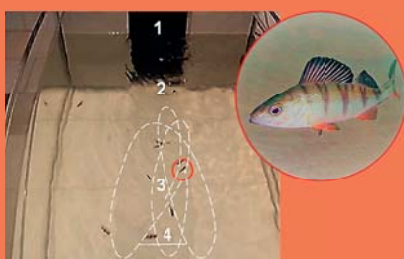


ВНН

НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

АНАЛИЗ
НА СООТВЕТСТВИЕ НДТ

СИСТЕМА ПОДАЧИ
И ДИСПЕРГИРОВАНИЯ
ВОЗДУХА В АЭРОТЕНКАХ



РЫБОЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ПОТОКООБРАЗУЮЩИХ
УСТРОЙСТВ



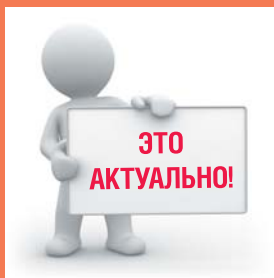
ВСЕРОССИЙСКИЙ
ВОДНЫЙ КОНГРЕСС 2017

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

МОСКВА, 27 – 30 ИЮНЯ 2017 ГОДА



ДЕЗИНФЕКТАНТ
КАК АЛЬТЕРНАТИВА
ХЛОРИРОВАНИЮ
В ВОДОПОДГОТОВКЕ



БИОЛОГИЧЕСКОЕ
УДАЛЕНИЕ ФОСФОРА
ПРАКТИЧЕСКИ ДО НУЛЯ:
ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ

ОПЫТ УТИЛИЗАЦИИ
ОСАДКОВ
СТОЧНЫХ ВОД
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
ПОЧВОГРУНТА



VODA
NEWS

ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ ОТРАСЛИ ВКХ
vodanews.info

Только нужные новости — в рассылке Voda News

#УЗНАТЬ_ПЕРВЫМ_ОТ_ПЕРВЫХ



В ЖУРНАЛЕ НДТ В 2016 г. БЫЛИ ОПУБЛИКОВАНЫ РЕШЕНИЯ БОЛЕЕ

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

НДТ № 1'2016. С. 22–26

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

НДТ № 1'2016. С. 28–31



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

НДТ № 1'2016. С. 32–39



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

НДТ № 2'2016. С. 18–22

**РЕШЕНИЯ
ПО РЕКОНСТРУКЦИИ
ИНФРАСТРУКТУРЫ ВКХ
КРУПНЫХ ГОРОДОВ**

НДТ № 2'2016. С. 24–29



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

НДТ № 3'2016. С. 12–17

**БЕНЧМАРКИНГ КАК
СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ВОДОКАНАЛА**

НДТ № 3'2016. С. 24–29



**ТОП-НОВИНКИ
ЭКВАТЭК-2016**

НДТ № 3'2016. С. 30–34

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

НДТ № 4'2016. С. 24–28



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

НДТ № 4'2016. С. 36–49

**БЕСТРАНШЕЙНОЕ
ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ВНУТРИКВАРТАЛЬНОЙ
КАНАЛИЗАЦИИ
С ЗАМЕНОЙ КОЛОДЦЕВ**

НДТ № 4'2016. С. 54–55

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

НДТ № 5'2016. С. 16–24

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

НДТ № 5'2016. С. 26–36



**НОВАЦИИ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
В ВКХ, ПРОВЕРЕННЫЕ
ПРАКТИКОЙ**

НДТ № 5'2016. С. 37–44

Банк решений более 100 практических задач водоканалов

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



**10 ИННОВАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ
НА ВЫСТАВКЕ
WEFTEC**

НДТ № 1'2016. С. 39–46

**БИЗНЕС-ПРОЦЕСС
ЭНЕРГОСЕРВИСНОГО
ДОГОВОРА**

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

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

НДТ № 2'2016. С. 14–17

**ПРЕДУПРЕДИ
ГИДРОУДАР –
ПРЕДОТВРАТИ
РАЗРЫВ
ТРУБОПРОВОДА**

НДТ № 2'2016. С. 32–37



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

НДТ № 2'2016. С. 40

**ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ
ВОДЫ НА ОСНОВЕ
МЕМБРАННЫХ
БИПОЛЯРНЫХ
ЭЛЕКТРОЛИЗЁРОВ**

НДТ № 3'2016. С. 7–11

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

НДТ № 3'2016. С. 36–40

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

НДТ № 4'2016. С. 17–20



**ПОМОЖЕМ ПОВЫСИТЬ
ПЛАТЕЖНУЮ
ДИСЦИПЛИНУ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЖКУ**

НДТ № 4'2016. С. 22–23



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

НДТ № 4'2016. С. 56–60

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

НДТ № 4'2016. С. 65

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

НДТ № 5'2016. С. 11–13

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

НДТ № 5'2016. С. 45–51

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

НДТ № 6'2016. С. 6–13

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

НДТ № 6'2016. С. 20–28

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

НДТ № 6'2016. С. 29–34

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

АПРЕЛЬ'2017 #2



ПРИНЦИП НДТ



**ГЛАВНЫЙ
КРИТЕРИЙ**



**ФИЛОСОФИЯ
ВЫБОРА**

**Система подачи
и диспергирования
воздуха в аэротенках:**
опыт эксплуатации,
оценка эффективности
и соответствия НДТ

4

**Комбинированный
дезинфектант «диоксид
хлора и хлор» –**
перспективная альтернатива
традиционному
хлорированию в системах
водоподготовки

18

**Рыбозащитные
сооружения на основе
потокобразующих
устройств**

36

**Биологическое удаление
фосфора практически
до нуля: отечественный опыт**

29

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**



ИНТЕРЕСНО

**О регулировании
использования осадка
сточных вод как удобрения**

47

**Опыт утилизации
осадков сточных вод
при производстве
органического удобрения
«Почвогрунт “Ульянинский”»**

51

**Компактные
очистные сооружения
для канализации города
Санрайз Бич**

54

**Стартовал совместный проект
журнала «НДТ» и Бюро НДТ.
Читайте на с. 4**



АНАЛИЗ НА СООТВЕТСТВИЕ НДТ

Система подачи и диспергирования воздуха в аэротенках: опыт эксплуатации, оценка эффективности и соответствия НДТ

**Д.А. Данилович,
КАНД. ТЕХН. НАУК,
КООРДИНАТОР
ТЕХНИЧЕСКОЙ
РАБОЧЕЙ ГРУППЫ
БЮРО НДТ,
ЭКСПЕРТ-ДИРЕКТОР
ЖУРНАЛА «НДТ»**

Статья посвящена весьма интересному примеру внедрения современной системы подачи воздуха, реализованному на одном из крупнейших в стране сооружений, осуществляющих удаление азота и фосфора на блоке удаления биогенных элементов (УБЭ) Люберецких очистных сооружений АО «Мосводоканал» [1–3], с момента запуска которого прошло 10 лет.

Системы подачи воздуха являются важнейшими элементами любых сооружений биологической очистки, использующих аэротенки (дословно – емкости, куда подают воздух). От их работы зависит как обеспечение требуемого качества очистки, так и экономические показатели процесса. В состав современных систем подачи воздуха входят воздуходувки, системы управления ими, воздухопроводы, КИП, управляющая и запорная арматура, и собственно аэрационные системы (совокупность аэраторов и систем подвода воздуха к ним).

В основу технологии очистки сточных вод, использованной на блоке УБЭ, положен УСТ-процесс (технология Кейптаунского университета) [4].

На блоке УБЭ подача осветленных вод осуществляется в начало первого коридора (анаэробная зона) (рис. 1). Из первого коридора иловая смесь поступает во второй и третий коридоры («карусель») с аноксидными и аэробными зонами. В начало второго коридора подается возвратный активный ил. Циркулирующая иловая смесь («кейптаунский рецикл») подается погружными насосами из конца второго коридора после прохождения процесса денитрификации. В четвертом коридоре (аэробная зона) завершаются процессы нитрификации и окисления органических соединений, а также удаления фосфора. Внутренний рецикл денитрификации организован с использованием «карусельного» принципа. С помощью мешалок, ориентированных по оси потока, во втором и третьем коридорах биореактора осуществляется непрерывное движение иловой смеси через аэробную и аноксидную зоны со скоростью 0,25–0,3 м/с.

