6, позволяют обратить внимание на следующее:

- работа сооружений в целом весьма стабильна;
- вынос взвешенных веществ почти равномерно распределен по весьма широкому диапазону от 3 (!) до 12 мг/л. Следует отметить, что даже верхнее значение этого диапазона является весьма невысоким. Всего 8 проб дали результат выше 15 мг/л.

Таблица 4.

СРЕДНИЕ И МАКСИМАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОСТУПАЮЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Показатель	Ед. измер.	2015 г.		2016 г.		Среднее за 2 года	Соотношение с аммонийным азотом	
		средне-годовые	макси-мальные	средне-годовые	макси-мальные		на ОКОС	по СП, табл. 19 [4]
Взвешенные вещества	мг/л	226	510	188	292	207	6,1	6,5
ХПК	мг/л	463	840	392	640	428		
БПК ₅	мг/л	192	320	170	240	182	5,4	5,7
Соотношение ХПК/БПК ₅	–	2,4	–	2,3	–	2,35	–	–
Азот аммонийный	мг/л	35	67	32,5	47	34	1	1
Соотношение аммонийный азот/БПК ₅	–	0,18	–	0,19	–	0,185	–	–
Фосфор фосфатов	мг/л	4,4	5,7*	4,0	4,9*	4,2	0,12	0,14

* среднемесячные значения

Такая работа вторичных отстойников существенно лучше европейской практики и нормативов;

- БПК₅ в основном равномерно распределено в диапазоне 3–7 мг/л, что также является очень хорошим результатом, что не удивительно при достигаемой весьма глубокой нитрификации;

- ХПК (не нормируется в ХЕЛКОМ и проектом) распределена в диапазоне 25–50 мг/л, при этом около 7% проб дали более высокое значение – до 75 мг/л;

- по аммонийному азоту: были два серьезных, но относительно непродолжительных срыва глубокой нитрификации в 2015 г., оба – в период пуско-наладочных работ, и хорошо объяснимые. Один из них вызван низкой температурой сточных вод, второй – весенним паводком (первая половина апреля). В остальные периоды качество очистки демонстрировало очень высокую стабильность: вне периодов срывов насчитывается всего около 10 проб, в которых концентрация была выше 0,5. Это полностью подтверждает проектные расчеты;

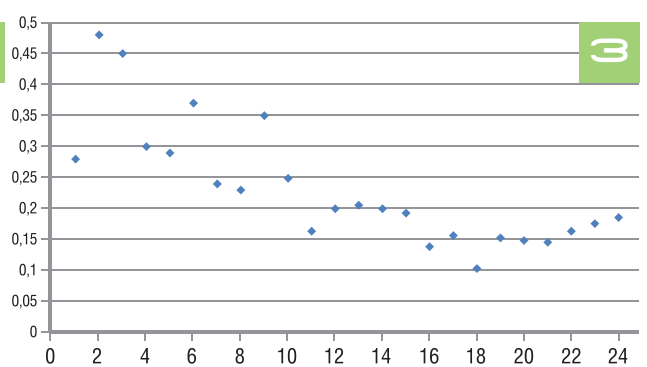
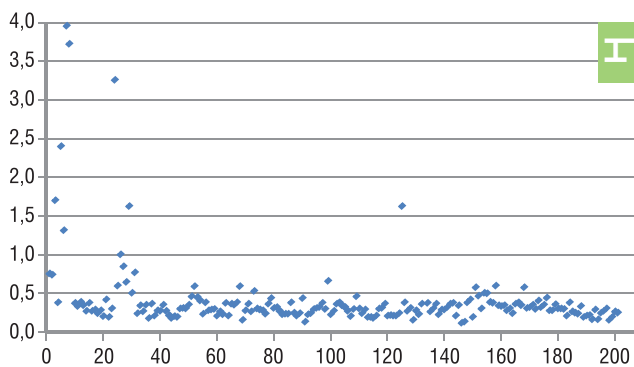
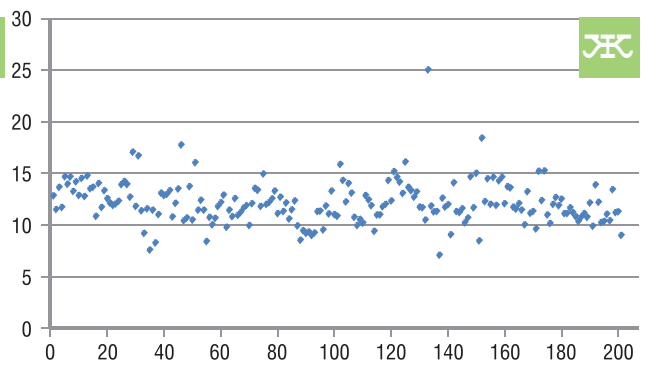
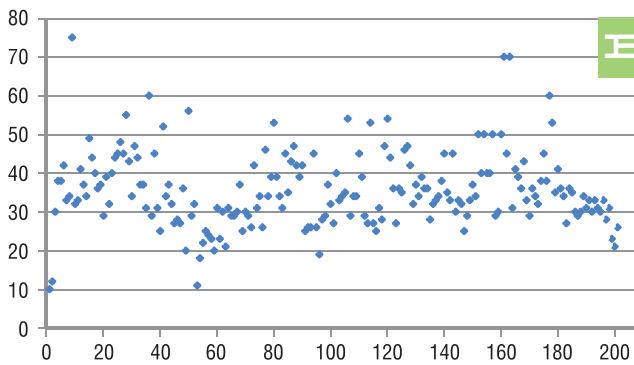
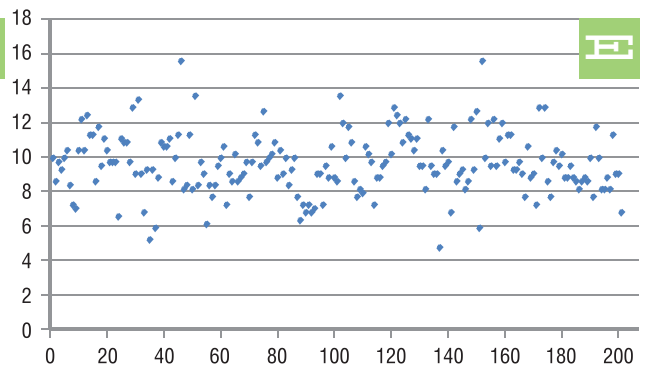
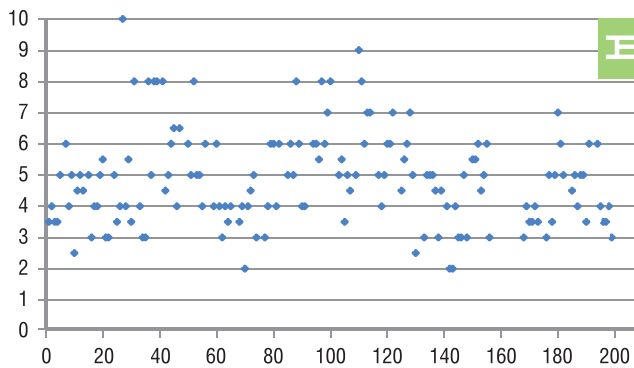
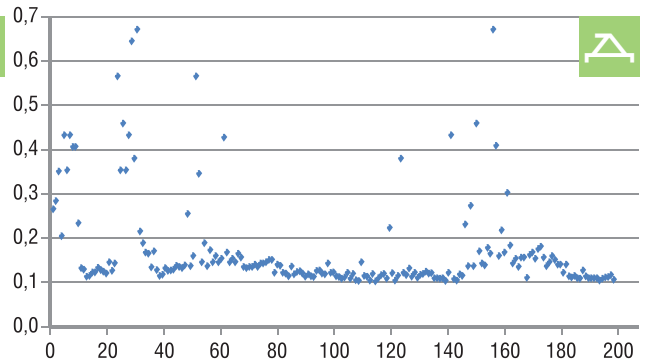
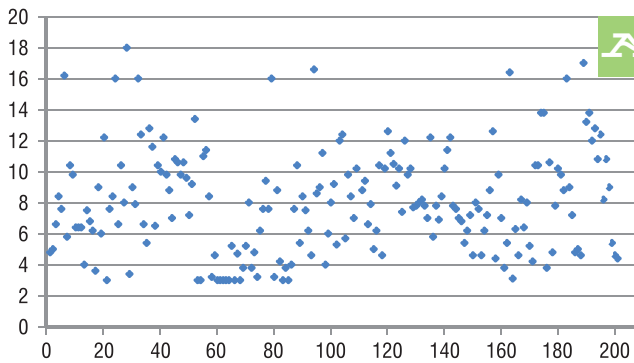
Таблица 5.

СРЕДНИЕ И МАКСИМАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД, МГ/Л

Показатель	2015 г.		2016 г.		Среднее за 2 года	Нормативные значения		
	среднегод.	максим.	среднегод.	максим.		по ТЗ	по проекту	по ИТС 10-2015
Взвешенные вещества	8	18	9	17	8	15	10–15	10
ХПК	34	75	37		36	70		
БПК ₅	5	10	5	9	5	10	7–10	8
Азот аммонийный	0,55/ 0,41*	4,9	0,32	1,63	0,49		0,1–0,5	1
Азот нитритов	0,12	0,67	0,07	0,43	0,1			0,1
Азот нитратов	9,4	15,6	9,8	13,6	9,6		7–11	9
Общий азот (рассчитано)	12,1	17,9	12,0	18,5	12,2	15	9,4–15	–
Фосфор фосфатов	0,3		0,16		0,23		0,5*	
Общий фосфор							0,5	

* за вычетом 5 максимальных значений, полученных во время срыва нитрификации в течение двух зимних недель 2015 г.

ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ



- по азоту нитритов около 80 % проб находились ниже 0,1 мг/л, остальные располагались в основном до 0,45 мг/л. Около половины рассматриваемого 2-летнего периода концентрация нитритов держалась стабильно низкой, на уровне 0,02–0,06 мг/л, в остальной части диапазона были вышеуказанные разбросы. Важно отметить, что эти периоды не имеют четкого климатического основания: один из них пришелся на зиму, второй – на лето. В проекте данные по ожидаемому азоту нитритов отсутствуют;

- по азоту нитратов – данные весьма равномерно расположены в диапазоне 7–13 мг/л, что весьма близко к проектным расчетам. Однако глубина денитрификации была несколько ниже ожидаемой. Это не удивительно, на многих объектах в России достижение глубокой денитрификации представляет наиболее сложную из всех задач процесса удаления азота и фосфора, в связи с весьма высоким соотношением азота к БПК;

- несмотря на несколько менее глубокую денитрификацию, удаление общего азота очень стабильно, его содержание в очищенной воде колеблется в диапазоне 10–15 мг/л и полностью соответствует ТЗ. Из более, чем 200 проб за 2 года всего 5 проб значительно выше требуемой величины 15 мг/л;

- удаление фосфора фосфатов за весь период 2015–16 гг. следует оценить как глубокое, а в 2016 г. – как очень глубокое.

Рис. 6.

Динамика концентраций загрязняющих веществ в очищенной воде, 2015–2106 гг., мг/л. По оси абсцисс – порядковые номера проанализированных проб (кроме рис. 3)

а) Динамика взвешенных веществ

б) Динамика БПК5

в) Динамика ХПК

г) Динамика аммонийного азота

д) Динамика азота нитритов

е) Динамика азота нитратов

ж) Динамика общего азота (расчетная величина)

з) Динамика концентраций фосфора фосфатов по среднемесячным значениям

Служба эксплуатации поддерживает в аэротенках весьма высокую дозу ила – в диапазоне 4–5 г/л. По расчетам автора, значение аэробного возраста ила летом составляет около 5,5 суток, зимой – вдвое больше. Для возможности регулирования процесса удаления азота (в том числе и аэробного возраста) в части аноксидного коридора аэротенка установили дополнительную опциональную систему аэрации, которая может включаться или выключаться.

Важно отметить, что столь низкие температуры зимой (до 7–8 °С) неизбежно оказывают влияние на эффективность работы сооружений, что и видно на рис. 5 на графике с динамикой аммонийного азота на выходе. Это следует учитывать при нормировании качества очищенных сточных вод.

Для удаления фосфора большую часть рассматриваемого периода использовались реагенты. По инициативе службы эксплуатации, с учетом недостатков проектной схемы, точка дозирования реагента с апреля 2016 г. была перенесена после вторичных отстойников. В условиях отсутствия в технологической схеме фильтров доочистки это стало возможным благодаря наличию на станции емкостей контактных резервуаров. В рамках этого усовершенствования они выполняли функцию третичных отстойников. В результате было устранено негативное влияние реагентов, препятствовавших развитию ФАО в иле, и, уже начиная с июня, в течение 5-ти относительно теплых месяцев удаление фосфора достигалось полностью биологическим методом. С декабря 2016 г. перешли на использование реагента в новой точке внесения. В целях минимизации рисков выноса взвешенных веществ после контактных резервуаров точку дозирования реагентов переместили перед вторичными отстойниками.

В 2015 г., по расчетам, доля биоудаления фосфора за счет ФАО была весьма невелика и не превышала 10 % (кроме того, около 40 % удаляется за счет прироста ила). В период отказа от применения реагента доля ФАО в удалении фосфора возросла до 60 %.

Таким образом, несмотря на результативность удаления фосфора за весь период работы станции, эту часть технологии очистки сточных вод нельзя назвать отработанной и по ней пока нельзя делать каких-то окончательных выводов (кроме вывода о нежелательности использования точки ввода реагентов на стадии предварительной механической очистки и без применения первичных отстойников).

Согласно ИТС 10-2015³, для ОС такого масштаба (категория «большие») количественные требования по расходованию электроэнергии и реагентов не применяются. Они действуют, начиная со следующей категории ОС – «крупных» (свыше 40 тыс. м³/сут поступающих сточных вод).

Однако представляет интерес сопоставить результаты работы ОКОС и требований НДТ-14 по ресурсоэффективности (согласно ИТС- 10-2015), т.к. в части удаления фосфора масштаб сооружений менее значим для количественных результатов, чем в области энергопотребления.

Согласно ИТС 10-2015 (табл. 5.21), удельные затраты реагентов на удаление фосфора из сточных вод не должны превышать 0,7 кг алюминия на кг удаленного фосфора. В 2015 г. на ОКОС эти затраты по расчету составляли около 0,9 кг/кг, т.е. не соответствовали НДТ. Оценочно можно сказать, что данный технологический показатель НДТ требует, чтобы как минимум 25 % фосфора на ОС, начиная с 40 тыс. м³/сут, удалялись благодаря ФАО, а реагентами осаждалось не более 1/3 от всего удаления фосфора (включая удаление на прирост).

Однако, уже в 2016 г, благодаря тому, что 5 месяцев реагент не применялся, удельные затраты не превысили установленные 0,7 кг/кг, т.е. соответствовали по году ТП НДТ-14 ИТС 10-2015.

Таким образом, проведенный технологический аудит ОКОС позволяет сделать следующие выводы:

- нормативы ХЕЛКОМ выполняются полностью,

- примененная технология и ее результаты соответствуют НДТ,

- проектные значения (ожидаемое качество) в целом подтвердились. Однако следует отметить, что по взвешенным веществам и БПК₅ результат оказался лучше ожидаемый, а по аммонийному азоту и нитратам – на верхнем их пределе;

- объект полностью соответствует технологическим показателям НДТ по ИТС 10-2015. Однако следует обратить внимание на то, что содержание азота нитритов и нитратов сейчас количественно равно ТП. Трактуя это обстоятельство применительно к ОКОС, следует отметить, что для указанных сооружений данные параметры не являются нормируемыми по техническому заданию. Данный вывод, преимущественно, имеет значение для оценки работы не столько работы данной станции, сколько технологии как таковой. При получении подобных данных по другим объектам возникнет необходимость поставить вопрос о повышении значений ТП НДТ в ИТС 10-2015 по данным показателям, как не обеспечиваемых на референц-объектах.

В целом станция ОКОС (с учетом некоторых отличий по условиям ее работы, прежде всего, более высокого влияния поверхностного стока) служит прекрасным референц-объектом, причем не только в части демонстрации достижения технологических показателей очистки сточных вод. Как известно, ИТС 10-2015 содержит формулировки НДТ, посвященные различным аспектам работы очистных сооружений городских сточных вод (ОС ГСВ).

С учетом назначения ОКОС и ее масштаба для этого объекта должны выполняться, согласно ИТС 10-2015 [1], следующие НДТ:

- НДТ 1 – в части планирования инвестиций и выдачи заданий на проектирование, на модернизацию и развитие существующих ОС ГСВ является определением

³ См. таблицу 5.20 – Перечень методов для НДТ 14. На ОС ГСВ, начиная с крупных, применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих удалять фосфор из сточных вод преимущественно за счет биологических процессов, обеспечивающих расход реагентов, при условии выполнения технологических нормативов, не более установленных в таблице 5.21.

перспективных расходов на основании фактических данных по динамике удельного водоотведения и численности населения поселения. С оговоркой: это не было учтено при выдаче задания, но де факто учтено технологическим проектировщиком, что позволило не осуществлять ненужных капиталовложений;

- НДТ 3 – в части контроля поступающих на очистные сооружения сточных вод и сброса очищенных сточных вод;

- НДТ 4 – в части применения надлежащих технологий очистки ГСВ;

- НДТ 7 – в части применения надлежащих технологий биологической очистки на объектах ОС ГСВ, начиная с больших;

- НДТ 10 – в части сокращения массы образующегося на ОС осадка;

- НДТ 12 – в части недопущения значительной рециркуляции загрязняющих веществ в возвратных потоках от сооружений обработки осадка на сооружения биологической очистки;

- НДТ 13 – в части управления процессом и качеством очистки.

Как показал проведенный анализ, все эти НДТ на ОКОС применены надлежащим образом и обеспечивают необходимый экологический эффект.

Проведенный технологический аудит позволяет сделать вывод, что ОКОС полностью обеспечивает все количественные технологические показатели НДТ, а также все требования в части эксплуатационных практик. Комплексное экологическое разрешение данные очистные сооружения должны получить без плана мероприятий, как объект, перешедший на НДТ. Для такого объекта, согласно Федерального закона от 21.07.2014 № 219-ФЗ, должен применяться коэффициент к плате за негативное воздействие на окружающую среду, равный нулю.

Автор выражает благодарность коллегам из АО «МАЙ ПРОЕКТ» и ОАО «ОКОС» за предоставленные материалы и плодотворное взаимодействие в ходе выполнения технологического аудита и написания статьи. ●

ЛИТЕРАТУРА

- 1. 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).
- 2. Данилович Д.А. Опыт эксплуатации и оценка эффективности современной системы подачи и диспергирования воздуха в аэротенках. «НДТ». 2017. № 2.**
- 3. Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря 1992 года. Введена в действие постановлением Правительства Российской Федерации от 15 октября 1998 г. № 1202 «Об одобрении Конвенции по защите морской среды района Балтийского моря 1992 года» (с изменениями на 22 апреля 2009 г.).**
- 4. Свод правил СП 32.13330–2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения».**

Автоматизация: как сделать очистные сооружения, которые не могут работать неправильно

ИВЕА обновление
ВОДЫ

А.Д. Войтенко,
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР ООО «ИВЕА»

**ЗАКОН «НЕОБХОДИМОГО
РАЗНООБРАЗИЯ» — СЛОЖНОСТЬ
УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДОЛЖНА
СООТВЕТСТВОВАТЬ УРОВНЮ
СЛОЖНОСТИ УПРАВЛЯЕМОЙ СИСТЕМЫ.**

Уильям Росс Эшби, 1956 г.

**СИСТЕМА ДОЛЖНА ОБЛАДАТЬ
ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕАГИРОВАТЬ
В ОТВЕТ НА ВОЗМОЖНОЕ
ВОЗМУЩЕНИЕ; РАЗНООБРАЗИЕ
ВОЗМУЩЕНИЙ ТРЕБУЕТ
СООТВЕТСТВУЮЩЕГО ЕМУ
РАЗНООБРАЗИЯ ВОЗМОЖНЫХ
РЕАКЦИЙ. В ПРОТИВНОМ СЛУЧАЕ
ТАКАЯ СИСТЕМА НЕ СМОЖЕТ
ОТВЕЧАТЬ ЗАДАЧАМ УПРАВЛЕНИЯ,
ВЫДВИГАЕМЫМ ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ,
И БУДЕТ МАЛОЭФФЕКТИВНОЙ.**

Решения по автоматизации малых очистных сооружений продиктованы необходимостью оптимизировать их обслуживание путем исключения постоянного присутствия обслуживающего персонала и сохранения эффективности управления на прежнем уровне.

Одна из утопических идей – полностью автоматизированный процесс, не требующий участия обслуживающего персонала – пока так и не нашла своей реализации, по крайней мере, в области очистных сооружений. Это объясняется противоречием, которое заключено в способе реализации этой задачи – стремлением заменить всю сложность, которую включает в себя человек (обслуживающий персонал), более простым решением – автоматизированной системой управления. Системы, нарушающие закон «необходимого разнообразия» У.Р. Эшби, не могут работать стабильно. В таких системах возможны состояния, когда оборудование будет работать неправильно или аварийно.

Современный уровень электронной элементной базы и языков программирования открывает возможности для реализации на действующих объектах контуров обратной связи и соблюдения закона «необходимого разнообразия» с целью создания систем, которые не могут работать неправильно. В этих системах отсутствуют аварийные ситуации в классическом понимании этого слова.

Компания ИВЕА специализируется на создании таких систем для категории очистных сооружений по производительности от 100 до 10 000 м³/сут., относимых, согласно классификации ИТС 10-2015 [1], к малым, небольшим и средним.

В этой области очень остро стоит вопрос повышения производительности труда обслуживающего персонала и повышения качества очищенных сточных вод. На эксплуатацию очистных сооружений такого масштаба обычно выделяются небольшие суммы денежных средств, а производительность труда и уровень квалификации персонала находится на очень низком уровне.

Производительность труда – интегральный показатель уровня развития компании, учитывающий одновременно качество оказываемых услуг, их стоимость и скорость выполнения.

Применительно к очистным сооружениям укрупненно можно соотнести:

- качество оказываемых услуг – с качеством очищенной воды;
- стоимость – с количеством обслуживающего персонала;
- скорость выполнения – с количеством объектов, обслуживаемых одной бригадой.

Отсюда следует, что для повышения производительности труда персонал должен обслужить дополнительное количество очистных сооружений, при этом эффективность работы сооружений должна быть улучшена. Это возможно за счет автоматизации очистных сооружений по новым принципам, которые мы детально рассмотрим в статье.

Следует отметить, что стабильная работа очистных сооружений биологической очистки зависит от многих факторов и должна рассматриваться в динамике, т.е. непрерывно. Ошибки в управлении очистной установкой могут повлечь за собой нарушение работы сооружений на длительный период. Например, нормативная продолжительность пуско-наладочных работ составляет 3 календарных месяца.

Сложность биологической очистки и сооружений, работающих по технологии биологической очистки, очень высока, поскольку основным действующим агентом в ней является живое вещество – активный ил – основной агент, очищающий сточную воду. По сравнению с другими очистными системами (дождевого стока, природной воды), где применяются физические методы очист-

ки (отстаивание, фильтрация, коагуляция, обеззараживания), биологическая очистка значительно сложнее, особенно с точки зрения ее автоматизации.

Процесс очистки и качество очищенной воды являются, по факту, результатом жизнедеятельности активного ила. В связи с этим устройство очистных сооружений, прежде всего, необходимо оценивать по их способности к поддержанию активного ила в проектом состоянии, если это обеспечивается, то очищенная вода будет по умолчанию.

Создание необходимых условий для жизнедеятельности активного ила – это основная задача всего технологического оборудования очистных сооружений биологической очистки.

Какое оборудование, и какие сооружения обеспечивают здоровый рост и жизнедеятельность активного ила?

• **Биореакторы**, где активный ил находится длительное время в контакте со сточными водами, аэрируется или перемешивается в зависимости от реализуемого процесса – нитри- или денитрификации.

• **Сооружения по илоразделению** (отстойники, флотаторы, мембраны). Определяют возможное количество ила, удерживаемого в системе путем разделения ила и очищенной воды.

• **Насосное, воздуходувное и др. электрооборудование** влияет на создание нормальных (проектных) физических и других условий жизнедеятельности активного ила.

Биореакторы могут решать различные задачи: от классической биологической очистки с удалением органических веществ до одновременного глубокого удаления азота и фосфора (биогенных элементов). Несколько десятилетий технологии биологической очистки совершенствовались как процесс, осуществляемый в непрерывно нагружаемых проточных сооружениях – аэротенках и отстойниках. Однако, по мере усложнения технологий, с переходом к удалению азота и фосфора, увеличивалось количество технологических зон в биореакторах, обеспечивающих необходимые для ила условия, а также количество необходимых рециклов

внутри биореактора. Основной проблемой этого пути развития является усложнение управления процессом: при изменении как качества поступающей сточной воды, так и иных факторов (например, температуры) в течение сезонов года, требуется изменение соотношения объемов технологических зон, что далеко не всегда можно обеспечить.

Наряду с изменяющимися в течение каждого года условиями работы объектов, в рассматриваемом сегменте очистных сооружений (от 100 до 10000 м³/сут.) наблюдается общий тренд по длительному наращиванию объемов сбрасываемых сточных вод до проектных значений. Можно констатировать, что обычно ситуация с притоком сточных вод на очистные сооружения не соответствует проектным значениям, особенно на начальном этапе запуска и пуско-наладочных работ. В результате запуск и пуско-наладочные работы очистных сооружений в большинстве случаев осуществляются при загрузке по сточной воде, составляющей 10–25 % проектного значения.

Таким образом, на практике наблюдается чрезвычайно большой разброс значений по нагрузке на очистные сооружения (как гидравлической, так и по загрязняющим веществам) за весь период жизненного цикла объекта. С целью соблюдения закона «необходимого разнообразия» и эффективного функционирования очистные сооружения должны обладать таким же диапазоном возможных состояний.

Однако в классической концепции биологической очистки основное ограничение спектра возможных состояний обусловлено фиксированным объемом сооружений и их отдельных технологических зон. Если последние можно в той или иной степени регулировать путем переключений (как правило, в ручном режиме и не часто), то общее время пребывания воды практически невозможно изменять без использования нескольких технологических линий аэротенки-отстойники. При этом для адаптации к меняющимся условиям по гидравлической нагрузке необходимо изменять количество задействованных линий.

Одной из самых значительных разработок последних десятилетий в области биологической очистки сточных вод являются циклические реакторы¹, в которых все процессы очистки (наполнение, денитрификация, аэрация, отстаивание) осуществляются в одном и том же объеме (точнее, в нескольких таких емкостях). Таким образом, циклические биореакторы (SBR) представляют собой некий универсальный объем, пригодный для проведения любой последовательности автоматизированных операций, позволяя менять в широком диапазоне как обеспечиваемые условия среды, так и последовательность их достижения, а также продолжительность поддержания. Никакие перегородки и места установки оборудования, ограничивающие управление классическими полнопроточными сооружениями, не мешают управлять процессом в SBR.

SBR легко адаптируются в пределах от 10 до 100 % от проектных значений за счет изменения заводских настроек уровней и длительности фаз очистки, без вмешательства в трубопроводную обвязку, конструкцию резервуаров и замену электрооборудования.

На рис. 1 показаны две схемы сооружений биологической очистки: классическая схема «аэротенк-отстойник» для нитри-денитрификации (а) и схема SBR (б).

**НА ПРАКТИКЕ НАБЛЮДАЕТСЯ
ЧРЕЗВЫЧАЙНО БОЛЬШОЙ
РАЗБРОС ЗНАЧЕНИЙ ПО НАГРУЗКЕ
НА ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
(КАК ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ, ТАК
И ПО ЗАГРЯЗНЯЮЩИМ ВЕЩЕСТВАМ)
ЗА ВСЬ ПЕРИОД ЖИЗНЕННОГО
ЦИКЛА ОБЪЕКТА.**

¹ От англ. *Sequence Batch Reactor* – реактор периодического (циклического) действия.

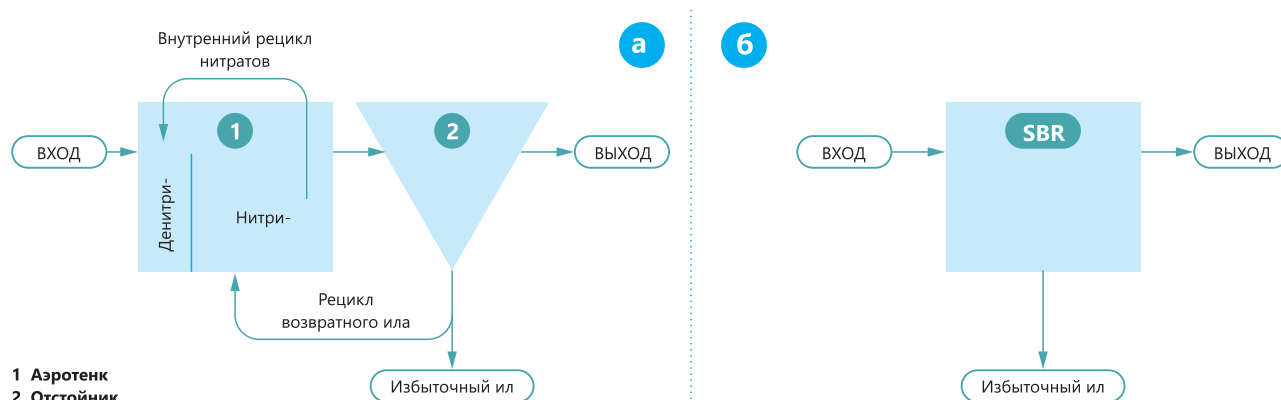


Рис. 1. Схемы сооружений биологической очистки: а) классическая схема «АЭРОТЕНК-ОТСТОЙНИК»; б) схема SBR (подача реагента для осаждения фосфора не показана)

В контексте автоматизации нас интересует уровень сложности этих систем и степень разнообразия возможных состояний с точки зрения адаптивности к изменяющимся условиям среды.

Как уже говорилось, по своей адаптивности SBR значительно превосходит систему «аэротенк-отстойник», предоставляя возможности для достаточного разнообразия управляющих воздействий.

По сложности автоматизации, если сравнивать две системы «аэротенк-отстойник» и SBR-реакторы, последние значительно экономичнее автоматизировать, т.к. требуется значительно меньшее количество контрольно-измерительной аппаратуры, все процессы реализуются в одном сооружении, отсутствуют внутренний и внешний рециклы активного ила. В результате, понятия технология очистки в SBR и система автоматизации SBR практически тождественны.

Компания ИБЕА разработала и внедрила на объектах производственного назначения и селитебных территориях биологические реакторы периодического действия серии КОС-РПБ (сертификат соответствия № РОСС RU.АГ19.Н01076, Декларация о соответствии ТСНРУД-RU.AY14.B.24140) и запатентовала технологию интеллектуального управления очистными сооружениями биологической очистки (патент № 170437 «Реактор периодического действия с интеллектуальной системой управления FuzzyLogic).

На примерах реализованных биологических реакторов в составе очистных сооружений биологической очистки различной производительности (см. табл. 1), а также вспомогательных объектов этих сооружений, мы покажем эффект применения в автоматизированном управлении контуров обратной связи и управляемых решений, которые по своей сложности соразмерны со сложностью управляемого ими оборудования.

Таблица 1. Объекты (ОС на основе SBR), на которых реализованы новые принципы управления

Место расположения	Тип сточных вод	Производительность проектная	Приток фактический	Количество реакторов (проект/смонтировано)	Реализованный прием управления
Московская область, Подольский район, Складской комплекс класса А	Хозяйственно-бытовые и близкие по составу производственные	200	35	4/1	1, 2, 3, 4
г. Москва, коттеджный поселок вблизи дер. Первомайское	Хозяйственно-бытовые	150	15	6/2	1, 2, 3, 4, 5

ПРИМЕР 1.

СИСТЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАЛПОВЫХ АВАРИЙНЫХ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД, ПРЕВЫШАЮЩИХ ПРОЕКТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

Канализационная насосная станция (КНС) в составе очистных сооружений биологической очистки производительностью 200 м³/сут. обеспечивает подачу сточных вод в усреднитель в автоматическом режиме при помощи двух насосов. Управление насосами осуществляется поплавковыми датчиками уровня, расположенными на фиксированных уровнях внутри корпуса насосной станции. При поступлении сточных вод из канализационной сети корпус насосной станции наполняется, и в зависимости от уровня наполнения срабатывают поплавковые датчики, насосы включаются и откачивают сточную воду в усреднительный резервуар. Далее сточные воды перекачиваются в SBR-реакторы и очищаются.

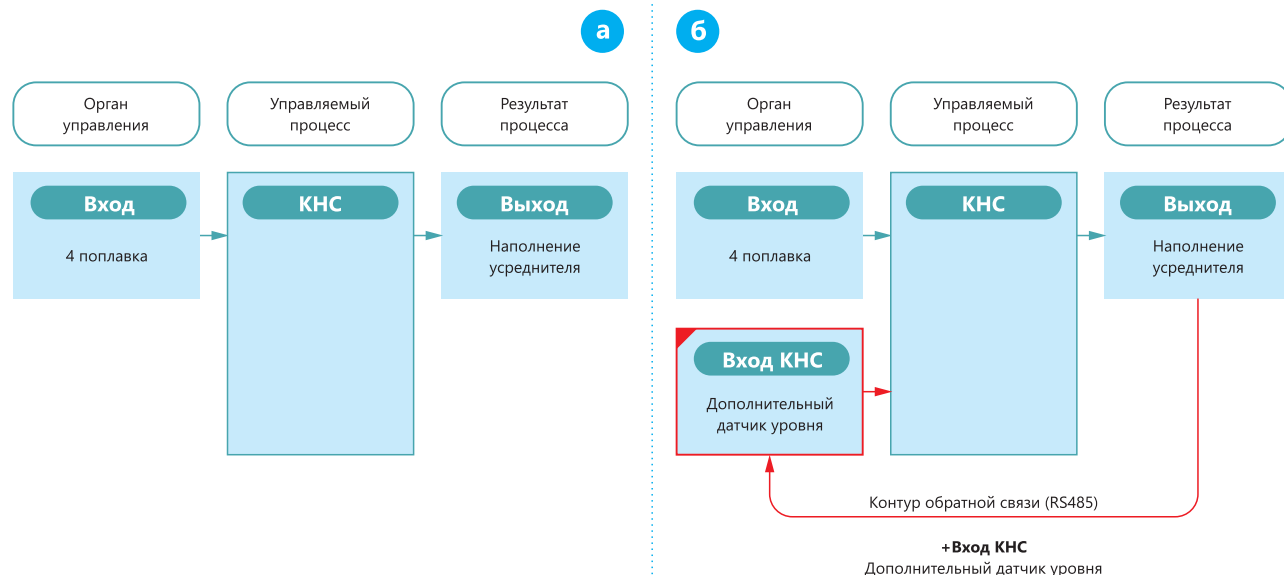
На действующем объекте во время промывки сетей канализации была закрыта задвижка на входе в насосную станцию. Через 8 дней из-за переполнения канализационных сетей была обнаружена закрытая задвижка. В это время в канализационных сетях уже накопилось более 200 м³ сточных вод (в трубопроводах и колодцах на сети). После открытия задвижки возникло переполнение КНС, автоматика сработала и включила два насоса. Усреднительный резервуар начал стремительно заполняться неочищенными сточными водами, однако, поскольку поплавковые датчики продолжали давать сигнал на откачку, его объема было недостаточно, чтобы принять такой объем, возникла угроза переполнения и попадания неочищенных сточных вод в водный объект.