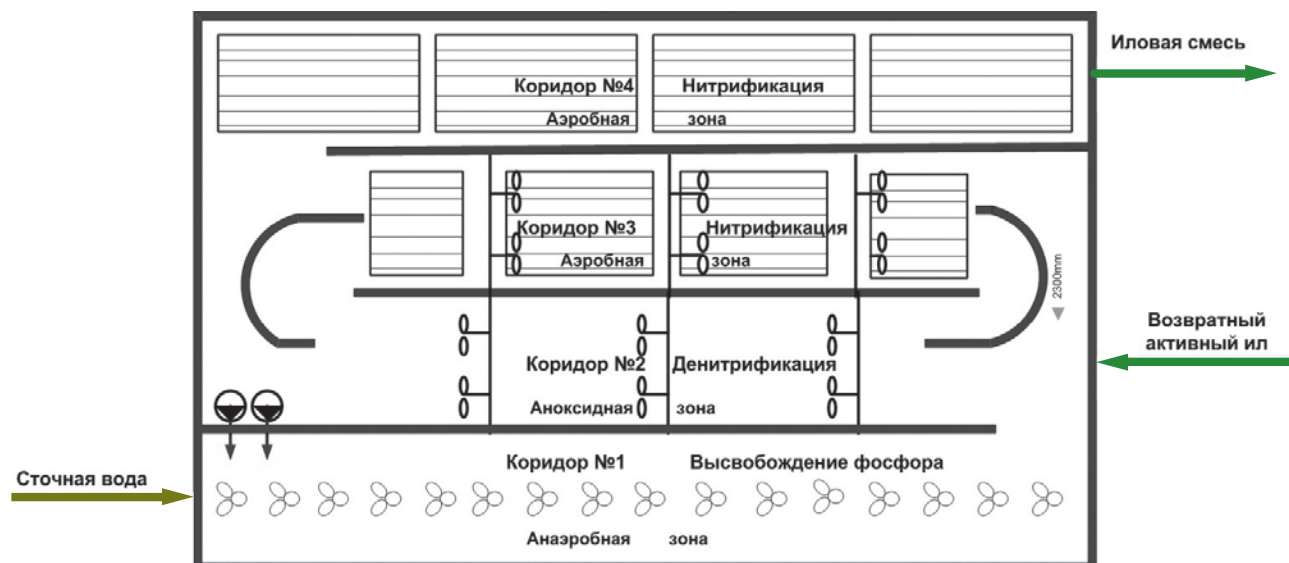


Рис. 1.
СХЕМАТИЧЕСКАЯ КОМПОНОВКА ОДНОГО ИЗ 4-Х АЭРОТЕНКОВ БЛОКА УБЗ
(НЕ В МАСШТАБЕ.ФАКТИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ОДНОГО АЭРОТЕНКА: длина – 297 м, ширина – 36 м)

В составе систем подачи воздуха было применено оборудование ведущих мировых производителей, изготовление и монтаж воздуховодов были произведены российской компанией (табл. 1).

Рассмотрим некоторые элементы системы.

Воздухонагнетатели

По проекту основным оборудованием для подачи воздуха на блок были две регулируемые воздуходувки ТС 52.800/690, поставленные компанией HAFI (Австрия). Механическое оборудование в этих агрегатах было от известного производителя Aerzen (Австрия), электрооборудование и АСУ – польской компании Zigelsky.

Таблица 1.
ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ВОЗДУХА

Функция	Оборудование	Производитель
Нагнетание воздуха в аэрационные системы	Воздуходувки с системой регулирования производительности	HAFI, Австрия
Транспортирование сжатого воздуха	Воздуховоды из нержавеющей стали (диаметры выше стандартных)	ИНСЕЛ (Россия)
Регулирование расхода воздуха	Электрифицированные задвижки для воздуховодов, типа «бабочка»	ISORIA, Германия
Измерение расхода воздуха	Расходомеры воздуха	ENDRESS+HAUSER, Германия
Диспергирование воздуха в аэробных зонах	Аэрационная система AQUASTRIP с пластинчатыми мембранными аэраторами	Aqua consult, Австрия
Контроль концентрации растворенного кислорода (КРК)	Стационарные кислородомеры	Стационарные приборы – ENDRESS+HAUSER, Германия. Переносные – WTW, Германия
Управление процессом	АСУ ТП биологической очистки	МосводоканалНИИпроект

Данные агрегаты обеспечивали возможность регулирования подачи воздуха от 100 до 40 % при неизменном давлении и несущественной потере КПД при более низких подачах. Такого рода одноступенчатые агрегаты производства Siemens в отечественной литературе детально описаны В.И. Баженовым и его коллегами [5]. В основе регулирования лежит создание воздушного кольца на входе в рабочее колесо с помощью струенаправляющих лопаток, угол расположения которых может меняться. Агрегаты на блоке УБЭ, оба рабочие, имели номинальную производительность 800 м³/мин при давлении нагнетания около 0,7 бар. В основе необходимости регулирования в такой степени лежит колебание нагрузки по окисляемым загрязнениям, которое в течение годового и суточного цикла происходит как раз в диапазоне от 40 до 100 %.

Регулируемые воздуходувки такого типа были использованы впервые в отечественной практике.

Поскольку блок УБЭ строился в развитие предыдущего блока аналогичной производительности, то имелась возможность подключить к воздуховодам нового блока 33 ед. воздуходувок производства «Дальэнергомаш» аналогичной производительности, не оснащенных системами регулирования расхода. Благодаря способности регулируемых воздуходувок поддерживать заданное давление, они могут работать совместно с нерегулируемыми агрегатами без негативного взаимовлияния.

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ВОЗДУХА

На блоке УБЭ использован двухконтурный принцип автоматического регулирования подачи воздуха. В первом контуре, индивидуальном для каждого аэрируемого коридора, подача воздуха регулируется контроллером с помощью электрифицированных задвижек с целью поддержания концентрации растворенного кислорода (определяемой кислородомером) в установленном диапазоне. Во втором контуре, общем для всего блока второй контроллер,

управляя по сигналу датчика давления воздуха расходом регулируемых турбовоздуходувок, обеспечивает поддержание давления сжатого воздуха в общем воздуховоде в заданном диапазоне. Эта система призвана поддерживать индивидуальную заданную концентрацию растворенного кислорода (КРК) в различных аэротенках и их зонах, обеспечивая экономию энергии на аэрацию.

Процесс регулирования, на примере отработки снижения расхода при уменьшении притока на блок, выглядел следующим образом:

- по сигналу от кислородомера (расположены в каждом аэрируемом коридоре каждого аэротенка, всего 8 приборов), при превышении заданной уставки КРК подается сигнал на шаг закрытия задвижки на воздуховоде в данный коридор;
- в остальных коридорах происходят подобные процессы (не обязательно количественно совпадающие, по причинам возможного различного состояния аэрационных систем и неравномерности распределения нагрузки),
- как результат прикрытия задвижек происходит повышение давления в магистральном воздуховоде сверх заданной уставки,
- автоматика воздуходувки дает команду на поворот лопаток управляющего механизма таким образом, что это увеличивает сопротивление на всасе в рабочее колесо, в результате чего подаваемый расход снижается, и давление в воздуховоде возвращается в заданный диапазон.

Второй контур работал в штатном режиме с 2006 г. до первой половины 2013 г. В течение 6 лет данная система прекрасно регулировала подачу, будучи хорошо управляемой и надежной. Для работы блока было достаточно только двух регулируемых воздуходувок. Обеспечивалось очень низкое энергопотребление блока. Это была первая крупномасштабная система такого рода, разработанная и реализованная российскими специалистами.

Однако, после 6 лет работы одна из регулируемых машин вышла из строя в аварийной ситуации. Оторвавшаяся с крепления направляющая лопатка пробила корпус на стороне всаса, в результате резкого роста

давления в этой части воздуходувки произошло разрушение корпуса, с разлетом осколков. По счастливой случайности обошлось без жертв. После этого инцидента второй агрегат был выведен из эксплуатации. Был сделан вывод о необходимости использовать регулируемые воздуходувки исключительно с двусторонним (сквозным) креплением лопаток: в агрегате от Aerzen крепление было на резьбе в тело несущего кольца.

Сейчас блок работает на традиционных нерегулируемых воздуходушках, описанная система регулирования подачи воздуха задействована в минимальной степени.

Полученный опыт однозначно свидетельствует в пользу регулируемых воздуходувок. Однако следует обращать внимание на их конструктивные особенности.

СИСТЕМА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Наиболее часто применяемыми в мировой практике на сооружениях такого масштаба являются мембранные аэраторы, обладающие высокой массопередачей (эффективностью использования кислорода из поданного в них воздуха).

В ходе СМР в аэротенках блока УБЭ были установлены пластинчатые мембранные аэраторы AQUASTRIP T4,0EU-18 производства компании *Aqua Consult* (Австрия). Воздухопроводы и основание аэратора были выполнены из нержавеющей стали, мембрана – из полиуретанового полимера. На тот момент аэраторы такого типа рассматривались как одни из наиболее эффективных, производительных и имеющих очень большой срок службы. До принятия решения о приобретении аэраторов такого типа автор в составе делегации «Мосводоканала» ознакомился с опытом использования AQUASTRIP на КОС г. Грац (Австрия). Там после 5 лет эксплуатации производилась только частичная выборочная замена, т.е. срок службы оценивался в 7–8 лет, соответствуя заявленному производителем.

Расчет количества аэраторов, необходимого для достижения параметров технического задания конкурса (подача в ил заданного количества кислорода при эффективности не ниже установленной) был произведен поставщиком (инжиниринговой компанией ВОДАКО) на основании эффективности массопередачи, декларированной производителем. В каждом аэротенке было смонтировано по 348 аэраторов. Длина каждого аэратора составляла 4 м, ширина – 18 см, площадь поверхности мембраны – около 0,7 м² (рис. 2). Общая площадь аэраторов на блоке составила 975 м².

В процессе эксплуатации, вскоре после запуска блока УБЭ, было зафиксировано прогрессирующее снижение пропускной способности аэраторов, что повлияло на величину КРК в аэротенках. При осмотрах обнаруживалось интенсивное биологическое обрастание мембран аэраторов, а также отложение солей жесткости на поверхности мембран.

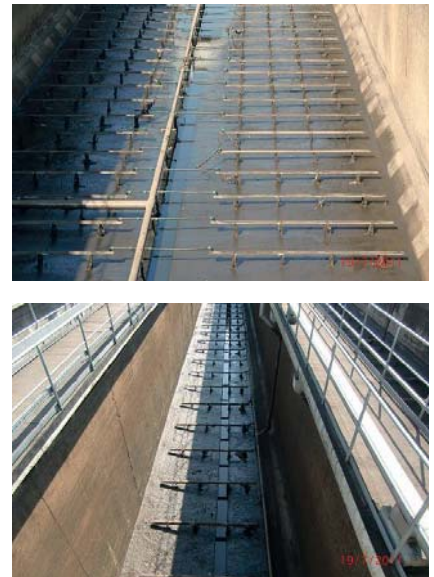


Рис. 2.
РАСПОЛОЖЕНИЕ АЭРАТОРОВ
AQUASTRIP в 3-ем и 4-ом
КОРИДОРАХ АЭРОТЕНКА



Рис. 3.
НЕОБРАТИМАЯ ДЕФОРМАЦИЯ МЕМБРАН
АЭРАТОРЫ AQUASTRIP ПОСЛЕ
НЕСКОЛЬКИХ ЛЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

К 2009 г. обследование аэрационной системы показало, что все мембраны аэраторов в результате растяжения приобрели остаточную деформацию в виде выгнутой формы. Отмечена высокая степень биообрастания (кольматации) поверхности мембран. На ряде аэраторов мембраны имели разрывы различной степени (рис. 3). Вследствие перечисленных причин рабочая площадь мембран аэраторов сократилась на 25–40 %.

Использовалось рекомендованное фирмой-производителем «встряхивание мембран» с кратковременным полным закрытием подачи воздуха – простой, но, как оказалось, малоэффективный способ. Механическая очистка аэраторов вручную позволяла удалять часть обрастаний. После очистки интенсивность аэрации сразу возрастала, однако эффект сохранялся недолго.

Были проведены локальные эксперименты по химической очистке мембран аэраторов с использованием уксусной кислоты. Такая обработка давала ярко выраженный положительный эффект. Однако для ее реализации требовалась сложная система дозирования и подачи кислоты в воздухопроводы. При этом необходимо было заменить элементы воздухоподводящей системы с использованием только кислотостойких материалов. Такое направление было признано бесперспективным, так как требовало не только значительных капитальных затрат, но и увеличения эксплуатационных издержек.

Проблемы эксплуатации аэрационной системы проявлялись в основном в летнее время. Так, летом 2010 г. в наиболее жаркие дни КРК в основных зонах аэрации при полностью открытых задвижках снижалась до 0,1–0,3 мг/л. В результате этого производительность блока в 2010 г. была существенно ниже проектной: службы эксплуатации старались не подавать на блок свыше 400–420 тыс. м³/сут. сточных вод, т. е. не выше 80–85 % проектной нагрузки.

Описанные проблемы осложнили работу блока, но в целом не повлияли на качество очистки сточных вод [2–3].

Был сделан вывод, что величина расчетной нагрузки на аэраторы была изначально завышена производителем (и проектные параметры работы блока были обеспечены только благодаря запасу, предусмотренному при расчете). Кроме того, материал мембран (полиуретановый полимер) оказался малоприспособленным для длительной эксплуатации на Люберецких очистных сооружениях. Причины этого установить не удалось.

В связи с высоким износом и снижением эффективности работы аэраторов AQUASTRIP в 2011 г. АО «Мосводоканал» осуществлена полная замена аэраторов во всех аэротенках блока УБЭ (конструкция данной системы в принципе не предусматривала замену только диспергатора). Была установлена система аэрации (см. рис. 4)



Рис. 4.
Аэраторы АКВА-ТОР в аэротенках
на Люберецких очистных сооружениях
АО «Мосводоканал»

с дисковыми аэраторами АКВА-ТОР (АР-420) производства ЗАО «Экополимер-М» (сейчас – АО «Майпроект»). Отличительной особенностью аэраторов АКВА-ТОР является оригинальная тороидальная конструкция, которая создает циркуляцию иловой смеси не только снаружи, но и внутри аэратора, через центральное отверстие. Это должно препятствовать коалесценции (объединению) пузырьков воздуха, являющейся причиной снижения эффективности растворения кислорода.

В АО «Мосводоканал» накоплен большой положительный опыт эксплуатации аэраторов АКВА-ТОР: по состоянию на ноябрь 2014 г. они были установлены в аэротенках общей производительностью около 4200 тыс. м³/сут. сточных вод. Общая протяженность воздуховодов в аэротенках составляла около 115 км, общее количество дисков – более 140 тыс. Основные характеристики аэраторов АКВА-ТОР приведены в табл. 2.

В ходе замены аэрационной системы в каждом аэротенке блока УБЭ было установлено по 3325 дисков (в том числе в третьем коридоре – 2338 шт., в четвертом коридоре – 987 шт.). Общая площадь аэрирующей поверхности на блоке возросла до 1530 м² (на 57 %). При выборе количества дисков службой эксплуатации учитывалось и существенное увеличение нагрузки на блок по окисляемым загрязнениям с момента запуска (до 50 %), и необходимый резерв для обеспечения работы в условиях планируемой к внедрению технологии ацидофикации осадка первичных отстойников (приведет к увеличению органической нагрузки).

Таблица 2.
Основные характеристики аэраторов АКВА-ТОР

Показатель	Значение
Наружный диаметр аэратора, мм	420
Внутренний диаметр аэратора, мм	170
Площадь аэрирующей поверхности, м ²	около 0,115
Рабочий расход воздуха на один аэратор, м ³ /ч	6–20
Оптимальный расход воздуха на один аэратор, м ³ /ч	10–12
Начальное сопротивление потоку воздуха (при расходе воздуха 10 м ³ /ч), м вод. ст.	0,24±5 %

С вводом новой аэрационной системы лимитирование по окислительной мощности было полностью устранено, в отдельные периоды (когда проводились эксперименты по гидравлической перегрузке блока) в систему подавался расход воздуха до 25 % выше проектного. Наблюдавшийся ранее дефицит кислорода в аэротенках, когда регулирующие задвижки по воздуху открывались на 100 %, отсутствовал.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЭРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Информация о фактической эффективности аэрационных систем важна как для анализа эксплуатационных показателей аэротенков, так и для оценки при дальнейшем планировании работ по их реконструкции. В практике АО «Мосводоканал» и других водоканалов для этой цели применяется выражение оценки технологической, либо энергетической эффективности аэрации – расход воздуха (или энергии) на 1 м³ очищаемой сточной воды, либо на 1 кг поступившей (либо удаленной) БПК₅. Такой подход давно устарел, так как в первом случае не учитывает концентрации загрязняющих веществ, во втором – затрат кислорода на удаление азота, в обоих случаях – глубины удаления азота. Во всех случаях не учитывается достаточность подачи воздуха.

Практикуются также косвенные оценки – сравнение с подачей воздуха на эти же линии до и после замены аэрационных систем. Этот подход также мало информативен, так как не учитывает в должной мере нагрузку, качество очистки, наличие (либо отсутствие) лимитирования по воздуху.

Известен, в том числе использовался в АО «Мосводоканал», метод отходящих газов («газового купола»), введенный в отечественную практику ГНЦ «НИИ ВОДГЕО», основанный на прямом измерении концентрации кислорода в отходящих газах аэротенка. Он дает точную и объективную информацию об эффективности аэрационной системы, но обладает следующим важным ограничением: полученная этим методом

информация относится только к обследованным участкам и к данному моменту времени. Последнее обстоятельство весьма важно, так как это ограничение не позволяет учитывать неравномерность поступления загрязнений и, соответственно, потребления кислорода в течение суток, а также проводить оценку за значительный период времени. По этой причине метод «газового купола» в большей степени характеризует именно эффективность работы диспергаторов воздуха и находит практическое применение, как правило, при приемке новых аэрационных систем и пусконаладочных работах.

Для подтверждения эффективности работы новых аэраторов был разработан усовершенствованный метод массового баланса кислорода и кислородоокисляемых веществ в системе «аэротенк – отстойник». В его основе лежит полный учет процессов фактического потребления кислорода в сооружении и соотнесение этого количества с количеством кислорода в поданном воздухе. Методология учитывает потребление воздуха на окисление загрязнений, с учетом процессов денитрификации, остаточного содержания загрязнений в очищенной воде и прироста ила. Расчет массы поданного воздуха учитывает все метеорологические факторы.

Этот подход базируется на расчете количества полезно потребленного кислорода и относится ко всей системе аэрации полностью, т.е. обобщает потребление по всей установке в целом и за весь взятый период времени. Также он учитывает и перерасход воздуха относительно оптимальной потребности как в результате несовершенства распределения воздуха по площади аэротенка, так и отсутствия (недостаточности) регулирования расхода по часам суток.

Таким образом, подход на основе массового баланса, позволяя оценить аэрационную систему в целом, представляет наибольший интерес для решения задач текущей эксплуатации.

Реализация методики массового баланса на Люберецких очистных сооружениях Москвы не потребовала никаких дополнений к сложившемуся перечню технологического контроля, кроме измерения содержания

растворенного кислорода в поступающей воде (существенно насыщается на водосливной распределительной камере) и органического азота в очищенной воде. Удельное содержание ХПК и азота в избыточном активном иле были приняты по литературным данным, метеорологические параметры (для приведения параметров поданного воздуха к стандартным условиям) – по данным Гидрометеослужбы.

В качестве тест-объекта рассматривался блок УБЭ целиком (четыре аэротенка и семь вторичных отстойников). Процедура измерения была осуществлена в сентябре 2013 г. в течение 23 суток, из которых в течение 17 суток производились отборы и анализы проб. Таким образом, в расчете использованы данные за эти 17 дней. В этот период средняя нагрузка на один аэратор АКВА-ТОР (приведенная к н.у.) за период замеров составила: в третьем коридоре – 6,4 м³/ч, в четвертом коридоре – 10,3 м³/ч (по реко-

мендации производителя рабочий расход 6–20 м³/ч, оптимальный – 10–12 м³/ч).