В очистных станциях ИВЕА для автоматизации всего технологического оборудования применяются контуры обратной связи. В данном случае контур обратной связи заключается в блокировке работы КНС по каналу промышленной связи RS485 (рис. 2). Алгоритм блокировки заключается в следующем: управление насосами КНС помимо датчиков, установленных в корпусе КНС, осуществляется с помощью датчика уровня, установленного в усреднительном резервуаре. Датчик усреднительного резервуара расположен на максимально допустимом уровне наполнения. При срабатывании этого датчика дальнейшее наполнение

Рис. 2.

СИСТЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СБРОСОВ:

- А) БЕЗ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ;**
Б) С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ



усреднителя приведет к переливу сточных вод в сбросной коллектор очищенных сточных вод, что уже является чрезвычайной ситуацией. В связи с этим при срабатывании датчика усреднителя насосы КНС блокируются, обслуживающий персонал получает сообщение о данном событии и далее реагирует по утвержденной инструкции. На действующем объекте удалось предотвратить аварийный сброс в водный объект неочищенных сточных вод, т.к. автоматически была заблокирована перекачка сточных вод и переполнение усреднителя, а аварийная бригада после анализа ситуации приняла совместно с эксплуатирующей

организацией решение, в результате которого станция переработала накопившийся объем сточных вод в течение 3-х дней. При этом никаких действий обслуживающего персонала не потребовалось, т.к. при снижении уровня воды в усреднительном резервуаре работа насосов КНС разблокируется автоматически.

Контур обратной связи сигнализирует о достигнутом результате. Без наличия обратной связи между взаимосвязанными и взаимодействующими элементами, частями или системами невозможна организация безаварийной работы оборудования.

ПРИМЕР 2.

Автоматизация процесса декантации воды

Декантер в составе биореактора периодического действия обеспечивает откачку слоя чистой воды после отстаивания активного ила. Принцип действия декантера заключается в заборе воды с подповерхностного слоя биореактора, благодаря чему в очищенную воду не попадают плавающие вещества и не взмучивается осевший слой ила. Откачка воды происходит автомати-

чески после завершения фазы отстаивания и отключается при достижении установленного уровня в биореакторе. На действующем объекте возникла следующая аварийная ситуация: из строя вышел преобразователь давления воды (аналоговый датчик уровня). В фазе откачки чистой воды фактический уровень воды в биореакторе не соответствовал значению, передаваемому в контроллер системы управления. Насосы декантера продолжали работать, даже при уровне воды в реакторе ниже установленного значения.

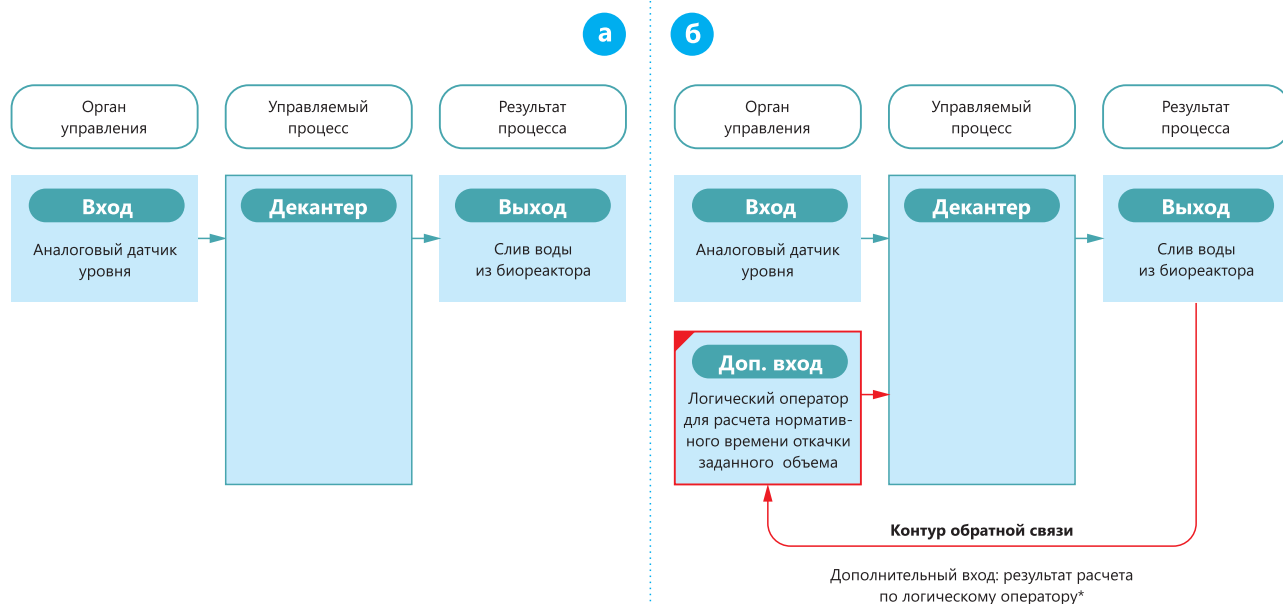


Рис. 3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЕКАНТАЦИЕЙ ВОДЫ:

а) БЕЗ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ; б) С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

* ЛОГИЧЕСКИЙ ОПЕРАТОР РАССЧИТЫВАЕТ ДОПУСТИМОЕ ВРЕМЯ СЛИВА ВОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСТАНОВЛЕННОГО УРОВНЯ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НАСОСОВ

Примененный контур обратной связи заключается в блокировке работы насосов декантера (рис. 3) по встроенному алгоритму, который рассчитывает допустимый временной диапазон, за который насосы декантера должны откачать воду до установленного уровня. В данной ситуации согласно расчету необходимое время составляло 50 минут,

а откачка продолжалась больше 52 минут, т.е. больше расчетного времени, что свидетельствовало о выходе за пределы штатного диапазона работы. В результате сигналов по контуру обратной связи насосы декантера были выключены, и станция перешла в режим ожидания, а обслуживающий персонал был уведомлен об аварийной ситуации.

ПРИМЕР 3. ПОДДЕРЖАНИЕ ПОСТОЯННОГО ВОЗРАСТА ИЛА

Возраст активного ила (отношение массы сухого вещества ила в сооружении к массе выводимого за сутки ила) является его наиболее важным свойством, определяющим качество ила и глубину очистки сточных вод. Возраст ила для данных сооружений определяется их объемом и приростом при удалении

массы поступающих загрязнений. Процесс удаления избыточного ила для поддержания заданной дозы ила легко автоматизируется. Однако поддержание возраста ила с учетом фактического прироста – задача намного более сложная. Кроме того, что прирост ила, формирующий его возраст, определяется гидравлической нагрузкой и концентрацией поступивших загрязнений, он еще зависит от возраста ила (чем выше возраст, тем ниже удельный прирост).

На малых очистных сооружениях резко выражена неравномерность поступления сточных вод, поэтому в периоды минимальных суточных притоков воды необходимо корректировать расход избыточного ила в сторону уменьшения, т.к. прирост активного ила замедляется.

В очистных сооружениях ИВЕА реализована технология автоматического поддержания возраста ила с приме-

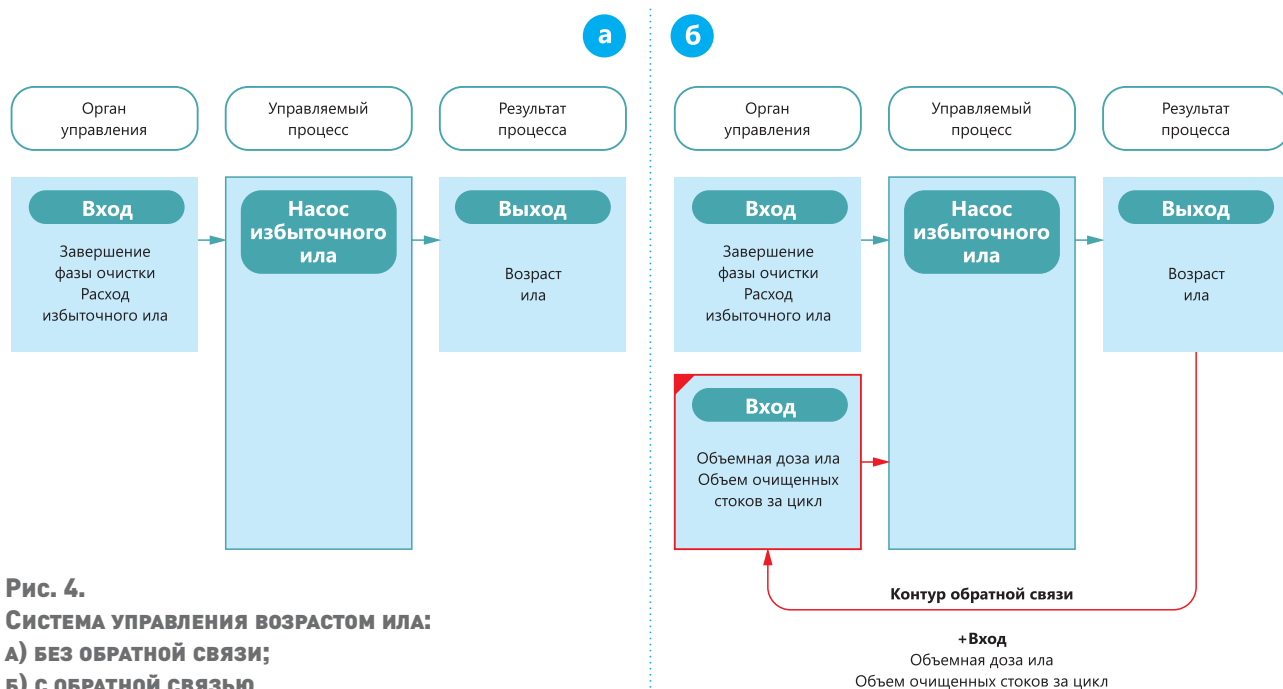


Рис. 4.
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗРАСТОМ ИЛА:
а) БЕЗ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ;
б) С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

нением контура обратной связи по объему поступивших сточных вод и автоматическому определению фактической дозы ила в окислительном сооружении на специальном аналитическом приборе. Данный прибор разработан специалистами компании ИБЕА с целью автоматического определения объемной дозы ила в мерном цилиндре объемом 1 л.

В обычной практике контроля аэротенков в онлайн режиме измеряют массовую концентрацию ила, для чего используют оптические концентратомеры. Однако для точной работы этого типа приборов необходима постоянная борьба с обрастанием стекла, через которое проводится измерение оптической плотности ила. Это существенно увеличивает стоимость таких приборов. В России они не производятся. Также существует проблема их калибровки. Наш опыт показал, что для эксплуатации сооружений обсуждаемого масштаба в качестве управляющего параметра может использоваться не массовая, а объемная доза ила, измерение которой может быть осуществлено и автоматизировано существенно проще.

Объемная доза ила – его объем после 30-ти минутного отстаивания 1 л, традиционно измеряется как одна из величин, необходимых для расчета илового индекса (вместе с массовой концентрацией активного ила). Этот же принцип использован

в работе нашего прибора, который мы называли илометром.

Принцип работы илометра. Объемная доза ила определяется посредством фотометрического метода путем просвечивания активного ила в течение 30-ти минутного отстаивания. При этом осуществляется автоматическая фиксация границы раздела фаз «ил–вода» посредством специальной печатной платы с фоторегистрирующими элементами. Встроенное программное обеспечение обрабатывает посредством математического алгоритма полученные значения и определяет границу раздела фаз. В результате дополнительно рассчитывается скорость осаждения и определяется качество осаждаемости ила по степени прозрачности надиловой воды.

Управляющий контроллер в конце каждого цикла очистки получает информацию об объемной дозе ила в биореакторе, качестве надиловой воды и скорости осаждения. В случае снижения установленного значения дозы ила автоматически уменьшается расход избыточного ила в следующем цикле очистки. В результате на очистных сооружениях происходит самонастройка под изменяющиеся условия внешней среды, в частности под неравномерность притока сточных вод и неравномерность поступления загрязняющих веществ со сточными водами.

ПРИМЕР 4.

АДАПТАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БИОРЕАКТОРА ПОД ФАКТИЧЕСКУЮ ГИДРАВЛИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

Увеличение гидравлической нагрузки на очистных сооружениях до проектных значений, либо сопоставимых с ними, обычно происходит в течение 2–5 лет. Этот процесс характеризуется неравномерностью, которая зависит от множества факторов и определяется конкретными условиями для каждого канализуемого объекта. В целях достижения стабильного качества

очищенной воды производительность очистных сооружений не должна слишком сильно отличаться от фактической среднемесячной гидравлической нагрузки (при условии сохранения качества поступающих сточных вод). Способ и возможность корректировки производительности зависят от конкретной технологии и конструктивной реализации очистных сооружений.

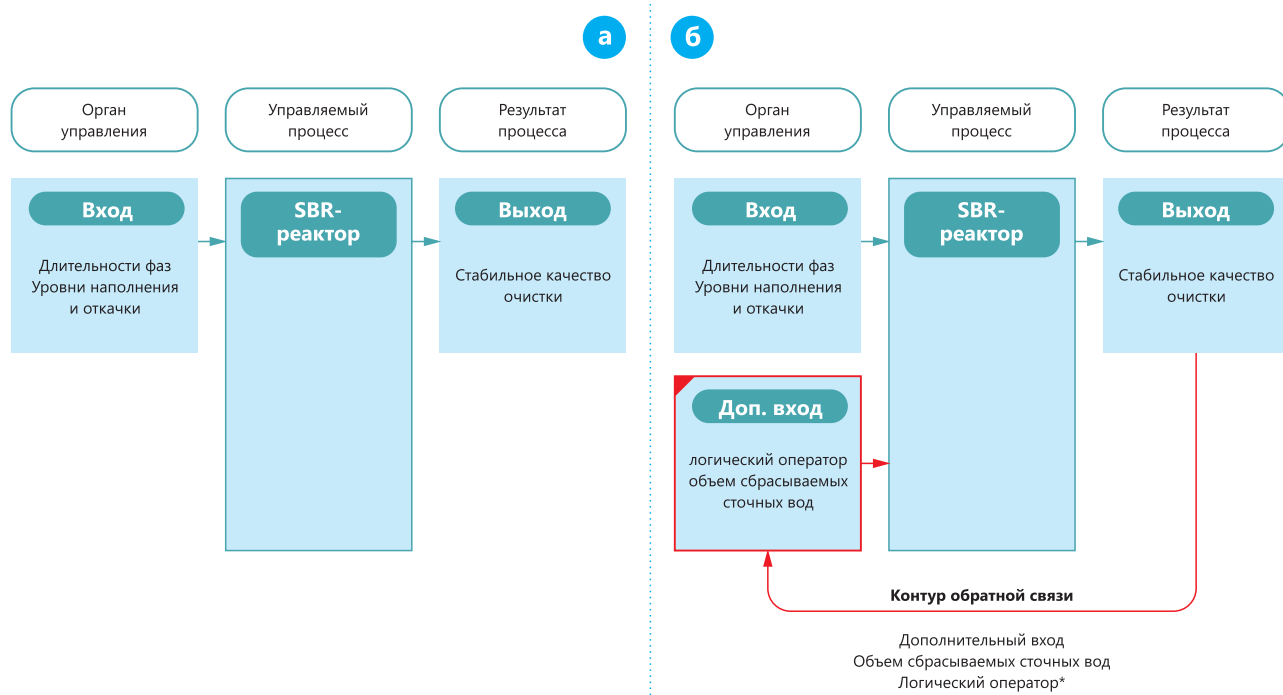


Рис. 5.
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ SBR:
А) БЕЗ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ,
Б) С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ.

*** ЛОГИЧЕСКИЙ ОПЕРАТОР РАССЧИТЫВАЕТ УРОВНИ НАПОЛНЕНИЯ И ОТКАЧКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМА ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

SBR характеризуются гибкими возможностями корректировки производительности в широких пределах. Производительность SBR при постоянной длительности фаз зависит от объема наполнения. В фазе наполнения биореактор принимает сточные воды до момента достижения установленного уровня. А фаза откачки чистой воды ограничивается уровнем откачки. Изменяя уровни наполнения и откачки, можно легко снизить производительность биореактора при сохранении всех остальных проектных значений процесса очистки.

В нормальном режиме автоматизации биореакторы работают при фиксированных значениях производительности. Однако при изменении гидравлической нагрузки классическая система автоматизации не способна изменить

ранее установленные параметры. Компанией ИБЕА в SBR реализован контур обратной связи, который анализирует фактическую гидравлическую нагрузку по прибору учета объема очищенных сточных вод и рассчитывает необходимые уровни наполнения и откачки для биореактора с целью максимального соответствия внешним условиям работы.

В результате во временном диапазоне один месяц происходит адаптация производительности биореактора под фактическую гидравлическую нагрузку.

Для нивелирования суточных колебаний предусмотрена автоматическая корректировка длительности фаз в допустимых пределах, которые являются заданными настройками и не могут быть изменены.

ПРИМЕР 5.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ ДВУМЯ И БОЛЕЕ РЕАКТОРАМИ SBR КОМПЛЕКСА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Очистные сооружения на базе SBR обычно содержат два реактора. Однако в ряде ситуаций их число может быть существенно выше. Использование более двух реакторов в некоторых случаях позволяет снизить капитальные вложения для первой очереди строительства. В связи с этим при эксплуатации возникает вопрос оптимизации гидравлической загрузки реакторов в условиях низких гидравлических нагрузок.

Классическая схема автоматизации подразумевает равномерную и последовательную (поочередную) загрузку реакторов, т.е. если первый реактор провел один цикл очистки, то в следующий раз сточные воды

в него будут направлены только после того, как будет загружен последний реактор. В результате в периоды низких гидравлических нагрузок сточные воды распределяются по большому объему реакторов. Это формирует не лучшие условия для жизнедеятельности ила и может привести к ухудшению его состояния.

Компания ИВЕА внедрила на очистных сооружениях алгоритм управления, преследующий иную цель в решении задачи распределения сточных вод.

Мы исходили из таких соображений:

- чем больше циклов отработал SBR, тем стабильнее процесс;
- постоянная гидравлическая нагрузка улучшает управляемость процессом;
- сточные воды являются питательной средой для активного ила, поэтому при низкой гидравлической нагрузке необходимо поддерживать в нормальном проектном состоянии активный ил хотя бы в одном реакторе.

Рис. 6.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ SBR:

А) БЕЗ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ; Б) С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ.

* ПОРЯДОК ВКЛЮЧЕНИЯ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПРОСТОЙ ПОРЯДКОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ;

** ПОРЯДОК ВКЛЮЧЕНИЯ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ОТРАБОТАННЫХ ЦИКЛОВ ОЧИСТКИ

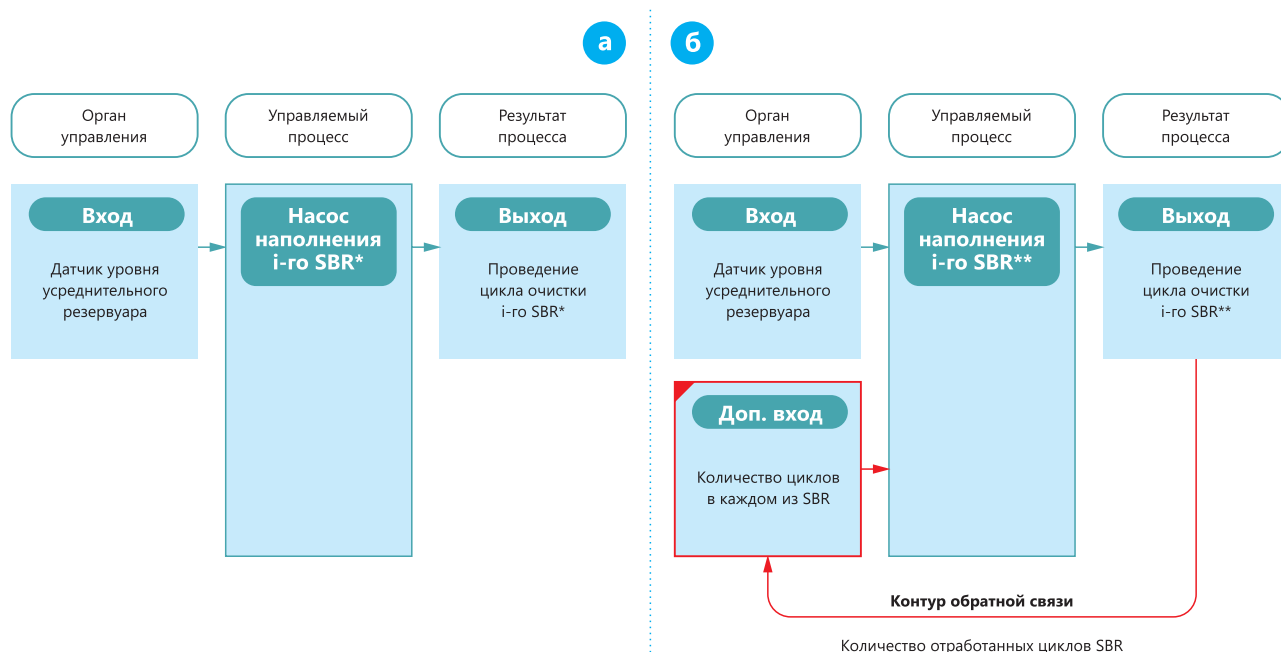


Таблица 2

Этап	Специалисты	Результат деятельности
1. Проектирование	<ul style="list-style-type: none"> - ГИП - технолог - проектировщик- электрик - проектировщик АСУ ТП - проектировщик архитектурно-строительной части - программист слаботочных сетей 	Проектная документация
2. Программирование	<ul style="list-style-type: none"> - сборщик шкафов управления - программист промышленных контроллеров - специалисты поставщиков оборудования - программист системы управления верхнего уровня (СКАДА) 	Шкафы управления, диспетчерский пункт
3. Монтаж	<ul style="list-style-type: none"> - монтажник-электрик - наладчик АСУ ТП - технолог-наладчик 	АСУ
4. Эксплуатация	- эксплуатирующий персонал	АСУ (эксплуатируемая)

Мы добавили в систему контур обратной связи, учитывающий количество отработанных циклов для каждого реактора с целью приоритетной подачи сточных вод в реактор (из числа свободных для загрузки), который отработал наибольшее количество циклов. Этот подход хорошо иллюстрируется поговоркой «кто везет, на того и валят».

Система автоматики с контуром обратной связи позволяет обеспечить наилучшие условия для жизнедеятельности активного ила в одном или двух реакторах даже при отсутствии нормального притока сточных вод. По мере увеличения притока сточных вод автоматически будут задействованы остальные реакторы, причем очередность их включения и гидравлической загрузки также определяется количеством отработанных циклов очистки.

Представленные примеры возможностей автоматизации для стабильной работы очистных сооружений без обслуживающего персонала не описывают всего спектра возможных состояний оборудования. В реальности их значительно больше, и все они должны учитываться при разработке системы автоматического управления АСУ ТП оборудованием очистных сооружений.

Создание АСУ ТП – это сложный и многостадийный процесс, в котором участвуют различные специалисты. Построение систе-

мы начинается с проектировщиков, далее работа выполняется программистами, после чего внедрение осуществляют монтажники, которые и передают систему АСУ ТП эксплуатирующей организации. На каждом из этих этапов существует еще более детальный уровень дифференциации выполнения работ. В табл. 2 показана обобщенная схема создания АСУ ТП, с указанием специалистов, участвующих в различных этапах работ и результатов их деятельности.

Эта классическая схема создания АСУ ТП обладает одним существенным недостатком – отсутствие обратной связи от эксплуатации к монтажникам, от монтажников к программистам, от программистов к проектировщикам.

**Закон управления
жизнеспособной системой
предполагает наличие обратной
связи. Результат в большей
степени определяется
не управляющим воздействием,
а контуром обратной связи.**

Обычно, когда создается АСУ ТП, промежуточные этапы работы завершаются еще до получения обратной связи от специалистов, работающих на следующих этапах создания единой системы. Это приводит к необходимости внесения изменений в проект, что называется, «по-живому». Это не всегда возможно сделать быстро и с минимальными затратами.

Выводы. При выборе очистных сооружений малой производительности необходимо отдавать приоритет готовым решениям, прошедшим проверку эксплуатацией на реальных объектах.

Для создания новых систем необходимо применять контуры обратной связи и учитывать закон «необходимого разнообразия», чтобы создавать системы, которые не могут работать неправильно. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник ИТС 10-2015. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов.
2. Патент № 170437 «Реактор периодического действия с интеллектуальной системой управления FuzzyLogic.
3. Харьковина О. В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод / О.В. Харьковина. Волгоград: Панорама, 2015.
4. Хенце М. Очистка сточных вод: Пер. с англ. / Хенце М., Армоэс П. – М.: Мир, 2006.
5. Захватаева Н. В., А. С. Шеломков Активный ил как управляемая экологическая система. 2013.
6. Mechanism and Design of Sequencing Batch Reactors for Nutrient Removal NazikArtan. EWA Publishing. 2005.
7. Troubleshooting the Sequencing Batch Reactor Michael H. Gerardi. WILEY. 2010.
8. Стаффорд Бир Кибернетика и управление производством. 1963
9. Норберт Винер Кибернетика. 1983.

УВАЖАЕМЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ И СПЕЦИАЛИСТЫ ЛАБОРАТОРИЙ!



Приглашаем вас принять участие в XXI ежегодном семинаре «Вопросы аналитического контроля вод», который будет проходить со 2 по 6 октября 2017 года в доме отдыха «Воскресенское» (поселение Воскресенское Московской области, 10 км от МКАД).

Организаторы семинара: Аналитический центр «РОСА» (Москва), Центр Исследования и Контроля Воды (Санкт-Петербург), Центр стандартных образцов и высокочистых веществ (Санкт-Петербург).

На семинаре выступят ведущие специалисты в области организации и проведения аналитического контроля, метрологического обеспечения, разработки систем менеджмента и других направлений деятельности лабораторий.

В ходе семинара будут обсуждаться следующие темы:

- Обеспечение адекватного аналитического контроля выполнения нормативных требований к качеству вод
- Новая версия ISO/IEC 17025:2015. Что нас ожидает?
- Системы менеджмента лабораторий: опыт функционирования и улучшения
- Метрологические аспекты деятельности лабораторий
- Методические проблемы при определении интегральных показателей состава и свойств питьевых, природных и сточных вод
- Контроль безопасности и качества воды по биологическим показателям
- Современное аналитическое оборудование для контроля качества объектов окружающей среды

Будут проведены мастер-класс «Обеспечение прослеживаемости результатов измерений» и круглый стол «Аккредитация и подтверждение компетентности в соответствии с 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации».

По всем вопросам участия в семинаре обращайтесь по телефонам:

+7 (495) 502-44-22, +7 (812) 607-46-56, +7 (812) 600-14-42

E-mail: quality@rossalab.ru, mail@standmat.ru, info@cikv.ru.

ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПО ДООЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

А.А. Николаев,
ЗАМЕСТИТЕЛЬ
ГЕНЕРАЛЬНОГО
ДИРЕКТОРА ПО НАУЧНОЙ
РАБОТЕ

Е.М. Крючихин,
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ДИРЕКТОР

С.М. Ляшенко,
ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР

ЗАО «КРЕАЛ»

Отстойник-фильтр
на очистных
сооружениях
г. Оренбурга

Выполнение российских нормативов на сброс в водные объекты, как правило, невозможно без глубокой очистки сточных вод, включающей их фильтрационную доочистку. Для действующих объектов внедрение доочистки сопряжено не только с большими капитальными затратами, но и с необходимостью выделения дополнительной территории под фильтрационную станцию и существенным увеличением эксплуатационных затрат.

Предлагаемое решение по доочистке сточных вод лишено указанных недостатков и может использоваться как при новом строительстве, так и при реконструкции действующих очистных сооружений. Принцип состоит в размещении фильтра непосредственно в проточной зоне отстойника, который тем самым превращается в комбинированное сооружение – «отстойник-фильтр» (разработчик и патентообладатель – ЗАО «КРЕАЛ»).

Отстойник-фильтр способен задерживать агрегативно неустойчивые взвешенные вещества: активный ил после биологической очистки в аэротенках, а также скоагулированные и сфлуккулированные частицы в системах физико-химической очистки.

Размещение фильтра производится таким образом, чтобы улучшить гидродинамический режим в отстойнике и повысить коэффициент использования его объема. В результате в конструкции «отстойник-фильтр» возрастает эффективность осветления, соответственно снижается нагрузка по взвешенным веществам на фильтр, увеличивается длительность фильтроцикла. Осветленная вода сразу поступает на фильтр, проходя через него в направлении снизу вверх в режиме медленного безнапорного фильтрования, фильтрат отводится в лоток очищенной воды. Тем самым исключается диспергирование частиц при подаче осветленной воды на фильтр, которое неизбежно происходит в случае доочистки на отдельной фильтровальной станции, куда осветленная вода подается по трубопроводам под гидростатическим напором или с помощью насосов. Поступление на фильтр более крупных частиц увеличивает эффект фильтрационной доочистки. Общий результат доочистки в отстойнике-фильтре, который складывается из дополнительного эффекта осветления в отстойнике и эффекта очистки на фильтре, оказывается выше, чем в отдельной фильтрационной станции. При этом длительность работы фильтра между периодическими промывками существенно возрастает, а объем грязной промывной воды значительно снижается.

Загрузкой фильтра служат полимерные гранулы с плотностью менее плотности воды. Высота слоя загрузки не превышает 0,3 м, что позволяет приводить ее в псевдоожиженное состояние путем барботажа воздухом. На этом основан принцип промывки загрузки.



В радиальных отстойниках, применяемых на крупных очистных сооружениях, оборудование для промывки фильтра монтируется в закрытом боксе, установленном на вращающейся ферме. В состав оборудования входят воздухоудвка, насос и система автоматического управления. Фильтр, имеющий форму периферийного кольца, собирается из фильтрующих модулей заводского изготовления (производитель – ЗАО «КРЕАЛ») и устанавливается на опорно-ригельной конструкции. Промывка загрузки фильтра производится с заданной периодичностью (обычно не чаще 1 раза за 1–2 суток). Общая длительность цикла промывки соответствует 1–2 оборотам фермы отстойника (около 1 часа). В период промывки включаются воздухоудвка и насос. Нагнетаемый воздухоудвкой воздух через перфорированную трубу подается под загрузку, приводя ее в псевдоожиженное состояние. Возникающие эрлифтные потоки выносят задержанные взвешенные вещества из тела фильтра в области над и под загрузкой. Из области над загрузкой грязная промывная вода собирается перфорированной сосунной трубой и откачивается насосом в центральный стакан радиального отстойника. Из области под загрузкой взвешенные вещества оседают в зону осадка отстойника.

В период промывки фильтра режим работы отстойника-фильтра сохраняется (продолжается подача сточной воды (иловой смеси) в отстойник в штатном режиме), так как в каждый текущий момент времени промывке подвергаются менее 1 % общей поверхности фильтра, а остальная часть фильтра (более 99 %) продолжает работать в режиме фильтрования.

Отстойники-фильтры показывают высокую эффективность на сооружениях биологической очистки городских и производственных сточных вод. В таблице приведены усредненные данные по доочистке в радиальных вторичных отстойниках-фильтрах (Д=40 м) сточных вод после биологической очистки в аэротенках на очистных

сооружениях АО «Соликамскбумпром» и г. Оренбурга (в сравнении с параллельно работающими обычными вторичными отстойниками Д=40 м)¹.

Концентрация иловой смеси на входе отстойника и отстойника-фильтра, г/л	Концентрация взвешенных веществ в очищенной воде, мг/л		Эффект доочистки, %
	выход из отстойника обычной конструкции	выход из отстойника-фильтра	
2–3	10	2	80,0
2–3	15	3	80,0
2–3	20	3,5	82,5
2–3	30	5	83,3
2,5–3,5	50	8	84,0

При доочистке в отстойнике-фильтре биоочищенных стоков достигается дополнительное удаление БПК₅ (2–3 мг БПК₅ на 10 мг удаленных взвешенных веществ), что позволяет обеспечить норматив по сбросу не только взвешенных, но и органических веществ.

Таким образом, отстойник-фильтр позволяет обеспечить как наиболее жесткие технологические показатели НДТ (должны вводиться с 2019 г.), так и применяемые в настоящее время НДС при минимальных капитальных вложениях и эксплуатационных затратах. Так, на очистных сооружениях г. Оренбурга оснащение вторичных отстойников фильтрами с плавающей загрузкой было произведено за полгода и позволило сократить капитальные затраты на доочистку сточных вод в 3 раза, а эксплуатационные расходы – в 300 раз в сравнении с классическими песчаными фильтрами.

¹ Разброс концентраций обусловлен следующими факторами:

на АО «Соликамскбумпром» вынос ила из вторичных отстойников значительно выше (30–50 мг/л), чем на очистных сооружениях г. Оренбург (10–30 мг/л). Это связано с тем, что активный ил, образующийся при очистке стоков ЦБП, имеет более высокий иловый индекс и оседает хуже, чем активный ил сооружений биологической очистки городских (хозяйственно-бытовых) сточных вод; данные обобщены за период, внутри которого изменялись седиментационные свойства активного ила и гидравлическая нагрузка на вторичные отстойники. — *Примеч. авторов.*

ЗАО «КРЕАЛ»

предлагает свои услуги по очистке сточных вод до современных требований на сброс в водный объект

- Технологические решения
- Проектирование. Изготовление. Монтаж. ПНР
- Сервисное обслуживание. Гарантия
- Модернизация очистных сооружений, с использованием современных технологий очистки, включая собственные разработки

На собственной производственной базе изготавливается оборудование для очистных сооружений: аэрационные системы; биореакторы; модульные установки контейнерного типа; фильтры с плавающей загрузкой, размещаемые в отстойниках и др.

Работы выполняются как под ключ, так и по отдельным разделам.

Необходимые консультации можно получить по телефону 8-812-315-44-09

www.kreal.spb.ru

БЕСТРАНШЕЙНЫЙ РЕМОНТ: ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО РУКАВА

С течением времени, а также вследствие негативного воздействия агрессивных сред, подземные трубопроводы подвержены разрушению. Немалую роль в их преждевременном износе играет низкое качество материалов. В процессе восстановления водопроводных магистралей особой популярностью пользуются бестраншейные методы ремонта.

На отечественном рынке отлично себя зарекомендовала технология санации полимерным рукавом. Процесс предполагает использование композитных материалов на основе иглопробивных полиэфирных волокон или стекловолна, пропитанных в смоле. Конечный продукт (стеклопластиковая труба) отличается высокой надежностью и эффективностью, а ведущим производителем является компания SAERTEX multiCom® GmbH, создавшая уникальную технологию изготовления рукавов с высокими эксплуатационными параметрами.

БЕСТРАНШЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

С применением подобных технологий отпадает необходимость проведения масштабных раскопок в области поврежденного трубопровода, которые традиционно выполняются в процессе замены, ремонта или реконструкции сетей. В некоторых случаях старая труба используется в качестве несущей, далее внутри неё монтируется новая (метод «труба в трубе»). Иногда заменяемые фрагменты трубы полностью разрушаются, одновременно с чем укладывается новый отрезок магистрали. В данных методах необходимо использовать дорогостоящее оборудование и спецтехнику.