Для реализации расчетного метода на блоке УБЭ выполнялась специальная расширенная программа контроля, приведенная в табл. 3.

Несмотря на очевидность подходов, использованных при разработке данной методики, она была применена в России впервые. За рубежом расчеты на основе массового баланса широко используются на сооружениях США и Великобритании. Также известно о применении данного приема для целей бенчмаркинга очистных сооружений [6]. Однако, подробное изложение методики, позволяющее ее воспроизвести, отсутствует.

Подробное изложение методики и ее апробации содержится в [7]. Ниже приведены основные условия и результаты оценки эффективности аэраторов АКВА-ТОР на блоке УБЭ.

Таблица 3.
Расширенная программа контроля на блоке УБЭ

Показатель	Проба и время определения
Сточная вода, поступающая в аэротенки	
Расход	Среднечасовая
Температура	Разовая, ежедневно
ХПК	Отбиралась пробоотборником ежедневно в накопительную пробу*.
Общий азот	Анализировалась как среднесуточная
Концентрация растворенного кислорода	Разовая, ежедневно
Подаваемый воздух	
Расход	Среднечасовая
Температура уличного воздуха	Среднечасовая
Иловая смесь на выходе из аэротенков	
Концентрация растворенного кислорода	Два раза в период измерений каждые сутки, а также по данным датчиков (желательно получать информацию по температуре с датчиков)
Концентрация сухого вещества ила	Ежесуточная
Избыточный активный ил	
Расход	Суммарная за сутки
Концентрация сухого вещества	Три раза в сутки
Очищенная сточная вода	
ХПК	
Азот аммонийный	Отбиралась пробоотборником ежедневно в накопительную пробу*.
Азот нитратов	Анализировалась как среднесуточная (во взболтанной пробе)
Азот органический	

* В силу особенностей подачи воды на блок УБЭ коэффициент часовой неравномерности на нем пренебрежимо мал и не учитывался при отборе проб. В иных случаях следует разовые пробы отбирать (либо учитывать в накопительной пробе) в объеме, пропорциональном притоку данного часа.

Таблица 4.

Оценка эксплуатационных данных аэрационных систем с использованием различных методик

Показатель	АКВА-ТОР (2013 г.)		AQUASTRIP (2008 г.), расчетный метод
	для расчетного метода	для прямого измерения методом «газового купола» (выполнялось для апробации расчетного метода)	
Актуальная эффективность передачи кислорода (<i>AOTE</i>), %	16,5	22,8	11,8
Стандартная эффективность передачи кислорода <i>SOTE</i> , приведенная к глубине 6 м, %	34,9	37,8	24,3
Удельная эффективность <i>SOTE</i> (<i>SSOTE</i>), %/м	5,8	6,3	4,05
Расхождение между величинами <i>SSOTE</i> по двум методикам, %	8,5		–

Разработанная методика позволила также обработать имеющиеся эксплуатационные данные по УБЭ ЛОС за 2008 г., когда использовались аэраторы AQUASTRIP (табл. 4).

Таким образом, измерения, проведенные как по методике массового баланса, так и прямым методом отходящих газов, показали высокую эффективность работы аэрационной системы на основе аэраторов АКВА-ТОР. Величина эффективности растворения кислорода соответствует как лучшим мировым аналогам, так и информации от компании-производителя (ЗАО «Экополимер-М»). Результаты прямых замеров эффективности потребления кислорода (приведенные к стандартным условиям) практически совпали с данными, полученными при испытаниях аэратора АКВА-ТОР в тестовой лаборатории [7].

Замена не зарекомендовавших себя в работе аэраторов AQUASTRIP австрийского производства аэраторами АКВА-ТОР, ранее проявившими себя с положительной стороны на других блоках московских очистных сооружений, позволила повысить на 30 % эффективность использования кислорода, увеличить надежность работы блока, очищающего около 500 тыс. м³/сут. сточных вод.

Важно оценить удельное энергопотребление по результатам опыта 2013 г. Расчет этой величины с использованием данных службы эксплуатации Люберецких очистных сооружений за сентябрь 2013 г. приведен в табл. 5. Расчет этих показателей (кроме энергоэффективности аэрации в стандартных условиях) также входит в методику анализа эффективности аэрации.

Таблица 5.

Анализ эффективности аэрации

Показатель	Значение
Удельный расход электроэнергии: на очистку сточной воды, кВт·ч/м ³ на подачу воздуха, кВт·ч/1000 м ³ на растворение кислорода, кВт·ч/кг	0,1 31 0,44
Актуальная энергоэффективность аэрации в период замеров (сентябрь 2013 г.), кг/(кВт·ч)	2,3
Энергоэффективность аэрации в стандартных условиях (SAE)** , кг/(кВт·ч)	4,8

* Измеренная величина при фактическом давлении.

** Приведена к стандартным условиям

ИТС 10–2015.

Раздел 5 «Наилучшие доступные технологии»

НДТ 14

НДТ в части управления энергоносителями, сырьем и побочной продукцией при очистке ГСВ является использование всех методов, перечисленных в таблице 5.20, с учетом применимости.

Таблица 5.20.

Перечень методов для НДТ 14

№	Технология/метод	Область применения как НДТ
а	Использование для подачи воздуха в азротенки агрегатов с КПД использования электроэнергии не менее установленных в таблице 5.21	На крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ
б	Использование технологий подачи воздуха, азрационных систем (воздухонагнетатели и диспергаторы), обеспечивающих в совокупности затраты электроэнергии на процесс биологической очистки сточных вод в азротенках не более установленных в таблице 5.21	На ОС ГСВ, начиная с крупных
в	Применение насосных агрегатов для рециркуляции активного ила из вторичных отстойников	На ОС ГСВ, начиная с больших

Таблица 5.21.

Технологические показатели для НДТ 14

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ
Затраты электроэнергии на процесс очистки сточных вод	кВт·ч/кг поступающих кислородпотребляющих веществ (определение – см. 1.6)	Не более 0,7
КПД использования электроэнергии в агрегатах для подачи воздуха в азротенки	%	Не менее 80
Затраты реагентов на удаление фосфора из сточных вод, по активному элементу ¹⁾	кг/кг удаленного фосфора	Не более 1,5/0,7 ²⁾

¹⁾ По железу или алюминию.

²⁾ Перед чертой — по железу, после черты — по алюминию.

Сопоставим результаты работы системы подачи воздуха на блоке УБЭ с требованиями Информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 10–2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» в части управления энергоносителями, которые даны в разделе 5, в описании НДТ 14а-в [4]. Для станций такого масштаба наилучшей доступной технологией является:

- применение для подачи воздуха в азротенки агрегатов с КПД использования электроэнергии не менее 80 % (НДТ № 14а, начиная с крупнейших ОС, т.е. свыше 200 тыс. м³/сутки),

- использование технологий подачи воздуха, азрационных систем (воздухонагнетатели и диспергаторы), обеспечивающих в совокупности затраты электроэнергии на процесс биологической очистки сточных вод в азротенках не более 0,7 кВт·ч/кг поступающих кислородпотребляющих веществ (НДТ 14б, начиная с крупных ОС, т.е. свыше 40 тыс. м³/сутки);

- применение автоматического управления подачей воздуха в сооружения биологической очистки по данным непрерывного контроля концентрации растворенного кислорода в этих сооружениях.

В нашем случае КПД всех воздухоподводящих агрегатов на УБЭ ЛОС, в том числе регулируемых воздухоподводок (в период их эксплуатации), на минимуме подаваемого расхода не был ниже требуемых 80 %.

Согласно разделу 1.6 ИТС 10–2015 кислородокисляемыми (кислородпотребляющими) веществами (кислородный эквивалент, КЭ) в сточных водах являются БПК₅ и аммонийный азот. Величина КЭ рассчитывается по формуле:

$$КЭ = 4,6 C_{N-NH_4} + C_{БПК_5}$$

где C_{N-NH_4} – концентрация аммонийного азота, кг/м³;

$C_{БПК_5}$ – концентрация БПК₅, кг/м³.

Для условий УБЭ ЛОС величина КЭ в поступающих на биологическую очистку сточных водах за 2013 г. составила около 0,3 кг/м³.

ИТС 10–2015. Раздел 5 «Наилучшие доступные технологии»

НДТ 7

НДТ в части применения надлежащих технологий

биологической очистки на объектах ОС ГСВ, начиная с больших

Таблица 5.8.

Перечень технологий для НДТ 7

№	Технология	Область применения как НДТ НДТ (при использовании как заключительной стадии очистки) ¹⁾
а	Биологическая очистка с нитрификацией	Только при сбросах в водные объекты категории Г ¹⁾
б	Биологическая очистка с нитрификацией и частичной симультанной денитрификацией	Исключительно для существующих объектов, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категорий Б–Г, на которых эта технология применяется и величина ИПКО _{цп} менее 15 достигнута не позднее, чем за 2 года до вступления в силу требований об обязательном переходе на НДТ объектов I-й категории в данной подотрасли, и не дольше 7 лет после этого срока.
в	Биологическая очистка с удалением азота	Только при сбросах в водные объекты категории Г
г	Очистка с биологическим удалением азота и фосфора	Для ОС ГСВ со сбросом водные объекты категории В ²⁾
д	Биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора	Для ГСВ со сбросом в водные объекты категории Б. Для ОС не крупнее больших
е	Очистка с биологическим удалением азота и фосфора с ацидофикацией	Для ОС ГСВ, начиная с больших, со сбросом в водные объекты категории Б
ж	Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора	
з	Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора с ацидофикацией	

¹⁾ Выбор между технологиями 7а и 7в осуществляется решением уполномоченного государственного органа в области охраны окружающей среды в соответствии с потребностью водного объекта в биогенных элементах

²⁾ Здесь и далее НДТ для водных объектов указанной категории являются те технологии, для которых данные условия применения являются наиболее жесткими из допустимых. Пример: НДТ 7в – НДТ для категории Г, НДТ 7г – для категории В, НДТ 7д – для категории Б. Для указанной категории другие технологии, которые удовлетворяют еще более жестким требованиям, будут соответствовать требованиям НДТ, но применение их на новых объектах (например, использование НДТ 7д в условиях категории Г) нецелесообразно. Оно дополнительно уменьшит негативное воздействие от данного сброса сточных вод, но приведет к нерациональному расходованию средств, которые могли быть инвестированы на других объектах. Это приведет к сохранению значительно большего негативного воздействия на данный водный бассейн в целом, по сравнению со снижением негативного воздействия на одном объекте, на котором применена более эффективная, но более дорогостоящая технология.