Применение метода реконструкции полимерным рукавом имеет ряд преимуществ перед другими методиками. Эти преимущества проявляются в технологическом, социальном и экономическом аспекте, а именно:

1. Не перекрывается движение для пешеходов и транспорта.
2. Отсутствует необходимость в вырубке деревьев и выполнении любых других работ, влекущих за собой разрушения и изменение ландшафта, что особенно актуально для парковых зон и мест исторической застройки.
3. Снижается угроза повреждения элементов коммуникаций, расположенных в непосредственной близости от заменяемого (ремонтируемого, восстанавливаемого) водопровода.
4. Общая стоимость проведения мероприятий снижается в среднем на 30–50 %: не привлекается специ-

альная техника, требуется меньшее количество рабочих, отпадает необходимость восстановления асфальтового покрытия, сокращаются сроки выполнения работ.

Именно поэтому применение полимерного рукава становится все более актуальной методикой.

ПОЛИМЕРНЫЙ РУКАВ ДЛЯ САНАЦИИ ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБ

Процесс выполнения санации традиционным методом происходит следующим образом: внутрь поврежденного водопровода протягивается специальный рукав, который прямо на объекте предварительно пропитывается смолой. Затем этот рукав выворачивается в трубу и затвердевает под длительным воздействием горячей воды или пара. Данный метод отличается сложностью, длительностью и высокой стоимостью.

Чтобы устранить эти недостатки, для запуска процессов отверждения (полимеризации), компания SAERTEX multiCom® GmbH применяет ультрафиолет. Такое решение положительно сказывается на снижении расходов, повышении качества работ и сокращении сроков их выполнения.

Сначала в водопроводную трубу протягивается рукав и расправляется под действием сжатого воздуха. На следующем этапе внутрь заводится гирлянда, оснащенная ультрафиолетовыми лампами и видеокамерой, запускается процесс полимеризации рукава. Параллельно происходит видеоконтроль отверждения с записью на жесткий диск или USB карту памяти, которая предоставляется заказчику.

В рамках проведения бестраншейного ремонта и замены водопроводов полимерный рукав SAERTEX-LINER® H₂O производства компании SAERTEX multiCom® GmbH активно применяется в коммунальных сетях Российской Федерации.

Компания замыкает на себе весь производственный цикл, включая пошив рукава, и несет комплексную ответственность за качество конечного продукта. Это гарантирует потребителю высокое качество изделия и его эксплуатационный срок более 50 лет.

ООО «Руслайнер» — официальный представитель компании SAERTEX multiCom® GmbH на отечественном рынке. С нашей помощью ремонт и восстановление водопроводных сетей становится на порядок качественнее, быстрее, надежнее и безопаснее.

Бестраншейная санация трубопровода полимерным рукавом

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

Сжигание осадков сточных вод становится доступным для водоканалов

Д.А. Данилович,
к.т.н., руководитель
Центра технической
политики
и модернизации
в ЖКХ, Ассоциация
ЖКХ «Развитие»,
эксперт-директор
журнала НДТ

А.В. Макрушин,
исполнительный
директор Ассоциации
ЖКХ «Развитие»¹,
руководитель
Рабочей группы
по развитию ЖКХ
Экспертного совета
при Правительстве РФ

Задача утилизации осадка сточных вод – одна из важнейших для работы практически любого сооружения очистки городских сточных вод. К сожалению, в большинстве водоканалов России эта задача решается неудовлетворительно. Одной из причин этого являются законодательные нормы, создающие почти непреодолимые препятствия для любых методов утилизации осадка [1, 2]. В результате этого подавляющая часть осадка (по документам) размещается на полигонах отходов, либо складывается на территории существующих иловых площадок. Вывоз на полигоны требует значительных транспортных затрат, а также внесения платы за размещение отходов.

Технология сжигания осадков сточных вод известна уже много десятилетий как радикальный метод решения проблемы утилизации осадка, сопровождающийся получением тепловой энергии. Наибольшее распространение получил процесс сжигания в псевдоожиженном слое песка, преимуществами которого являются отсутствие механических движущихся частей.

Однако, сжигание было весьма дорогостоящим решением, доступным, в основном, для наиболее крупных станций в развитых странах. Эти установки применяются в основном в странах Северной Европы, во Франции, Японии, США. В России только один город (Санкт-Петербург) использует сжигание осадка, направляя на установки 100 % обезвоженного осадка [3]. Стоимость подобных установок очень велика. Согласно Информационно-техническому справочнику по НДТ ИТС 10-2015 [4], по имеющимся данным (для трех объектов, в том числе планируемым), стоимость установки по сжиганию (для весьма крупных станций) в пересчете на 1 м³/сут суточной производительности составляет 5–7 тыс. руб., что сопоставимо со стоимостью комплексной реконструкции самих очистных сооружений с переводом на технологию удаления азота и фосфора. В ИТС 10-2015 приведена оценка, согласно которой затраты такого уровня оцениваются в 2,3–3,6 объема годовой выручки предприятия от деятельности по очистке сточных вод. Это делает данную технологию экономически недоступной для российских водоканалов без значительных внешних инвестиций.

¹ info@gkhrazvitie.ru

Тем более удивительно, что в последние два года в Турецкой Республике наблюдается настоящий бум создания установок сжигания коммунальных и промышленных осадков. К настоящему времени в работе находятся 6 установок, на стадии производства и строительства – еще около 10. Безусловно, Турция – активно развивающаяся страна с сильной экономикой, но до недавнего времени ее предприятия не могли себе позволить такое массовое внедрение установок сжигания осадка. Причиной массового внедрения таких установок является недавняя разработка турецких инженеров компании INEVA, входящей в состав холдинга «Джошкунуз» (COŞKUNÖZ). Установки построены и создаются на основе опыта, полученного на первой производственной линии, запущенной в 2013 г.

В мае этого года делегация Ассоциации ЖКХ «Развитие» ознакомилась с работой трех установок сжигания. В данной статье авторы делятся информацией, полученной в Турции, и последующим анализом производственных данных².

Общая информация по всем работающим установкам, а также объектам, которые должны быть запущены в ближайшее время, приведена в табл. 1 (первыми расположены 3 объекта посещения).

«Джошкунуз» – многопрофильный производственно-логистический холдинг из 15 компаний, с числом занятых около 2300, работающий в основном в различных областях машиностроения. В 2015 г. оборот группы компаний составил около 300 млн евро. Управление компании расположено в г. Бурса, в северо-западной Турции.

Компания является активным инвестором в развитие машиностроения в России и имеет большой цех в СЗЗ «Алабуга» в Татарстане. При наличии достаточного количества заказов это позволит провести быструю локализацию производства установок сжигания осадка и отходов.

Таблица 1.

ДАННЫЕ О РАБОТАЮЩИХ И НАХОДЯЩИХСЯ НА СТАДИИ СТРОИТЕЛЬСТВА УСТАНОВКАХ СЖИГАНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ INEVA

Установка	Название	Расположение	Происхождение обрабатываемого осадка (отходов)	Год ввода в эксплуатацию	Проектная производительность, т осадка в сутки (фракционной влажности)	Содержание сухого вещества в осадке, %
1	Очистные сооружения организованной промышленной зоны Демирташ	Демирташ, провинция Бурса	Осадок очистных сооружений смеси промышленных сточных вод	2013	Две линии 1-я: 33 2-я: 60	25
2	Очистные сооружения компании «БАНВИТ»	Бандырма, провинция Балыкесир	Осадок очистных сооружений бойни птицефабрики	2016	60	16
3	Очистные сооружения предприятия водоотведения «ЙешилЧевре»	Гюрсу, провинция Бурса	Осадок очистных сооружений смеси бытовых и промышленных сточных вод	2015	60	25
4	Объект по ремонту и обслуживанию военной техники	г. Сакарья	Отходы резины и каучука	2014	30	22
5	Куриная птицефабрика	г. Измир	Осадок очистных сооружений бойни птицефабрики	2013	30	22
6	Куриная птицефабрика	г. Элязыг	Осадок очистных сооружений бойни птицефабрики	2016	30	
7	Управление водоснабжением и канализацией г. Коджаэли	Башискеле, провинция Коджаэли	Осадок очистных сооружений городских сточных вод	Ввод в 2017	95	22
8	Очистные сооружения г. Коджаэли	Гебзе, провинция Коджаэли	Осадок очистных сооружений городских сточных вод	Ввод в 2017	95	22
9	Промышленная зона в г. Газиянтеп	г. Газиянтеп	Осадок очистных сооружений смеси бытовых и промышленных сточных вод	Ввод в 2018	240	25

² Компания «Джошкунуз» любезно предоставила ряд данных о работающих установках, в том числе более детальную информацию – по объектам посещения.

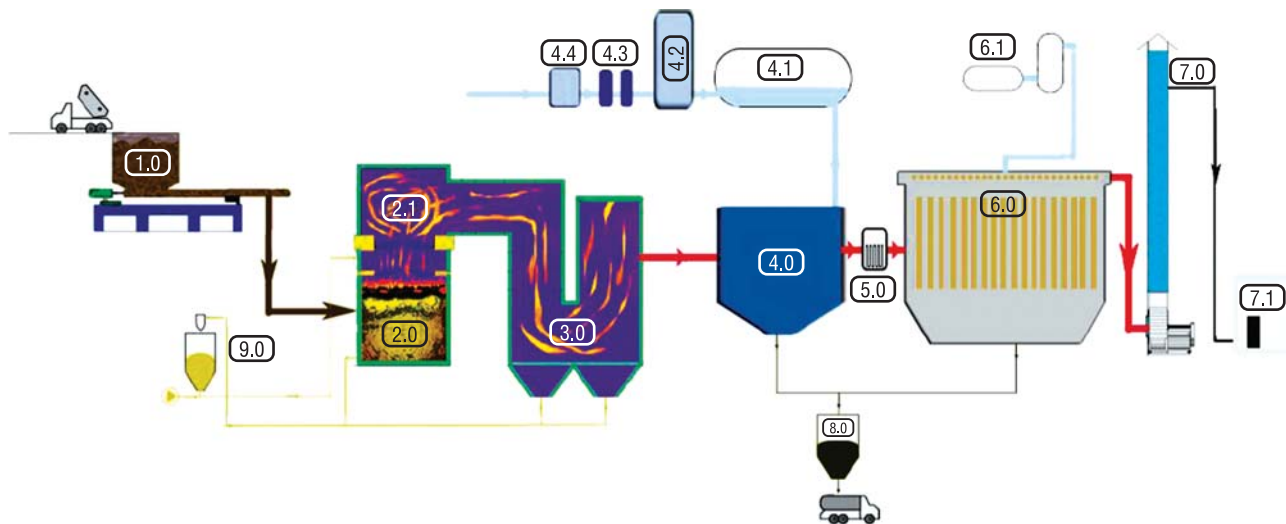


Рис. 1.

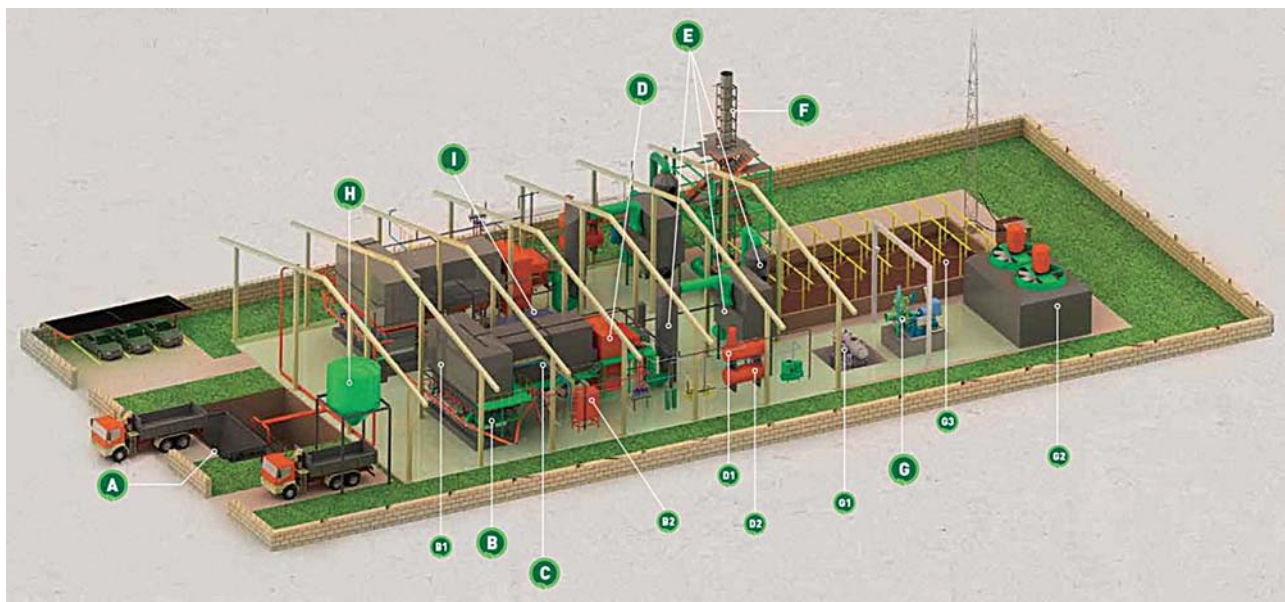
ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ СЖИГАНИЯ ОСАДКА

1.0 – бункер для приема осадка, с эксцентрико-шнековыми насосами подачи осадка в печь, 2.0 – псевдоожиженный слой песка, 2.1 – зона сжигания газов, 3.0 – камера дожигания, 4.0 – бойлер, 4.1 – дегазатор, 4.2 – емкость-накопитель, 4.3 – установка умягчения воды, 4.4 – исходная емкость, 5.0 – экономайзер (на потоке котловой воды в бойлер), 6.0 – фильтры очистки отходящих газов, 6.1 – компрессор для подачи воздуха в фильтр (для его очистки), 7.0 – дымовая труба, 7.1 – приборы онлайн контроля загрязняющих веществ в выбросах, 8.0 – система сбора и удаления золы, 9.0 – система циркуляции и догрузки песка

Рис. 2.

ТРЕХМЕРНЫЙ МАКЕТ ОДНОГО ИЗ ПРОЕКТОВ УСТАНОВКИ (с заглубленным бункером для доставки обезвоженного осадка автотранспортом)

А – бункер для приема осадка, с эксцентриково-шнековыми насосами подачи осадка в печь, В – реактор (печь), С – камера дожигания, D – бойлер (D1 – дегазатор котловой воды, D2 – накопительная емкость), Е – система газоочистки (фильтры и скрубберы), F – дымовая труба, G – парогенератор, H – система сбора золы, I – система контроля и диспетчерская с управляющими компьютерами АСУ ТП



На изученных установках использована технология псевдоожиженного слоя. Технологическая схема типовой линии приведена на рис. 1. Трехмерный макет одного из вариантов установки (с заглубленным бункером для доставки обезвоженного осадка автотранспортом) изображен на рис. 2.

Общие виды установок, которые авторы посетили, приведены на рис. 3–5.

Интересной особенностью установок является использование так называемого горизонтального кипящего слоя. В результате, форма печей иная, чем на известных установках, например, в Санкт-Петербурге: горизонтальная вместо вертикальной. При расположении печи непосредственно на полу цеха, верхняя граница кипящего слоя находится на уровне глаз человека.

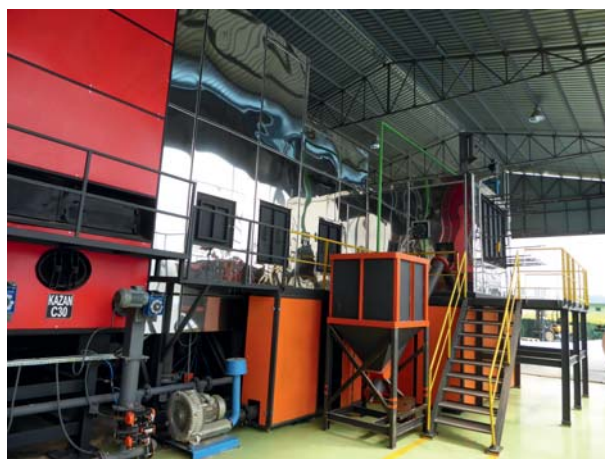


Рис. 3.
Установка в Демирташ производительностью 60 т/сут (первая производственная линия по этой технологии)

Рис. 4.

Установка на птицефабрике БАНВИТ.

На первом плане — бункер обезвоженного осадка, подача осадка из бункера установки обезвоживания по эстакаде через дорогу. Левее — печь, в правой части находится система очистки и выброса газов, крайний справа — зольный бункер



Рис. 5.

Установка в ЙешилЧевре.

Слева — вид снаружи, справа — внутри павильона (на переднем плане — фильтр)



Принцип работы реакторов с кипящим слоем состоит в подаче газов (воздуха) через слой инертного материала (песок с размером частиц 1–5 мм). При критической скорости потока газа инертный слой переходит во взвешенное состояние, напоминающее кипящую жидкость. Поступивший в реактор отход интенсивно перемешивается с инертным слоем, при этом существенно интенсифицируется теплообмен.

Воздухораспределительная решетка обеспечивает равномерность прохождения потока воздуха через слой для обеспечения хорошего псевдооживления. Реакторы для сжигания твердых отходов, шламов и осадков сточных вод со стационарным кипящим слоем обычно имеют цилиндрическую или прямоугольную топочную камеру.

Рис. 6.
Узел подачи дутьевого воздуха на две технологические линии сжигания



Важно обратить внимание на наличие камеры дожигания дымовых газов с временем пребывания не менее 2 с, в которой поддерживается температура не менее 850 °С (в соответствии с п. 1 ст. 6 Директивы ЕС «О сжигании отходов» [5]). Это технологическое решение давно зарекомендовало себя как эффективный способ обеспечить практическое отсутствие в дымовых газах опасных экотоксикантов – диоксинов и фуранов. Учитывая низкое содержание хлора в осадках городских сточных вод, проблема этих экотоксикантов для них не столь существенна, и такое решение применяется нечасто. К примеру, на установках французского производства в Санкт-Петербурге камеры дожигания отсутствуют. В решении турецких коллег они вполне оправданы, так как созданная «Джошкунуз» установка изначально разрабатывалась как универсальная, пригодная для сжигания отходов различного состава. В то же время, при использовании технологии на более крупных объектах по сжиганию городских сточных вод целесообразность использования камер дожигания следует оценить.