Таблица 5.9.

Технологические показатели НДТ 7 для очищенной воды после сооружений биологической очистки

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ, не более ^{1), 2)}				
		7а	7б	7в	7г	7д-7з
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	15	12	15	10	10
Концентрация БПК ₅	мг/л	10	8	8	8	8
Концентрация ХПК	мг/л	80	60	80	80	80
Концентрация азота аммонийных солей	мг/л	2	2	2	1	1
Концентрация азота нитратов	мг/л	–	15	9 ³⁾	9 ³⁾	9 ³⁾
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,2	0,15	0,2	0,1	0,1
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	–	2,0	–	1,0	0,7

¹⁾ Указанные значения приведены как среднегодовые.

²⁾ При сбросе в водный объект, подпадающие под действие международных соглашений, требования соглашений применяются, в тех случаях, когда они жестче данных показателей, либо предъявляются по иным веществам (показателям).

³⁾ При соотношении концентрации аммонийного азота и БПК₅ более 0,25 концентрацию азота нитратов допускается принимать не более 11 мг/л.

И с учетом данным табл. 5, удельные затраты электроэнергии на процесс биологической очистки сточных вод в аэротенках в период регулирования расхода воздуха составили 0,33 кВт·ч/кг поступающих кислородопотребляющих веществ, что более, чем в два раза ниже максимального значения, установленного НДТ 14б. В отсутствии регулирования эта величина может возрасти до 0,46–0,5, оставаясь в пределах, установленных НДТ 14б.

Качество очистки сточной воды

Интересно сопоставить качество очищенной воды (см. табл. 6). на блоке, запроектированном в 1998–2000 гг., с технологическими показателями НДТ, принятыми в 2015 г. Масштабу и условий сброса блока УБЭ согласно ИТС 10–2015 и ГОСТ-Р 56828.12-2016 [8] соответствует категория «сверхкрупные сооружения» со сбросом в водный объект категории Б (ИТС 10–2015, раздел 5, технологические показатели НДТ 7, табл. 5.9, графы 7д–7з).

Таким образом, в 2013 г. блок не в полной мере соответствовал НДТ по показателю «Азот нитритов» и в оба рассмотренных года – по показателю «Фосфор фосфатов». Следует отметить, что, в том, что касается удаления фосфора, технология, реализованная на блоке УБЭ, действительно нуждается в усовершенствовании для соответствия требованиям НДТ 7 (табл. 5.9 и табл. 5.8). Реализованная на блоке технология биологического удаления фосфора (без дополнений, увеличивающих глубину удаления фосфора) не должна применяться для условий блока УБЭ (сброс в водный объект категории Б). Для соответствия НДТ АО «Мосводоканал» необходимо, либо дополнить технологию этого блока дополнительным дозированием реагента для удаления фосфора, либо перевести первичные отстойники на технологию ацидофикации. Качество очистки по азоту нитритов – скорее, вопрос тщательной эксплуатации (ранее, с 2009 по 2012 гг., оно не превышало 0,07 мг/л). ●

Таблица 6.

Качество очищенной воды на блоке УБЭ

Показатель, мг/л	2012 г.	2013 г.	По проекту
Взвешенные вещества	6,5	6,4	10
БПК ₅	1,5–2,2	1,5–2,2	8
ХПК	32,8	34,4	80
N _{общ} (по расчету)	11,8	9,9	-
N–NH ₄	0,89	0,9	1,0
N–NO ₂	0,07	0,21	0,1
N–NO ₃	10,3	8,3	9
P _{общ}	1,3	1,2	-
P–PO ₄	0,8	0,83	0,7

АВТОР ВЫРАЖАЕТ БЛАГОДАРНОСТЬ СОТРУДНИКАМ АО «Мосводоканал» С.А. Стрельцову, Н.А. Белову, С.Н. Новикову, Г.Э. Хамидову, М.В. Кевбриной, А.В. Акментиной за организацию проведения замеров в производственных условиях, а также коллективу ЗАО «Экополимер-М» (в настоящее время – АО «Май Проект») за предоставленную информацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилович Д.А., Козлов М.Н., Мойжес О.В., Шотина К.В., Ершов Б.А. Крупномасштабные сооружения биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов // Водоснабжение и санитарная техника. 2008. № 10. С. 45–51.
2. Данилович Д.А. Итоги работы блока удаления биогенных элементов Люберецких очистных сооружений г. Москвы – крупнейшего в России, построенного по современным технологиям // Вода и экология. Проблемы и решения. 2014. № 3. С. 33–51.
3. Данилович Д.А. Блок удаления биогенных элементов Люберецких очистных сооружений г. Москвы – этапы внедрения современных технологий // НДТ водоснабжения и водоотведения. 2014. № 2. С. 20–37.
4. 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)
5. Баженов В.И., Устюжанин А.В. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗДУХОНАГНЕТАТЕЛЕЙ // Экологический вестник России. № 4 2015. С. 44–50.
6. GUILDAL T., CECIL D., PEDERSEN P.O., PEDERSEN J., THAU M., ADRIAN L., THIRSING C. RESULTS OF BENCHMARKING AT 7 LARGER WWTP OPERATORS IN DENMARK // WATER PRACTICE & TECHNOLOGY. 2010. V. 5. № 1.
7. Данилович Д.А. Опыт совершенствования и оценки эффективности аэрационных систем // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 1. С. 38–51.
8. ГОСТ Р 56828.12–2016 Наилучшие доступные технологии. Классификация водных объектов для технологического нормирования сбросов сточных вод централизованных систем водоотведения поселений. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 октября 2016 г. № 1497-ст // Москва, СТАНДАРТИНФОРМ 2016.

BLUETOOTH® + БЕЗ ГРАНИЦ

Самые компактные и бюджетные бесконтактные радарные уровнемеры Micropilot FMR10 и FMR20, разработаны специально для отраслей водоснабжения и водоотведения. Благодаря встроенному модулю **Bluetooth®** уровнемеры вводятся в эксплуатацию, настраиваются и обслуживаются с помощью смартфона или планшета без проводов и специального оборудования. Точность измерений $\pm 5\text{ мм}$ в диапазоне 8м, полностью герметичный коррозионно-стойкий корпус и соответствие требованиям ТР ТС – **безграничные** возможности измерения уровня.



Узнайте подробнее на нашем сайте
www.ru.endress.com

Endress+Hauser 
People for Process Automation

Комбинированный дезинфектант «диоксид хлора и хлор» – перспективная альтернатива традиционному хлорированию в системах водоподготовки

Т.Г. Веселовская,
канд. хим. наук,
заведующая лабораторией

Ю.Я. Ласыченков,
генеральный директор

Т.Е. Стахровская,
канд. техн. наук, директор
по НИР

М.О. Софронов,
заместитель заведующего
лабораторией

**АО «Уральский научно-
исследовательский
институт с опытным
заводом»
(АО «УНИХИМ с ОЗ»)¹**

НЕДОСТАТКИ ТРАДИЦИОННОГО ХЛОРИРОВАНИЯ

В настоящее время традиционное хлорирование (использование жидкого хлора и гипохлоритов натрия и кальция) является самым распространенным способом обеззараживания воды на водоочистных станциях Российской Федерации и государств постсоветского пространства. Данный способ водоочистки имеет ряд существенных недостатков как по качеству производимой питьевой воды, так и по экономическим показателям производственного процесса.

Во-первых, использование хлора приводит к образованию побочных продуктов хлорирования – токсичных хлорорганических соединений (ХОС), которые обладают доказанными канцерогенными свойствами [1]. Хлороформ, как самое легкообразующееся соединение при хлорировании воды, действует на организм человека комплексно: энтерально (через прием внутрь питьевой воды) и через кожу и легкие во время принятия ванны, душа и посещения плавательного бассейна. Концентрация хлороформа в воздухе душевой кабины, например, может достигать 7,5-10 ПДК [2], а в слое воздуха над водой закрытых плавательных бассейнов – 2400 мкг/м³ и более [2], что в 80 раз выше ПДК. В ряде зарубежных исследований выявлено влияние ХОС на репродуктивную функцию женщин, а также появление врожденных уродств детей, вызванных применением хлорированной питьевой воды с концентрацией хлороформа более 0,08–0,1 мг/дм³. Аналогичные данные получены и российскими исследователями [3].

Во-вторых, транспортировка, хранение и применение жидкого хлора связано с реальной опасностью возникновения чрезвычайной ситуации при его разливе, а также требуют значительных материальных затрат, обусловленных обеспечением необходимых мероприятий по хлорбезопасности [4].