Существенным отличием технологии является отсутствие теплообменника для подогрева дутьевого воздуха. Этот воздух подается в печь непосредственно из атмосферы (см. рис. 6).

Директива 2000/76/ЕС Европейского парламента и Совета «О сжигании отходов»
(Брюссель, 4 декабря 2000 года)

Из Статьи 6 Условия деятельности
Объекты сжигания конструируются, оснащаются и функционируют таким образом, что газ, происходящий вследствие сгорания отходов, появляется после последнего введения в воздух при сгорании, при контролируемой и однородной реакции и даже в случае наиболее неблагоприятных условий, при температуре не менее 850 °С, которая достигает возле или на внутренних стенах камеры сжигания, в течение минимум 2 секунд.

Очевидно, что такое решение может привести к снижению температуры в печи. Чтобы этого не произошло, при сжигании осадков с недостаточной теплотворной способностью предусмотрена подача в печь достаточных количеств природного газа. Увеличенное потребление топлива компенсируется в общем тепловом балансе установки на стадии парогенерации, на которой для нужд приготовления пара используется все тепло, полученное на стадии сжигания, без использования его части для нагрева дутьевого воздуха. Таким образом, рассматриваемая схема является «открытой» с точки зрения тепловых потоков. Такой подход целесообразен при наличии надежного потребителя образующейся энергии.

Другой отличительной чертой является весьма простая, как в изготовлении, так и в эксплуатации конструкция фильтров очистки воздуха. На установках используются мешочные фильтры, зола из которых в результате периодического встряхивания попадает в пневматический тракт отвода и разгружается в бункер. Также может быть использован и простой сменный контейнер типа «бигбэг» (рис. 7). При необходимости в зависимости от состава отходов может быть предусмотрена дополнительная сухая очистка газов путем дозирования перед фильтром порошка щелочи (если в сжигаемом отходе существенное содержание серы) и/или активированного угля (при существенном содержании тяжелых металлов). Визуально выброс в атмосферу не заметен ни по наличию пыли, ни по туману (авторы наблюдали установку весной, при температуре воздуха около 18 °С).

Технология предусматривает удаление всех инертных материалов в виде золы-уноса, образование шлака не предусмотрено.

Важно отметить, что большинство установок оснащено современными приборами непрерывного контроля содержания загрязнений в выбрасываемых дымовых газах (рис 8), сигнал с которых выведен на компьютеры контролирующих органов и даже местной администрации. Пример результатов контроля приведены в табл. 2.



Рис. 7.
Собираемая зола из фильтра очистки выбросов

Таблица 2.
ПРИМЕР РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ
УСТАНОВКИ СЖИГАНИЯ ОСАДКА

Показатели выбросов	Лимитный показатель	Результат замера (пример)
Температура, °С	–	147
Концентрация O ₂ (%)	–	10,0
Скорость газа, м/с	> 4	11,80
Концентрация пыли, мг/м ³ *	30	3,1
CO, мг/м ³ *	–	23,0
SO ₂ , мг/м ³ *	200	5,7
NO мг/м ³ *	400	32,3
NO ₂ мг/м ³ *	400	52,0
Общий органический углерод (ТОС), мг/м ³	20	3,9
Диоксин и фураны нг/м ³	0,1	Ниже предела обнаружения

* Приведено к нормальным условиям и стандартному содержанию кислорода в газах, составляющему 11 %.



Рис. 8.
ШКАФ С ПРИБОРАМИ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ
СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ВЫБРАСЫВАЕМЫХ
ДЫМОВЫХ ГАЗАХ

Директива 2000/76/ЕС Европейского парламента
и Совета «О сжигании отходов»
(Брюссель, 4 декабря 2000 года)

Статья 6. Условия деятельности

1. Объекты сжигания стремятся достигнуть в своей деятельности такого уровня сжигания, при котором содержание общего количества органического карбона (ООК) в шлаках и донном пепле менее 3% или без воспламенения менее 5 % сухого веса материала. Это может требовать использования соответствующих технологий предварительной обработки отходов.

В процессе эксплуатации установки турецким природоохранным ведомством проводится периодический отбор и анализ проб. Анализ протоколов проб выбросов для одной из установок показал, что требования приложения V директивы ЕС [5] по ПДК вредных веществ в отходящих газах, в том числе токсичных металлов, полностью соблюдаются.

Также с большим запасом соблюдается требование п. 1 статьи 6 этой директивы. На практике содержание углерода в золе не превышает долей процента.

Данные по условиям и результатам работы в 2016 г. установок 1–3 из табл. 1 приведены в табл. 3.

Энергетическое оснащение установки – наиболее вариативная в зависимости от местных условий часть. В простейшем случае, при наличии местного потребителя, пар может передаваться в его сеть.

На трех установках, работу которых была проанализирована, с каждой тонны принятого осадка (с учетом использования дополнительного топлива) получают около 1,5 т пара, что эквивалентно примерно 1 Гкал энергии.

В отсутствии такого потребителя возможна генерация электроэнергии. В этом случае в комплект установки входят система перегрева пара (с использованием дополнительного топлива) и парогенератор. На установках с электрогенерацией, сооруженных «Джошкунуз», получаемая мощность составляет около 1 МВт от 100 т сжигания осадка фактической влажности.

Степень экономичности получения электроэнергии сильно зависит от ее дальнейшего использования. В Турции, как и в России, передача электроэнергии в сеть примерно в 2 раза менее выгодна, чем ее использование для собственных нужд взамен сетевой (при продаже энергосетям идет оплата по оптовой цене, при покупке у них – по розничным, с учетом транспортировки). Любые КОС являются существенным и постоянным потребителем электроэнергии, поэтому вариант с электрогенерацией для собственных нужд для них вполне экономичен.

Таблица 3.

ДАННЫЕ ПО РАБОТЕ УСТАНОВОК В 2016 г.

№ по табл. 1	Количество часов работы за 2016 г.	Направление утилизации золы	Среднегодовое потребление природного газа, м³/ч	Образование пара, т/ч	Способ утилизации пара	Средняя потребляемая мощность (электроэнергия), кВт	Площадь, занимаемая установкой, м²
1	6340	Складирование на полигоне	200 /1,7	4,8	Выброс в атмосферу (опытная установка)	158	850
2	Нет данных	Цементный завод	25 /– (только розжиг)	3,3	Использование в процессе на основном предприятии	115	450
3	7610	Складирование на полигоне	140/1,2	3,4	Предварительное нагревание осадков, обогрев зданий очистных сооружений	100	450

Проведенные теплотехнические расчеты показали: на тех установках, где используется природный газ, энергия получаемого пара сопоставима с энергией добавляемого количества газа, т.е. тепловой контур установок является разомкнутым: значительное количество топлива добавляется, и значительное количество энергии образуется. При этом важно, что в схеме применен экономайзер, используемый как конденсационный теплообменник. Это преследует две цели: повысить тепловую мощность бойлера за счет утилизации (путем передачи воде, подаваемой в котел) тепла от конденсации пара, в очень больших количествах возникающего при сжигании осадка, и предотвратить выброс испаренной влаги в воздух (в холодную погоду это создаст над трубой шлейф пара).

Этот интересный подход, который позволяет без особых затрат (потраченное топливо идет на производство энергии пара) не столь целенаправленно добиваться авто-термического содержания сухого вещества в обезвоженном осадке (т.е. такого содержания, которое позволяет сжиганию осуществляться без добавления топлива). Во многих схемах, реализованных в Европе, для авто-термического сжигания осадков вначале сушат (как правило, с помощью низкопотенциального тепла отходящих газов сжигания). Такой подход позволяет сократить расход

внешнего топлива, но значительно увеличивает стоимость всего комплекса оборудования и затрат не его эксплуатацию.

Установки полностью автоматизированы, обслуживаются двумя работниками. Работа системы автоматизации позволяет измерять температуру в 40 точках, давление в 8 точках и содержание кислорода в одной точке.

Конструкция установки однозначно ориентирована на снижение стоимости, многие элементы выполнены весьма просто. Но, как показывает практика эксплуатации и интерес к внедрениям этой системы, это не снижает надежности.

Установка чрезвычайно компактна. Так, требуется 450 м² для установки производительностью 60 т/сут, т.е., можно говорить о мини-заводах сжигания.

Климат Турции позволяет размещать установки полностью под открытым небом. На КОС птицефабрики единственным помещением на установке сжигания является миниатюрный диспетчерский пункт. Две других установки расположены в павильонах. В российских условиях эти павильоны, конечно, будут нуждаться в утеплении, но других отличий по размещению ожидать не следует. Обращает на себя внимание, что все оборудование, включая печь, может быть размещено на полу промздания без фундаментов, на собственных опорах. Все это



Рис. 9.
Установка в Демирташ производительностью 30 т/сут (минимальная модель типоряда). На переднем плане — печь в кожухе, к ней проведена труба насосной подачи осадка

Рис. 10.
Диспетчерский пункт на установке в Демирташ



значительно снижает затраты на строительные работы. Примеры компоновки оборудования установок приведены на рис. 9–10.

По информации компании «Джошкунуз», эксплуатационные затраты невелики и на действующих установках составляют в год около 2 % стоимости капитальных вложений. В условиях Турции такие установки окупаются в течение нескольких лет.

В настоящее время не представляется возможным назвать стоимость установки «под ключ» для российских условий. Однако можно с уверенностью утверждать, что она существенно ниже цены западноевропейских аналогов, что открывает перспективы для отечественных водоканалов.

Ассоциация ЖКХ «Развитие» при реализации установок по сжиганию в России готова взять на себя проработку механизмов создания подобных комплексов на основе концессионных соглашений, а также содействие адаптации установок к российским нормативам. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилович Д.А. О регулировании использования осадка сточных вод как удобрений. «НДТ». 2017. № 2. С. 28–31.
2. Зайчиков М.А. Опыт утилизации осадков сточных вод при производстве органического удобрения «Почвогрунт “Ульянинский”». «НДТ». 2017. № 2. С. 32–42.
3. Панкова. Г.А., Петров С. В. Опыт эксплуатации заводов по сжиганию осадков сточных вод в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». «Водоснабжение и санитарная техника». 2015. № 7. С. 65–71.
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «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
5. Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 4 декабря 2000 г. «О сжигании отходов» (DIRECTIVE 2000/76/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 4 DECEMBER 2000 ON THE INCINERATION OF WASTE).



Данилович
ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ,
 ЭКСПЕРТ-ДИРЕКТОР ЖУРНАЛА «НДТ»

БУДУЩЕЕ, КОТОРОЕ УЖЕ НАСТУПИЛО: ТЕХНОЛОГИЯ АЭРОБНОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ИЛА

Уже более 100 лет известны и применяются две основные разновидности аэробной биологической очистки сточных вод: аэротенки со взвешенным активным илом и биофильтры с биопленкой. И те, и другие основаны на способности бактерий с помощью выделяемых внеклеточных полимеров создавать макроструктуры, флоккулы или биопленки, позволяющие им удерживаться в созданных человеком технологических сооружениях и потреблять субстрат в виде загрязнений сточных вод. Такие структуры встречаются и в природе, но в аэротенках и биофильтрах для них созданы оптимальные условия.

В последние десятилетия к этим двум природным механизмам добавился, в результате разработок голландских специалистов, третий, в природе не встречающийся. Изначально этот прорыв был совершен не в аэробной очистке, а в области анаэробного метанового процесса. В конце 70-х годов прошлого века в университете города Вагенинген был обнаружен феномен формирования в восходящем потоке метаногенных гранул ила (особо прочных и крупных флоккул, диаметром 2–4 мм) [1]. В сочетании с очень быстрым практическим освоением технологии анаэробного гранулированного ила превратили анаэробную очистку сточных вод из экзотического про-

цесса, требующего длительной обработки в течение многих суток, в процесс, проходящий буквально за несколько часов при нагрузках по ХПК 20–30 и даже 50–70 кг/м³ сут [2]. Это направление с конца 80-х годов очень близко автору этих строк, так как еще в 1990 г. впервые в России нам удалось получить анаэробные гранулы на промышленных сточных водах различного состава [3].

Основным селективным принципом, позволяющим создавать устойчивые гранулы из обычного сброженного осадка, является скорость восходящего потока, т.е. используется принцип гидравлической селекции. Микроорганизмы, не обладающие определенной скоростью осаждения, в этих условиях покидают биореактор, а более плотные конгломераты задерживаются. Изучение и освоение феномена образования анаэробных гранул, в которых объединены различные группы микроорганизмов метаногенного сообщества (что очень важно для обеспечения столь высокой производительности), открыли широкие перспективы применения этого принципа и для других процессов, в том числе очистки городских сточных вод от органических веществ и биогенных загрязнений.

В конце 1990-х годов также в Голландии (университет Делфта) были разработаны принципы получения аэробных гранул,

объединяющих в себе все четыре основные группы микроорганизмов, обеспечивающих процессы, необходимые для очистки городских сточных вод: аэробные гетеротрофы, нитрификаторы, денитрификаторы и фосфатаккумулирующие бактерии. Для формирования гранул важны следующие три фактора:

- чередование условий обильного питания и голодания бактерий, характеризующиеся, соответственно, наличием или отсутствием органического вещества в жидкой среде. При такой стратегии получают преимущество бактерии, способные накапливать органическое вещество в виде макромолекул полимера (поли- β -гидроксibuтирата), затем потребляемого в голодный период, что дает преимущество перед нитчатymi организмами. Когда сточные воды подаются в ил, находящийся в анаэробных условиях, этот фактор усиливается [4];

- короткое время отстаивания (так называемое гидравлическое давление). Оно обеспечивает вынос из биореактора легких частиц и позволяет удерживать гранулирующую биомассу [5];

- жесткие гидродинамические условия (высокая срезающая нагрузка). Гранулы начинают формироваться при скорости восходящего потока от 4,5 м/ч и выше [6].

Об аэробных гранулах автор впервые услышал на 5-м Конгрессе Всемирной Водной Ассоциации (IWA) в Пекине, в 2006 г. Разработчики сообщали о результатах лабораторных и опытно-промышленных исследований, реализованных на основе циклического реактора (SBR). Первые внедрения новой технологии, получившей название Nereda (Нерида), были в основном на производственных сточных водах, что неудивительно, так как циклические реакторы особенно хороши именно для решения задач их очистки.

Информация сразу привлекла внимание еще и потому, что, в первой половине 90-х годов мы с А.Н. Эповым, одним из ближайших коллег и ведущих авторов нашего журнала, отталкиваясь от собственного опыта культивирования анаэробных гра-

нул, пришли к выводу о том, что должна быть возможность получения и аэробных гранул за счет гидравлической селекции в восходящем потоке. Было очевидно, что на поверхности таких гранул должны жить бактерии-нитрификаторы, а во внутренних слоях – денитрификаторы и фосфат аккумулярующие бактерии. На основе этой идеи нами было проведено исследование модели аэробного реактора с восходящим потоком большой скорости (результаты не публиковались), по результатам которых А.Н. Эпов реализовал промышленное сооружение. Тогда не удалось найти главный фактор формирования гранул – чередование условий обильного питания и голодания бактерий.

Сразу после посещения конгресса в Пекине, в 2006 г. Инженерно-технологическому центру Мосводоканала было поручено заняться темой аэробных гранул. В результате проведенных в 2007–2008 гг. экспериментов удалось подтвердить возможность получения аэробных гранул, на пилотной установке был получен частично гранулированный ил, обладающий низким иловым индексом (40 мл/г), позволяющий увеличивать дозу активного ила в сооружении до 6–8 г/л. Скорость седиментации этого ила была в 6–7 раз выше обычной [7]. То есть были получены параметры, близкие к полногранулированному илу. Дальнейшего распространения эта технология в АО «Мосводоканал» не получила.

Анализ тенденций в развитии технологий анаэробного и аэробного гранулированного ила позволил в конце 2008 г. сделать следующий прогноз: «Хотя данный процесс только начал развиваться и к настоящему времени вышел только на опытно-промышленный уровень, можно предсказать ему большое будущее. Возможно, этот метод заменит большинство созданных до него технологических и конструктивных решений для реализации биологической очистки» [8].

Экспертам редакции, ознакомившимся с опубликованным в Water Online Newsletter материалом, посвященным системе аэробного гранулированного ила AquaNereda®,

стало понятно, что будущее, о котором шла речь в 2008 г., уже наступило. Мы перевели, адаптировали и предлагаем вашему вниманию публикацию, которую предваряем этим предисловием.

За 8 лет технология аэробного гранулированного ила совершила резкий рывок, причем, именно в коммунальном секторе. Данные, приведенные в этой статье, потрясают:

- в эксплуатации или на стадии проектирования и строительства находятся свыше 30 промышленных установок Nereda® на пяти континентах;
- самые крупные работающие установки имеют масштаб в десятки и даже сотни тысяч м³/сут.;
- по технологии аэробных гранул реконструирован самый большой SBR в мире, работавший на коммунальных ОС столицы Ирландии - Дублина;
- новые КОС Рио-де-Жанейро, первая очередь которых была запущена к Олимпиаде 2016 года, также работают по этой технологии;
- среднее время пребывания сточной воды на одном из объектов (Португалия), по которому приведены данные, составляют около 8 часов, и это вместе с отстаиванием. Учитывая, что концентрация стока там примерно в 2 раза выше, чем в России, это эквивалентно не более чем 5 часам пребывания наших стоков. Еще более поразительно пиковое время обработки (в дождливую погоду), составляющее всего 2 часа (вместе с отстаиванием). Таким образом, процесс гранулированного ила сокращает объемы сооружений в 3–5 раз! При этом обеспечивается эффективное удаление как азота, так и фосфора.

Преимущества гранул перед традиционной системой аэротенк-отстойник колоссальны. Достаточно обратиться к рис. 9 (на с. ___), чтобы понять разницу в объемах и требуемой площади. Очевидны также преимущества и перед другими инновационными технологиями очистки сточных вод поселений, например, мембранными биореакторами или биореакторами с движущейся загрузкой.

Отметим, что в последние годы у специалистов стало складываться впечатление, что постепенно мембранные биореакторы (МБР), в которых за счет илоразделения на ультрафильтрационных мембранах можно увеличить дозу ила примерно до 8 г/л, начали все больше завоевывать рынок передовых коммунальных сооружений. Можно было предполагать, что, со временем, по мере совершенствования технологии и снижения стоимости оборудования, МБР станут современным стандартом передовых КОС (то, что называется НДТ). Однако скорость и размах освоения технологии аэробного гранулированного ила позволяют сделать прогноз, что место МБР, как технологии будущего для КОС, займут именно гранулы.

МБР не смогут конкурировать с гранулами, которые обеспечивают как минимум те же 8 г/л активного ила. Работа с гранулированным илом не требует никаких дополнительных затрат, ни особых реагентов, которые надо закупать, ни оборудования, которое надо ремонтировать. Напротив, благодаря своим свойствам гранулы обеспечивают экономию энергии на аэрацию до 50 %. Кроме того, набор оборудования для этих систем не больше, а в разы меньше привычного. Требуются всего лишь аэрационная система, 1–2 мешалки на каждый реактор, донная система распределения стока и плавающее устройство откачки очищенной воды. Не нужны ни насосы рециркуляции ила (внешней и внутренней), ни вторичные отстойники, либо мембранные модули.

Преимущества, которые перечислены, не исчерпывающие. Данные по времени обработки при пиковых нагрузках, приведенные выше, показывают, что в способности воспринимать кратковременные многократные гидравлические перегрузки заключается еще одно важное преимущество как анаэробных, так и аэробных гранул не только перед обычными илами, но и перед мембранными биореакторами. Мембраны способны выдержать перегрузку в десятки процентов, гранулы – в разы. Можно себе представить, сколько дополнительных резервных мембран нужно было бы

установить на станции с такой разницей пикового и среднего притоков! То же самое сейчас приходится делать при проектировании вторичных отстойников. А гранулированный ил не требует «резерва», справляясь с перегрузкой.

На обочину развития отрасли также будут оттеснены все системы с иммобилизованной загрузкой. Применительно к системам с иммобилизованной загрузкой можно ожидать развитие ситуации, близкое к тому, что произошло в сфере анаэробной очистки, когда технологии с гранулами вытеснили все остальные.

Итак, уважаемые читатели, публикация, предлагаемая вашему вниманию, позволяет сделать вывод: в будущем аэробной биологической очистки нет места огромным полям аэротенков и отстойников, сложным схемам компоновки сооружений, их технологических зон и рециклов, да и активному илу в его классическом понимании. Будущие сооружения очистки городских сточных вод представляются сегодня как небольшие универсальные емкости, в которых работают компактные и тяжелые гранулы.

**КОДА
NEWS**
СЕТЕВОЙ РЕСУРС

ЛИТЕРАТУРА

1. LETTINGA G., VAN VELSEN A.F.M., НОВМА S.W., ЕТС. // BIOTECHN. BIOENG. 1980. 22.
2. Калюжный С.В., Данилович Д.А., Ножевникова А.Н. Анаэробная биологическая очистка сточных вод // Итоги науки и техники. Сер. Биотехнология. Т. 29. – М., 1991.
3. Храменков С.В., Данилович Д.А. Предварительная анаэробная очистка концентрированных сточных вод предприятий пищевой промышленности. Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 1, ч. 2.
4. BEUN J.J., HENDRIKS A., VAN LOOSDRECHT M.C.M., MORGENROTH E., WILDERER P.A. AND HEIJNEN J.J. (1999). AEROBIC GRANULATION IN A SEQUENCING BATCH REACTOR. WATER RESEARCH, VOL. 33, No. 10, PP. 2283–2290
5. QIN L. LIU Y. AND TAY J-H (2004). EFFECT OF SETTLING TIME ON AEROBIC GRANULATION IN SEQUENCING BATCH REACTOR. BIOCHEMICAL ENGINEERING JOURNAL, VOL. 21, No. 1, PP. 47–52.
6. TAY J.-H., LIU Q.-S. AND LIU Y. (2001). THE EFFECTS OF SHEAR FORCE ON THE FORMATION, STRUCTURE AND METABOLISM OF AEROBIC GRANULES. APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY, VOL. 57, Nos. 1–2, PP. 227–233.
7. Данилович Д.А., Мойжес О.В., Алексеев М.И., Николаев Ю.А., Акментина А.В., Опыт культивирования гранулированного активного ила для очистки городских сточных вод // ОАО «НИИ ВОДГЕО» Очистка природных и сточных вод. Сборник научных трудов. Юбилейный выпуск. – М.:2009
8. Д.А. Данилович, М.Н. Козлов, О.В. Мойжес, Ю.А. Николаев, А.Г. Дорофеев Разработка перспективных биотехнологий очистки сточных вод Водоснабжение и санитарная техника. 2008. № 10

Система аэробного гранулированного ила AquaNereda®

АЭРОБНЫЙ ГРАНУЛИРОВАННЫЙ ИЛ

Технология АкваНериды (AquaNereda®) представляет собой инновационный процесс биологической очистки сточных вод с использованием уникальных свойств аэробной гранулированной биомассы. Аэробная гранулированная биомасса состоит из компактных гранул, обладающих высокой скоростью осаждения, что, в свою очередь, обеспечивает возможность использовать повышенную концентрацию биомассы. Гранулы состоят только из биомассы и не требуют носителей. Слоистое микробное сообщество, формирующее гранулы, способно обеспечить глубокую очистку от биогенных веществ, включая одновременные нитрификацию/денитрификацию и снижение содержания фосфора.

ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Технология была разработана в Нидерландах в результате сотрудничества Технологического Университета Дельфта и Royal Haskoning DHV. В настоящее время в эксплуатации или на стадии проектирования и строительства находятся свыше 30 промышленных установок Nereda® на пяти континентах, некоторые из них работают уже более 10 лет.

Процесс

В гранулированной биомассе одновременно происходят аэробный, анаэробный и анаэробный биологические процессы. На рис. 1 показаны различия между традиционным коллоидным и аэробным гранулированным илом.

В грануле, обычно имеющей диаметр 1,2–1,5 мм, вырастают различные типы микроорганизмов. Как видно на рис. 2, аэробный гранулированный ил содержит повышенные концентрации специализированных микроорганизмов, которые располагаются слоями.

Источник:
WATER ONLINE NEWSLETTER,
4 АПРЕЛЯ 2017 г.

Перевод —
Ж.Н. БАРАНОВСКАЯ

АДАПТАЦИЯ И КОММЕНТАРИИ
ПО ТЕКСТУ —
Д.А. ДАНИЛОВИЧ

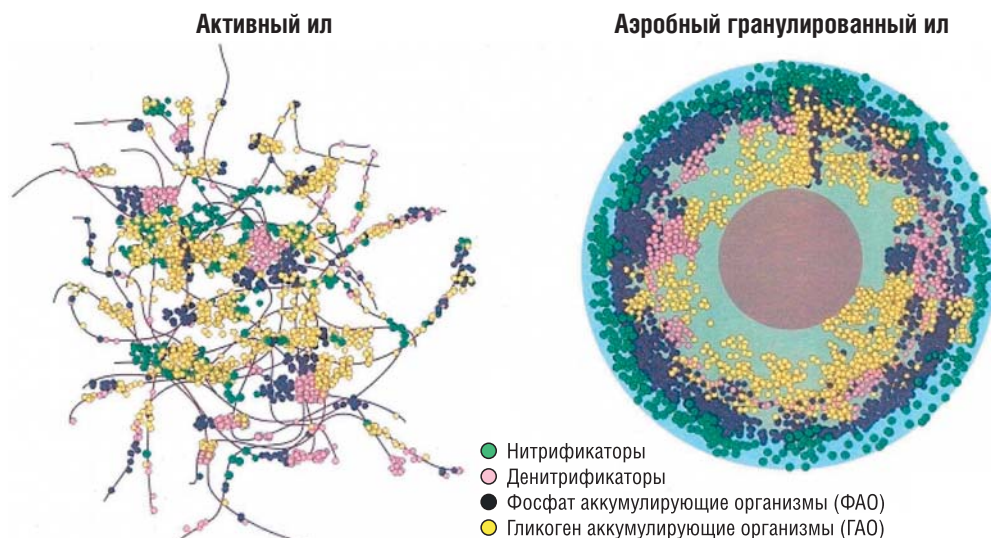
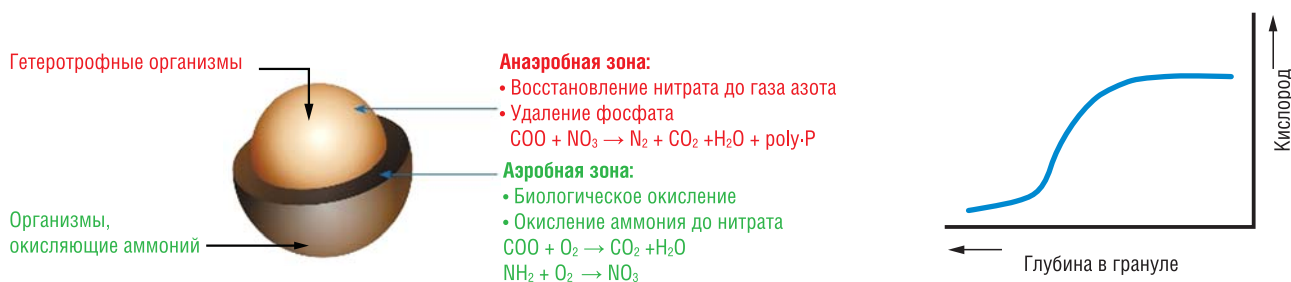


Рис. 1.
Активный ил
в сравнении
с аэробным
гранулированным
илом

Кислород и субстрат переносятся в гранулу посредством диффузии. В процессе аэрации кислород может проникать в гранулу на 100–200 микрон (т.е. на 15–30 % ее радиуса), прежде чем он успеет употребиться. В результате внутренняя часть гранулы возле ядра становится анаэробной зоной, а внешние слои – аэробной и анаэробной зонами, как показано на рис. 2.

Таким образом, бактерии – нитрификаторы располагаются на внешнем слое гранулы, а денитрифицирующие бактерии – в более глубоких слоях. Фосфат аккумулирующие (ФАО) и гликоген аккумулирующие организмы (ГАО) присутствуют во всей биомассе и обладают способностью образовывать внеклеточные полимерные вещества (ВПВ), которые являются строительными блоками для формирования гранул. ВПВ служит основой гранулы и позволяет системе выдерживать нарушения технологического режима, колебания химического состава, нагрузки, солености, pH, ударные концентраций токсичных веществ и т.д. Стабильность процесса в сочетании с отличными седиментационными характеристиками обеспечивает надежную прочную гранулированную иловую систему, простую в эксплуатации.

Рис. 2.
Зоны гранулы (слева)
Проникновение кислорода
(справа)



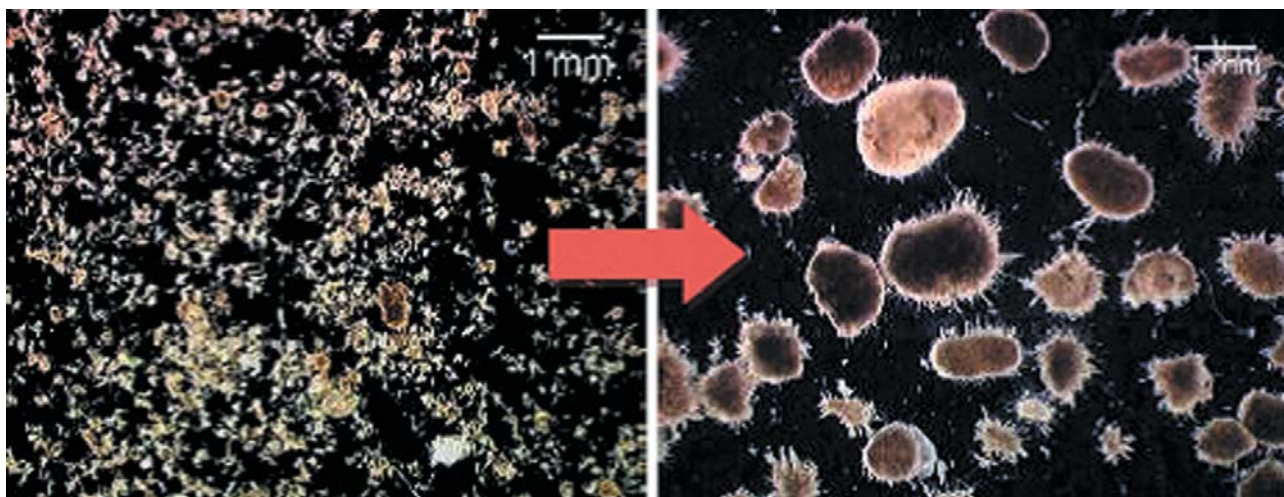


Рис. 3.
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТРАДИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ИЛА В АЭРОБНЫЙ ГРАНУЛИРОВАННЫЙ ИЛ

В традиционной системе активного ила бактерии присутствуют в виде хлопков, находящихся во взвешенном состоянии в жидкости. Сепарация жидкой и твердой фаз в системе флокулированного ила происходит путем осаждения в осветлителях. Ввиду того, что хлопья имеют низкую плотность, время осаждения гораздо больше, чем время осаждения более плотной гранулированной биомассы, которая осаждается полностью в течение 5 минут.

В результате в установках с аэробным гранулированным илом расчетная доза ила составляет 8 г/л и выше, в сравнении с традиционными аэротенками, где она, как правило, не превышает 4 г/л.

Таким образом, процесс аэробного гранулированного ила сочетает в себе преимущества биопленочных систем, включая компактность и высокую скорость метаболизма, и такое преимущество систем активного ила, как способность обеспечить полное удаление биогенных элементов без необходимости в носителях биопленки.

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАНУЛ

При первоначальном запуске для создания плотных гранул из флокулированной биомассы (см. рис. 3) применяются механизмы селекции. В качестве альтернативы установка может быть засеяна гранулами из других подобных сооружений.

При малых временах осаждения (так называемое седиментационное селекционное давление) легкие хлопья традиционной биомассы селективно выносятся. По мере запуска селекционное давление увеличивают, в результате растут размеры и плотность хлопков, что увеличивает скорость их осаждения и формирует гранулы. Выжить в форме гранулы могут только бактерии, которые адаптируются благодаря механизмам селекции.

ЦИКЛИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС AquaNEREDA®

На основе уникальных характеристик гранулированной биомассы в технологии AquaNereda используется оптимизированный процесс циклического (SBR) реактора (см. рис. 4).

ЗАПОЛНЕНИЕ/ОПОРОЖНЕНИЕ:

Первой фазой циклической структуры является заполнение/опорожнение, когда поток впервые поступает в реактор. Аноксидные и анаэробные условия обеспечивают процессы денитрификации и высвобождения фосфора. Одновременно обработанный сток вытесняется к выходу из реактора.

АЭРАЦИЯ

На этой фазе биомасса находится в аэробных и аноксидных условиях, что обеспечивает одновременное протекание в гранулах процессов нитрификации и денитрификации. Нитраты посредством диффузии перемещаются между внешней аэрируемым и внутренним аноксидным слоями гранулы, что исключает необходимость перекачивания больших рециркулирующих потоков, применяемого на традиционных сооружениях. Также в аэробных условиях стимулируется быстрое потребление фосфора ФАО. Автоматизированная система управления процессом обеспечивает экономию энергии и оптимизацию процесса.

ОСАЖДЕНИЕ

По завершении фазы аэрации система переходит в фазу осаждения. Здесь поступающий на очистку сток еще не попадает в реактор. Гранулированная биомасса отделяется от обработанного стока в течение очень короткого промежутка времени осаждения. Избыточный ил выводится для поддержания нужного объема биомассы. Наконец система готова к новому циклу, и сток поступает в реактор, а очищенная вода сбрасывается.

Продолжительность фаз основана на специфических характеристиках сточной жидкости, расходе и целевых показателях очищенного стока.

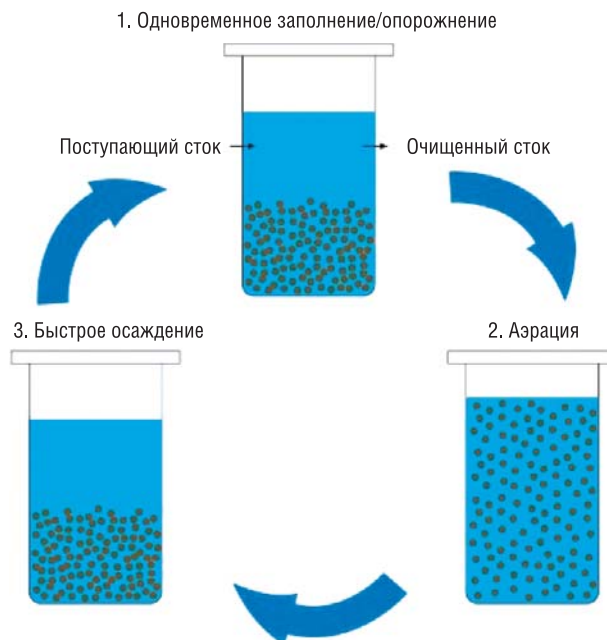


Рис. 4.
ЦИКЛИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС AquaNEREDA®

Оптимизация процесса и циклических структур осуществляется посредством использования автоматизированной системы управления. По мере прохождения потока сточных вод нагрузка и температура колеблются, при этом технологические параметры корректируются для повышения эффективности.