¹ АО «УНИХИМ с ОЗ»: 620014, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 5. Морозова Лариса Васильевна, тел. 8(343)371-26-74, 8 922 145 42 49, e-mail: morozova@unichim.ru

Использование вместо жидкого хлора менее опасных, с точки зрения риска возникновения чрезвычайных ситуаций, гипохлоритов натрия и кальция (ГХ) для обеззараживания воды не столь эффективно и имеет ряд недостатков и при этом отнюдь не решает проблему ХОС:

- обеззараживающая эффективность гипохлоритов существенно ниже жидкого хлора [4];

- из-за меньшей активности ГХ образование ХОС происходит медленнее и может продолжаться в процессе транспортировки воды по разводящим сетям;

ГХ обладают повышенной коррозионной активностью по отношению к оборудованию и трубопроводам [4].

Применение озона или ультрафиолетового излучения не может полностью заменить хлорирование, так как не обеспечивает пролонгированный обеззараживающий эффект в распределительных сетях.

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ДИОКСИДОМ ХЛОРА: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Дезинфектантом, альтернативным хлору и гипохлоритам, является диоксид хлора. Он уже десятки лет успешно применяется в системах водоподготовки в странах Западной Европы, США, Японии, Израиле, где его получают на локальных автоматизированных установках, в основном из хлорита натрия и соляной кислоты. Есть опыт внедрения таких установок на территории Украины и России. Применение диоксида хлора показало, что, этот реагент не только практически не образует токсичных ХОС, но и обеспечивает более высокий обеззараживающий эффект, улучшает качество воды по органолептическим показателям, способствует улучшению процессов коагуляции и флокуляции, устраняет существующие и предотвращает новые биообрастания и отложения в оборудовании и трубопроводах, после поглощения водой остаточный диоксид хлора сохраняется по всей распределительной сети вплоть до конечного потребителя [5]. Кроме того, применение диоксида хлора не требует организации санитарно-защитных зон.

Таким образом, привлекательность диоксида хлора состоит в оптимальном соотношении биоцидной эффективности, высокой стабильности остаточных концентраций диоксида хлора в сетях и последствиях как основополагающих критериев оценки химических дезинфектантов [5].

Благодаря долго сохраняющемуся бактерицидному эффекту, диоксид хлора применяется в настоящее время перед подачей воды в большие водораспределительные системы, в таких городах как Дюссельдорф, Цюрих, Брюссель, Париж.

Однако, диоксид хлора при взаимодействии с примесями воды образует побочные продукты – хлорит-ионы, содержание которых ограничено в питьевой воде 0,2 мг/дм³ (рекомендации ВОЗ и российское санитарное законодательство). В связи с этим применение чистого диоксида хлора, особенно на стадии первичной дезинфекции и предокисления сырой поверхностной воды, невозможно без введения дополнительных стадий удаления хлорит-ионов (например, сорбционные методы с использованием активированных углей) или сочетания с другими дезинфектантами [6].

Это может удорожать процесс водоподготовки, в результате чего, несмотря на эффективность обеззараживания, применение чистого диоксида хлора является экономически нецелесообразным, особенно при двухстадийном (первичном и вторичном) введении дезинфектанта при обработке поверхностной воды [6,7].

Таким образом, внедрение импортных установок по производству диоксида хлора (без хлора) в системы водоподготовки сдерживается (в России, в особенности) высокой стоимостью процесса, обусловленной рядом факторов. Во-первых, необходима дополнительная очистка от хлорит-ионов, а также сохранение или введение дополнительного хлорирования, с обработкой диоксидом хлора только очищенной воды [7], а во-вторых – сырьем для этих установок является в основном импортный хлорит натрия, который не выпускают в РФ в промышленном масштабе. На немногочисленные установки, которые работали в России, импортный хлорит

натрия поставлялся из Испании и Италии. В настоящее время высокая стоимость реагента препятствует использованию этого метода в России.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ДЕЗИНФЕКТАНТ «Диоксид хлора и хлор» И УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

АО «УНИХИМ с ОЗ» разработал комбинированный дезинфектант «Диоксид хлора и хлор» (КД), сохраняющий преимущества диоксида хлора, но лишенный его недостатков. Присутствие в растворе хлора при сравнимых (для случая применения т.н. «чистого диоксида хлора», т.е. без хлора, получаемого на импортных установках) дозах по диоксиду хлора снижает содержание хлорит-ионов в питьевой воде ниже ПДК и позволяет полностью отказаться от хлорирования жидким хлором или гипохлоритами как при вторичном, так и первичном хлорировании.

При введении в воду двух реагентов одновременно диоксид хлора и хлор конкурируют друг с другом за окисление органических соединений. Диоксид хлора очень быстро реагирует с органическими веще-

ствами, разрушая их по окислительному механизму, не образуя предшественников для образования ХОС. Хлор реагирует гораздо медленнее с органикой, но очень быстро взаимодействует с хлорит-ионами, которые образовались за счет реакции диоксида хлора с примесями воды.

Способ получения КД основан на химическом взаимодействии хлората натрия и поваренной соли в присутствии серной кислоты с последующим растворением выделяющихся газов ClO_2 и Cl_2 в воде. Полученный водный раствор, с массовым соотношением $\text{ClO}_2:\text{Cl}_2 = 1:0,65$, по трубопроводу поступает непосредственно в обрабатываемую воду.

Хлорат натрия производится в России, его стоимость почти в 3 раза ниже импортного хлорита натрия.

КД получают в виде водного раствора на месте потребления. Созданы и внедряются автоматизированные установки типа «ДХ-100» по получению КД из доступного отечественного сырья и его дозированию в обрабатываемую воду. Хлорат-хлоридный раствор для их работы может поставляться АО «УНИХИМ с ОЗ», либо приготавливаться пользователем самостоятельно из покупных реагентов.

Рис. 1. Установки типа «ДХ-100»



Установки типа «ДХ-100», способ получения КД и реактор защищены пятью патентами, правообладателем которых является АО «УНИХИМ с ОЗ». На установки получена Декларация о соответствии Техническим регламентам Таможенного Союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» и ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических устройств».

Совместно с Роспотребнадзором по Свердловской области проведены исследования по применению КД в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения².

На рис. 1 и 2, как пример, показаны установки типа «ДХ-100», размещенные на водочистных сооружениях г. Южноуральска (Челябинская область, внедрение 2017 г.).

НОРМАТИВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КД «ДИОКСИД ХЛОРА И ХЛОР»

Важным вопросом при использовании реагентов на основе диоксида хлора явилось нормирование его концентрации в питьевой воде. В РФ предельно допустимая концентрация для этого вещества отсутствовала. Государственная регистрация дезинфицирующего средства «Диоксид хлора и хлор» была осуществлена без соответствующей ПДК диоксида хлора в питьевой воде на основании общепринятых представлений о его нестойкости. Однако наш опыт внедрения КД на объектах водоподготовки показал, что большая часть диоксида хлора сохраняется в воде и доходит до потребителя, что потребовало нормирования его содержания в питьевой воде.

В качестве первого шага было внесено дополнение в методику анализа диоксида хлора в питьевой воде, касающееся пересчета содержания диоксида хлора на свободный активный хлор, закрепленное согласующим письмом Роспотребнадзора, который также допустил до установления ПДК на диоксид хлора контроль его содержания в питьевой воде по показателю свободного активного хлора.

В 2015 г. были разработаны³ материалы по обоснованию ПДК диоксида хлора в питьевой воде, которые прошли комплексную экспертизу Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию. По итогам экспертизы в проект актуализируемого ГН 2.1.5.1315-03 внесена ПДК на диоксид хлора на уровне 0,3 мг/дм³.

В настоящее время на объектах, где внедрен КД, контроль за содержанием остаточного диоксида хлора ведется по свободному активному хлору в соответствии с методикой пересчета, разработанной АО «УНИХИМ с ОЗ».

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВОК ТИПА «ДХ-100»

Установки типа «ДХ-100» установлены на 26 объектах, как в Свердловской области, так и за ее пределами. Последние по времени крупные внедрения осуществлены на поверхностной воде г. Каменск-Уральский Свердловской области и г. Зеленогорск Красноярского края.

На этих станциях были серьезные проблемы с ХОС. Так, в г. Каменск-Уральский при вводимой дозе хлора 2,5 мг/л концентрация хлороформа составляла 0,11 мг/дм³, что почти в два раза выше норматива⁴.

² На основании результатов многолетних комплексных исследований, проведенных АО «УНИХИМ с ОЗ» совместно Роспотребнадзором по Свердловской области и медицинским научным центром Роспотребнадзора, дезинфицирующее средство «Диоксид хлора и хлор», получаемое на автоматизированных установках типа «ДХ-100», вошло в Государственный реестр средств, разрешенных к использованию в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения. Федеральным управлением Роспотребнадзора выданы Свидетельства о государственной регистрации средства дезинфицирующего «Диоксид хлора и хлор» № 77.99.36.2.У.11296.12.08 от 24.12.2008 и в рамках Таможенного союза (ТС) RU.77.99.27.002.Е.005322.03.12 от 19.03.2012.

³ По заказу АО «УНИХИМ с ОЗ» работа выполнялась ФБУ «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора.

⁴ Российские гигиенические нормативы (ГН 2.1.5.2280-07) допускают содержание хлороформа (1 класс опасности, канцероген) не более 0,06 мг/дм³.



Рис. 2.
Емкости дозирования реагента КД
на установки «ДХ-100»

Принципиальная технологическая схема водоподготовки с использованием установок типа «ДХ-100» на очистных сооружениях Сысертского водозабора, г. Каменск-Уральский Свердловской области представлена на рис. 3.

Результаты исследований проб воды, полученных во время проведения опытно-промышленных испытаний установок типа «ДХ-100» на очистных сооружениях Сысертского водозабора, г. Каменск-Уральский, в сравнении с использованием жидкого хлора представлены в табл. 1.

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ СЫСЕРТСКОГО ВОДОЗАБОРА, г. КАМЕНСК-УРАЛЬСКИЙ

Показатели качества воды	Ед. изм.	Содержание в исходной воде реки Сысерть (19.08.2013)	Содержание в питьевой воде на НС 2-го подъема			ПДК в питьевой воде
			при использовании жидкого хлора (август-сентябрь 2012 г.)	при обработке КД за время проведения испытаний «ДХ-100» (16.08.13–21.09.13)	эксплуатация установок «ДХ-100» в 2016 г	
Ост. диоксид хлора	мг/дм ³	–		<0,05–0,40	<0,05–0,08	
Хлориты	мг/дм ³	–		<0,06	<0,05–0,1	0,2
Хлораты	мг/дм ³	–		<0,5	<0,05	20
Запах 20/60°C	балл	26/р	2 6/х	16	1	26
Привкус, балл	балл	–	26	16–26	1	26
Цветность, град	град	28,03	10	10	8,1–10,0	20
Мутность	мг/дм ³	7,09	<0,58	<0,58–1,2	<0,58	1,5
Окисляемость	мг/дм ³	21,6	3,08–3,94	3,76–4,19	4,0–4,1	5,0
рН	–	8,72	7,0–7,4	7,07–7,6	6,5	6,5–8,5
Марганец	мг/дм ³	0,32	0,037–0,134	0,029–0,134	0,07	0,1
Железо	мг/дм ³	0,52	<0,1–0,17	<0,1–0,20	0,1	0,3
Жесткость		2,04	1,94–1,99	1,95–2,29		7,0
Хлороформ	мг/дм ³		0,11	0,035	0,023	0,06
Трихлорэтилен	мг/дм ³		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,005
ОМЧ	КОЕ/1см ³	50	–	0–2	<50	<50
ТКБ	КОЕ/100см ³	36	–	н/о	н/о	отсутствие
Колифаги	БОЕ/100см ³	н/о	–	н/о	н/о	отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	КОЕ/20см ³	–	–	н/о	н/о	отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 мл	н/о	–	–	н/о	отсутствие

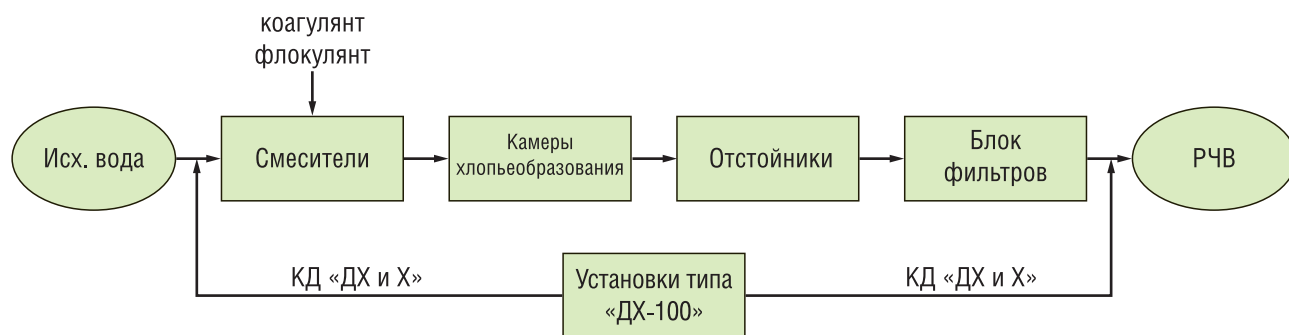


Рис. 3.

Принципиальная технологическая схема водоподготовки на очистных сооружениях Сысертского водозабора, г. Каменск-Уральский, с использованием установок типа «ДХ-100»

Как видно из табл. 1, качество питьевой воды, получаемой в результате внедрения КД, отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 по микробиологическим, неорганическим и обобщенным показателям с улучшением качества воды по органолептическим показателям, содержанию хлороформа. При этом суммарные вводимые дозы КД по диоксиду хлора, изменялись в пределах 0,17–0,8 мг/дм³ и в среднем были почти в 5,5 раз ниже доз жидкого хлора.

В питьевой воде на выходе со станции и в точках контроля по разводящей сети содержание побочных продуктов, образующихся в процессе обеззараживания воды диоксидом хлора (хлорит-ионы и хлорат-ионы), ниже ПДК.

Содержание хлороформа снизилось более чем в три раза по сравнению с его содержанием в питьевой воде при обеззараживании жидким хлором и также находится в пределах ПДК.

В настоящее время очистные сооружения водоканала г. Каменска-Уральского успешно эксплуатируют установки типа «ДХ-100» с полной отменой использования жидкого хлора.

Таким образом, использование КД «Диоксид хлора и хлор» позволило привести качество питьевой воды, получаемой на данных водоочистных сооружениях, к современным гигиеническим требованиям по содержанию хлороформа.

На сооружения водоподготовки г. Зеленогорска Красноярского края суммарная вводимая доза хлора составляла 5,0–7,5 мг/дм³. Содержание хлороформа зависело от сезонного качества воды. Проблемы отмечались в весенне-летний период, когда его содержание достигало двух ПДК.

Использование КД «Диоксид хлора и хлор» позволяет значительно снизить содержание хлороформа в питьевой воде по сравнению с использованием хлора, обеспечивая полное соблюдение современных гигиенических требований

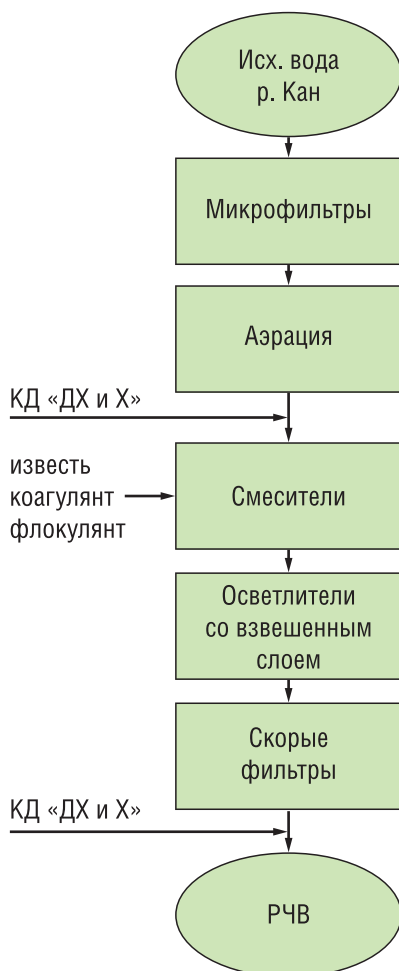


Рис. 4.
Принципиальная
технологическая
схема водоподготовки
на водоочистных
сооружениях г. Зеленогорск
с использованием КД «Диоксид
хлора и хлор»

Принципиальная технологическая схема водоподготовки с использованием КД «Диоксид хлора и хлор» представлена на рис. 4, а результаты исследования проб воды – в табл. 2. Вводимая доза КД на первичное и вторичное обеззараживание составляет 0,4–0,45 мг/дм³ и 0,2–0,4 мг/дм³, соответственно, что почти в 6–10 раз ниже доз жидкого хлора.

Формат публикации в журнале практической направленности не позволяет детально раскрыть причины столь существенного различия в потреблении реагентов. Отметим, что этот факт, связанный с особенностью протекания окислительно-восстановительных реакций, в которых участвует диоксид хлора, хорошо известен по мировым данным.

Как видно из табл. 2, качество питьевой воды, полученной с использованием КД, отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Содержание хлороформа в 10-20 раз ниже ПДК (0,06 мг/дм³) и до 50 раз ниже по сравнению с периодом, когда применялось хлорирование.

С внедрением КД «Диоксид хлора и хлор» на водоочистных сооружениях г. Зеленогорска содержание хлороформа практически не зависит от изменения качества поверхностной воды по сезонам года. Содержание побочных продуктов, образование которых связано с использованием технологии обеззараживания воды комбинированным дезинфектантом «Диоксид хлора и хлор» (хлорит-ионов и хлорат-ионов), также не превышает ПДК.

Таким образом, результаты, достигнутые на объектах водоподготовки, подтвердили общие положительные закономерности, полученные ранее [8–11].

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО РЕАГЕНТА «ДИОКСИД ХЛОРА И ХЛОР»

В табл. 3 и 4 представлены интегральные показатели по хлороформу, хлорит-ионам и хлорат-ионам на разных объектах водоподготовки.

Как видно из табл. 3 и 4, содержание хлороформа и побочных продуктов обработки воды КД «Диоксид хлора и хлор» (хлорит-ионов и хлорат-ионов) не превышают ПДК даже при повышении вводимых доз по диоксиду хлора до 1,2 мг/дм³, которые применялись на некоторых станциях водоподготовки. Применение диоксида хлора без хлора, по зарубежной технологии, в этом же диапазоне доз приводило к содержанию хлорит-ионов в питьевой воде до 3-5 ПДК [6,7] и не позволило полностью отказаться от применения жидкого хлора [7].

Кроме этого, на всех объектах, где внедрялся КД, отмечалось удаление ржавчины и биообрастаний оборудования и внутренних поверхностей разводящих трубопроводов, образовавшихся за время использования хлора и гипохлоритов, что соответствует мировой практике.