ПРИМЕНЕНИЕ

Типовые области применения системы аэробного гранулированного ила включают:

- повышение производительности очистных сооружений,
- модернизацию существующих очистных систем для выполнения более строгих нормативов качества очищенного стока,
- для новых объектов – обеспечение глубокой очистки от биогенных элементов.

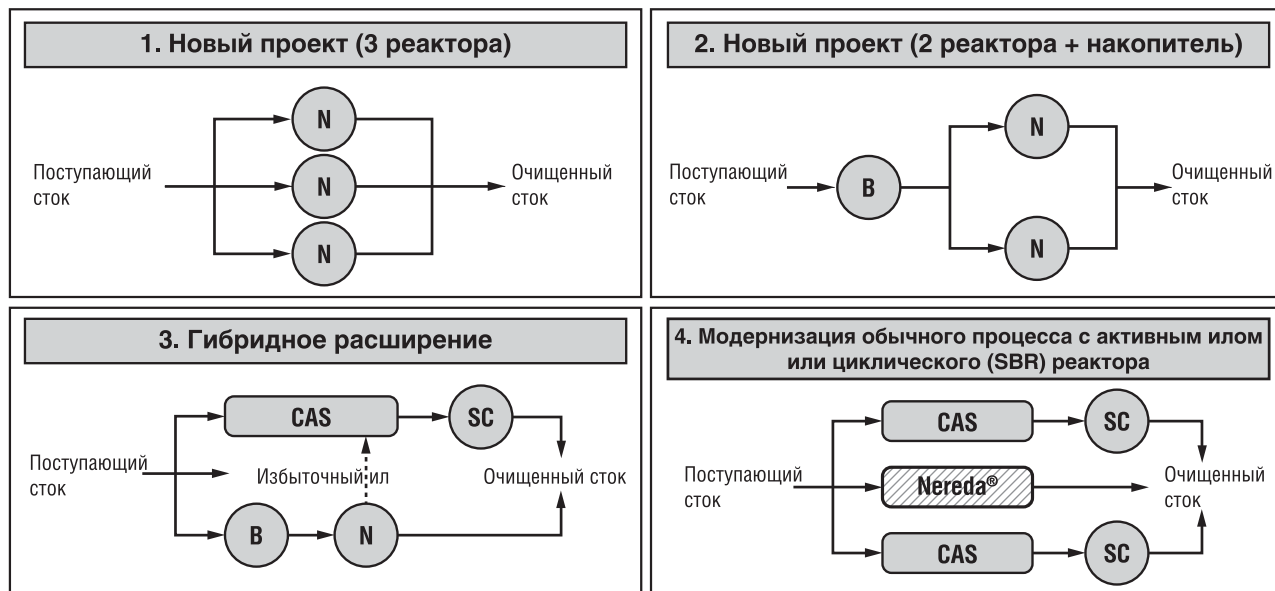


Рис. 5.
ТИПОВЫЕ КОНФИГУРАЦИИ АЭРОБНОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ИЛА
В – БУФЕР/УСРЕДНЕНИЕ; N – РЕАКТОР НЕРИДА; CAS – ОБЫЧНЫЙ АЭРОТЕНК; SC – ВТОРИЧНЫЙ ОТСТОЙНИК

ПРИМЕЧАНИЕ: Конфигурации приведены для примера. Система не ограничена данными конфигурациями

На рис. 5 приведены типовые конфигурации, возможной установки системы AquaNereda. В каждом случае изображенное количество установленных реакторов Nereda не является пределом.

Новый объект

Конфигурация 1: Новое строительство 3-х или более реакторов Nereda. В этом случае сточная вода поступает как минимум в один из реакторов Nereda.

Конфигурация 2: Новое строительство реакторов Nereda и резервуара-накопителя. Доказано, что данная конфигурация – одна из наиболее распространенных и экономически эффективных. Данная конфигурация не ограничена двумя реакторами, в ряде случаев, в зависимости от пиковых расходов сточных вод, поступающих на сооружения, предварительное усреднение расхода может быть эффективным решением в системах с двумя и более реакторами.

Гибридная

Конфигурация 3: В гибридной расширенной конфигурации избыток гранул из системы AquaNereda можно подавать в существующие традиционные установки активного ила¹. Это позволяет увеличить аэробный возраст ила и повысить производительность и надежность очистных сооружений.

Модернизация существующих сооружений

Конфигурация 4: Модернизация существующих традиционных установок активного ила, последовательно-циклического реактора или системы мембранного реактора с добавлением технологии AquaNereda. Данная конфигурация позволяет использовать существующую инфраструктуру для увеличения производительности сооружений, снижения потребления энергии и расхода реагентов.

¹ Такой процесс известен как биоаугментация. – Примеч. ред.



ПРЕИМУЩЕСТВА

Процесс аэробного гранулированного ила (АГИ) обладает рядом преимуществ в сравнении с традиционным процессом активного ила, в том числе свойством ускоренного осаждения. В системе АГИ бактерии находятся в виде крупных плотных гранул в отличие от взвешенных хлопков. Плотность гранул повышает скорость осаждения в 15 раз по сравнению с обычным активным илом. На рис. 6 приведено визуальное сравнение результата осаждения аэробных гранул и обычных хлопков активного ила за 5 минут.

Ускорение осаждения позволяет значительно увеличить дозу ила, что повышает производительность очистных сооружений. Индекс объема ила снижается до 30–50 мл/г; что обеспечивает работу биореактора при концентрации взвешенных веществ в иловой смеси до 8 г/л и выше. В результате как объем биореактора, так и занимаемая площадь могут быть сокращены до 75 %.

Рис. 6.
Аэробный
гранулированный ил
(слева) и обычный
активный ил (справа)
после 5 мин отстаивания

Уменьшение занимаемой площади также обеспечивается за счет проведения процесса полного удаления биогенных элементов в одном реакторе (общее преимущество для всех циклических реакторов). Вспомогательных резервуаров, таких как первичные отстойники, селекторы, отдельные аноксидные и аэробные отделения, и вторичные отстойники, не требуется.

Быстрая утилизация субстрата и кислорода в гранулированной системе снижает удельное потребление энергии и расход воздуха. Благодаря протеканию процесса в одном резервуаре, оборудования для процесса аэробного гранулированного ила требуется меньше по сравнению с традиционными системами активного ила. В установке AquaNereda насосов для возвратного ила, как таковых, не требуется.

Сокращение аэрации и механических компонентов обеспечивает экономию энергии до 50 % (см. рис. 7).

Сокращение единиц механического оборудования, необходимого для выполнения требований по удалению биогенных элементов, способствует снижению затрат на строительство, эксплуатацию и техническое обслуживание. Соответственно, снижает-

ся расход реагентов для гарантированного удаления фосфора благодаря высокому биологическому удалению фосфора гранулированной биомассой. Экономия затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание, а также невысокие строительные расходы обеспечивают в целом приемлемые затраты за срок службы.

ПОЛНОМАСШТАБНЫЕ РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ

Эпе (Ере), Нидерланды

Очистные сооружения Эпе (рис. 8) является примером конфигурации 1 (новое строительство, 3 реактора). Средний проектный расход воды на сооружениях 9,6 тыс. м³/сут., пиковый – 43 тыс. м³/сут. Очистные сооружения функционируют очень хорошо и даже в зимний период обеспечивают качество очищенного стока по общему азоту менее 8 мг/л и общему фосфору менее 0,5 мг/л. Потребление энергии на 40 % ниже по сравнению с аналогичными по мощности традиционными сооружениями биологической очистки.

Рис. 7.
ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ
НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ
КАНАЛИЗАЦИИ GARMERWOLDE
(УСТАНОВКА NEREDA
РАБОТАЕТ ПАРАЛЛЕЛЬНО
С ТРАДИЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ
АКТИВНОГО ИЛА)

◆ — НЕРЕДА;
■ — ТРАДИЦИОННАЯ СИСТЕМА
С АКТИВНЫМ ИЛОМ

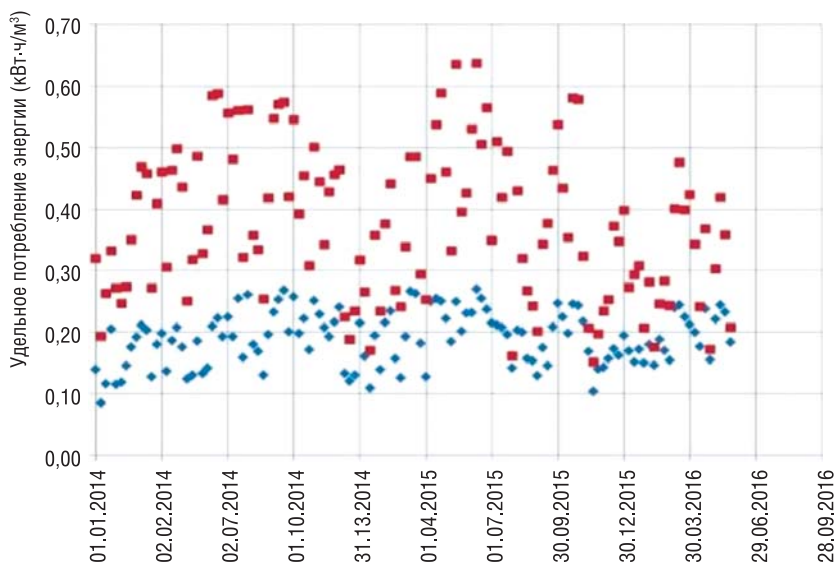




Рис. 8.
Очистные сооружения в Эпе, Нидерланды



Рис. 9.
Очистные сооружения в Гаммервольде, Нидерланды



ГАММЕРВОЛЬДЕ (GAMMERWOLDE), НИДЕРЛАНДЫ

Сооружения Гаммервольде (рис. 9) является примером нового проекта (конфигурация 2, два реактора + буферный резервуар). Средний общий проектный расход воды на сооружениях – 36 тыс. м³/сут., пиковый расход – 120,8 тыс. м³/сут. Проект сооружений предусматривал разделение потока сточных вод в соотношении: 60 % – в существующую традиционную систему активного ила и 40 % – в систему Nereda. На данный момент в реакторах Nereda обрабатывается до 60 % общего объема стоков, поступающих на очистку². Очистные сооружения обеспечивают качество сбрасываемого очищенного стока по общему азоту – менее 7 мг/л и общему фосфору – менее 1 мг/л.

ФРИЕЛАШ (FRIELAS), ПОРТУГАЛИЯ

Станция Фриелаш (рис.10) является примером конфигурации 4 (модернизация существующей системы с активным илом). Средний проектный расход воды на очистных сооружениях составляет 84 тыс. м³/сут. Из шести существующих аэротенков только один был заменен на реактор Нерида, емкость реактора составляет около 4800 м³, производительность – 14,4 тыс. м³/сут. при пиковом расходе 53,6 тыс. м³/сут.³ С момента пуска в эксплуатацию реактора Nereda качество всего очищенного стока соответствует стандарту; в настоящее время рассматривается возможность модернизации остальных реакторов с засевом гранулированного ила.

Рис. 10.
Очистные сооружения Фриелаш, Португалия

² Соотношение объемов и площадей двух частей станции хорошо видно на рис. 9, система Nereda не занимает и 15 % от площади обычной станции. – *Примеч. ред.*

³ Соответствует среднему времени пребывания сточных вод 8 часов, включая разделение иловой смеси, а при пиковом расходе – чуть более 2-х часов! – *Примеч. ред.*

ДЕОДОРО (DEODORO), БРАЗИЛИЯ

ОСК Рио-де-Жанейро Деодоро (рис. 11) являются примером нового строительного проекта. Это крупнейшее применение технологии Nereda в мире; в настоящее время в эксплуатацию введена первая ступень проектной мощностью 78 тыс. м³/сут. с пиковым расходом 131 тыс. м³/сут. Установка Nereda с шестью резервуарами была введена в эксплуатацию в мае 2016 г. перед началом Олимпийских Игр в Рио-де-Жанейро. Расчетные показатели качества очищенного стока составляют БПК₅ – 25 мг/л, взвешенные вещества – 10 мг/л, аммонийный азот – 1 мг/л и фосфаты – 1,5 мг/л. Проект расширения ОСК будет завершен к 2025 г., при этом проектная мощность станции составит 104 тыс. м³/сут. при пиковом расходе 177 тыс. м³/сут.



Рис. 11.
Промышленная установка Деодоро, Рио де
Жанейро, Бразилия

РИНГСЕНД (RINGSEND), ИРЛАНДИЯ

Очистные сооружения канализации Дублина Рингсенд (рис. 12) находятся на стадии проекта реконструкции и являются примером модернизации существующих циклических реакторов (SBR). По завершении проекта мощность установки Nereda составит в среднем 141 тыс. м³/сут. при пиковом расходе – 267 тыс. м³/сут. Проектная доза ила будет увеличена с 2,5 г/л до 8 г/л. По данным проведенных исследований, благодаря надежной стабильности аэробных гранул система Nereda выдерживает высокую соленость поступающих стоков, которая очень вредна для традиционных систем активного ила. Система Nereda должна обеспечить концентрацию общего азота в очищенном стоке 10 мг/л и глубокую очистку от фосфора без дополнительных объемов сооружений. ●



Рис. 12.
Модернизация в промышленном масштабе ОСК
Дублин Рингсенд, Ирландия



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-3/17

дата: « 20 » _____ ИЮНЯ _____ 2017 г.

Предмет счета	Кол-во комплектов	Цена (руб.)	Сумма (руб.)
Подписка на журнал «Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения» на 2 пг. 2017 г. (3 номера)	1	2850-00	2850-00
НДС не облагается			00-00
Итого			2850-00

Всего к оплате: *Две тысячи восемьсот пятьдесят рублей 00 копеек*

Директор

Гл. бухгалтер



Андреева С.В.

Андреева С.В.

ОБРАЗЕЦ ЗАПОЛНЕНИЯ ПЛАТЕЖНОГО ПОРУЧЕНИЯ

Сумма прописью: Две тысячи восемьсот пятьдесят рублей 00 копеек

ИНН	КПП	Сумма	2850 - 00
Платательщик		Сч. №	
Банк плательщика		БИК	
Филиал «Центральный» Банка ВТБ (ПАО), г. Москва		Сч. №	
Банк получателя		БИК	044525411
ИНН 7736242763	КПП 773601001	Сч. №	30101810145250000411
Некоммерческое партнерство «Центр перспективного развития»		Сч. №	40703810801500000018
Получатель		Вид оп.	Срок плат.
		Наз. пл.	Очер. плат.
		Код	Рез. поле

Почтовый адрес:

Телефон:

Подписка на журнал «Наилучшие доступные технологии водоснабжения
и водоотведения» на 2 пг. 2017 г. (3 номера) по счету № НДТ-3/17 от 20.06.2017 (НДС не облагается)
Назначение платежа

М.П.

Подписи

Отметки банка

Обязательно укажите:

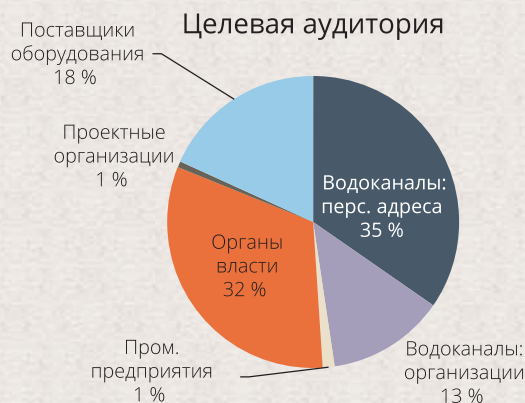
- Название издания и период подписки
- Номер счета, на основании которого производится оплата
- Подробный почтовый адрес, на который будет высылаться журнал
- Контактный телефон

ВСЯ АКТУАЛЬНАЯ ОТРАСЛЕВАЯ ИНФОРМАЦИЯ

VODA NEWS

Нас читают более 3-х тысяч профессионалов сферы ВКХ

- Электронная рассылка самой важной информации «из первых рук»
- Доступ к решениям практических задач отрасли
- Подготовка к переходу на НДТ
- Информация об отраслевых мероприятиях: выставки, конференции, семинары и вебинары
- Помощь в написании статей, подготовке интервью и продвижении идей



Хотите бесплатно получать рассылку и отслеживать важные отраслевые события?
Подпишитесь на сайте

www.vodanews.info

Реализуется при поддержке ГК «Водоканал Эксперт», журнала «НДТ»
и Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения



группа компаний
Водоканал Эксперт

НДТ
НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ



Российская ассоциация
водоснабжения
и водоотведения



Российская ассоциация
водоснабжения
и водоотведения



Х Юбилейная конференция водоканалов России Калининград, 18–22 сентября 2017 года

Экологические и социально-экономические инструменты повышения эффективности работы предприятий ВКХ

Российская ассоциация водоснабжения и водоотведения, представляющая интересы водоканалов всех федеральных округов РФ, проводит с 19 по 22 сентября 2017 года ЮБИЛЕЙНУЮ X Конференцию водоканалов России в городе Калининграде.

Мероприятие ежегодно проходит на территории различных субъектов РФ и традиционно становится площадкой открытого диалога власти и представителей отрасли, финансов и бизнес-структур, обмена мнениями и выработки позиции по решению ключевых вопросов нормативного и технологического развития водопроводно-канализационного хозяйства.

В год экологии в России деловая программа Конференции-2017 делает акцент на нововведениях отраслевого и природоохранного законодательства, экологическим взаимоотношениям водоканалов, подготовке к получению комплексного экологического разрешения.

К участию приглашены представители Минприроды России, Росприроднадзора, Роспотребнадзора, Минпромторга России, Минстроя России, Минэкономразвития России, Совета Федерации, Госстандарта России, Бюро НДТ, РСПП, ведущие отраслевые эксперты.

Организатор конференции – РАВВ и принимающая сторона – водоканал города Калининграда приглашают коллег и партнеров присоединиться к работе профессионального сообщества!

Дополнительная информация – на сайте www.raww.ru
и по телефонам +7(495) 939-19-36,
+7(499) 137-32-40

До встречи в Калининграде!