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ г. ЗЕЛЕНОГОРСКА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Исследуемые показатели	Ед. изм.	Содержание в исходной воде реки Кан	Содержание в питьевой воде перед подачей в город			ПДК в питьевой воде
			при использовании жидкого хлора (май 2013 г.)	при обработке КД, за время проведения испытаний ДХ-100 (23.05.13–13.06.13)	средние за 2016 г.	
Хлор ост. суммарный	мг/дм ³	–	1,06–1,2	–	–	0,8–1,2
Диоксид хлора ост.	мг/дм ³	–	–	0,13–0,3	0,17–0,28	не норм.
Хлорит-ион	мг/дм ³	–	–	<0,05	<0,06	0,2
Хлорат-ион	мг/дм ³	–	–	<5	<5	20,0
Привкус	балл	2	1	1	1	2
Запах 20/60°C	балл	2/2	1/1	1/1	1/1	2
Цветность	град.	30–69	2–15	3–6	3–6	20
Мутность	мг/дм ³	5,4–17,9	<0,58–0,94	<0,58	<0,58	1,5
рН	ед. рН	7,58–8,08	6,64–6,95	8,08	6,5–7,8	6–9
Окисляемость перм.	мгО/дм ³	6,2–12,8	1,9–4,6	1,9–3,4	1,0–3,4	5,0
Железо	мг/дм ³	0,82	<0,05	<0,05	<0,05	0,3
Марганец	мг/дм ³	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Хлороформ	мг/дм ³	–	0,12	0,0063	<0,0006–0,0076	0,06
ОМЧ	КОЕ/1см ³	<50	<50	<50	<50	≤ 50
ОКБ	КОЕ/100см ³	<50–1300	н/о	н/о	н/о	0
ТКБ	КОЕ/100см ³	<50–1300	н/о	н/о	н/о	0
Колифаги	БОЕ/100см ³	н/о	н/о	н/о	н/о	0
Споры сульфитредуцирующих клостридий	КОЕ/20см ³	–	–	н/о	н/о	0
Цисты лямблий	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0

Таблица 3

СРАВНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФОРМА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

№	Наименование объекта	Содержание хлороформа*, мг/дм ³	
		в питьевой воде, обработанной КД «Диоксид хлора и хлор»	в питьевой воде, обработанной хлором или гипохлоритом
1	ЮВЗС, г. Богданович, Свердловская область	< 0,0006	0,026–0,031
2	МУ ОП «Рефтинское» Свердловская область	< 0,0015	0,04–0,33
3	ФС «Сортировочная», г. Екатеринбург	0,0026–0,0045	0,060–0,080
5	НФС, г. Снежинск, Челябинская область	< 0,0006	0,018
5	ОСВ ЦГ ОАО «Курганводоканал»	< 0,0006	0,0028–0,0089
6	ВОС, г. Миасс, Челябинская область	0,009–0,02	0,039–0,15
7	ВОС, г. Дегтярск	0,0–0,0019	0,044
8	ВОС МУП «Водоканал», г. Воткинск	< 0,0006	0,022–0,200

*ПДК по ГН 2.1.5.2280-07 – 0,06 мг/дм³, <к>-канцероген

Таблица 4

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРИТ- И ХЛОРАТ- ИОНОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ, ПОЛУЧАЕМОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КД

№	Наименование объекта	Содержание хлорит-ионов [*] , мг/дм ³	Содержание хлорат-ионов ^{**} , мг/дм ³
1	ПВЗС, г. Богданович, Свердловская область	0,040–0,055	0,30–0,34
2	ООО «Водоканал», г. Богданович, Свердловская область	0,0–0,17	0,25–0,38
3	МУ ОП «Рефтинское» Свердловская область	0–0,084	отс.
4	СУГРЭС, г. Среднеуральск, Свердловская область	0,114–0,197	<0,5
5	ФС «Сортировочная», г. Екатеринбург	<0,05	<1,0
6	НФС, г. Снежинск, Челябинская область	<0,06	<0,5
8	ОСВ ЦГ ОАО «Курганводоканал»	отс.–0,20	отс.
9	ВОС, г. Дегтярск	отс.– 0,08	<0,5
10	ВОС МУП «Водоканал», г.Воткинск	0,056–0,196	<0,5

* ПДК хлорит-ионов – 0,2 мг/дм³;

** ПДК хлорат-ионов – 20 мг/дм³

По литературным данным, хлор не препятствует локальному росту колоний бактерий в трубопроводах, в том числе железо и марганец-бактерий, что создает условия для электрохимической и биохимической коррозии. Диоксид хлора инактивирует их, разрушает колонии, в результате чего нарушается адгезия отложений и ржавчины.

Таким образом, использование комбинированного дезинфектанта «Диоксид хлора и хлор», при дозах, значительно меньших, чем для жидкого хлора и гипохлоритов, позволяет надежно обеззараживать природную воду и получать питьевую воду сопоставимого или улучшенного качества по органолептическим и обобщенным показателям, по содержанию неорганических веществ. Содержание токсичных хлорорганических соединений по сравнению с хлорированием существенно снижается и практически не зависит от сезонного качества воды, как это наблюдается при традиционном хлорировании. При этом происходит надежное обеззараживание воды и наблюдается длительный пролонгированный эффект КД. За все время эксплуатации установок на протяжении более 8 лет, как на подземной, так и на поверхностной воде не наблюдалось вторичного микробиологического загрязнения даже в тупиковых точках сети и практически неэксплуатируемых водоразборных колонках. Это подтверждает мировой опыт использования диоксида хлора для обеззараживания питьевой воды [4].

СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ХЛОР-РЕАГЕНТОВ

Внедрение КД взамен хлора и гипохлоритов дает значительную экономию эксплуатационных затрат, позволяющую обеспечить невысокие сроки окупаемости капитальных вложений.

В табл. 5 и 6 приведены, соответственно, сравнительные технические и экономические расчетные показатели эксплуатационных затрат на обеззараживание питьевой воды на одном из водоканалов Свердловской области, обрабатывающем в среднем за год 115 тыс. м³ исходной воды в сутки.

Расчеты показали, что применение КД «Диоксид хлора и хлор» сокращает годовые эксплуатационные затраты в 1,85 раза (на 46 %). В аналогичной ситуации как альтернатива электрохимическому гипохлориту – в 1,75 раз.

АО «УНИХИМ с ОЗ» предлагает разные варианты модернизации технологии обеззараживания питьевой воды на очистных сооружениях, включая возможность обучения персонала и проведения капитальных работ. Нами разработаны установки различной мощности, от 10 г/час до 2000 г/час по диоксиду хлора. По проведенным расчетам, применение установок типа «ДХ-100» в случае приготовления хлорат-хлоридного раствора непосредственно на станции

Таблица 5.

РАСЧЕТНЫЕ ЗАТРАТЫ РЕАГЕНТОВ ПО ВАРИАНТАМ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ

Статья затрат	Ед. изм.	Обеззараживание воды с использованием жидкого хлора (существующее положение)	Обеззараживание воды с использованием КД «Диоксид хлора и хлор»
Средняя суммарная доза реагентов (хлора или КД, по активной части) на первичную и вторичную обработку воды	г/м³	3,8	0,6
Средний удельный расход хлорат-хлоридного раствора на первичную и вторичную обработку воды	г/м³	–	4,5
Средний удельный расход серной кислоты* на первичную и вторичную обработку воды	г/м³	–	3,3
Потребление жидкого хлора (эксплуатационные данные)	т/год	160	–
Расчетное количество потребности в товарном растворе КД	т/год	–	190
Расчетное количество серной кислоты	т/год	–	138

* серная кислота 93% техническая улучшенная по ГОСТ 2184-77

водоподготовки характеризуется близкими экономическими показателями по сравнению с приобретением готового раствора и тем выгоднее, чем крупнее объект и выше затраты на транспортировку реагента с завода в Екатеринбург.

Для осуществления выбора между вариантами с приготовлением раствора на месте и закупкой готового реагента (хлорат-хлоридного раствора) для получения КД у АО «УНИХИМ с ОЗ» для каждого конкретного

случая может быть выполнен технико-экономический расчет.

Также нами разработаны для новых и полностью реконструируемых объектов модульные станции обеззараживания воды, укомплектованные установками типа «ДХ-100» и всем необходимым оборудованием. При внедрении модульных станций проектные и строительно-монтажные работы сводятся к минимуму.

Таблица 6

РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАТРАТ, ТЫС. РУБ./ГОД, ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ВОДЫ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Статья затрат	Обеззараживание воды с использованием жидкого хлора (существующее положение)	Обеззараживание воды с использованием КД «Диоксид хлора и хлор»
Реагенты	5413	4573
Оплата труда персонала, обслуживающего установки обеззараживания (включая соцвыплаты)	2675	0
Транспортные услуги	–	67
Выгрузка и погрузка тары с реагентами	54	29
Электроэнергия на работу установок	11	5
Средства защиты персонала	122	0
Обучение нештатных аварийных формирований, работающих с хлором	81	0
Страхование ответственности при эксплуатации опасного производственного объекта	410	41
ВСЕГО эксплуатационных затрат в год (без НДС)	8767	4715
Разница в стоимости эксплуатационных затрат (без НДС)		–4052

Выводы

По результатам опытно-промышленных испытаний и промышленной эксплуатации установок типа «ДХ-100» по получению КД «Диоксид хлора и хлор» в реальных условиях водоочистных сооружений показаны основные преимущества данного оборудования и метода обеззараживания:

1. Высокая эффективность обеззараживания при достаточно низких капитальных и эксплуатационных затратах.

2. Отсутствие жидких, газообразных или твердых отходов.

3. Техническое перевооружение станции водоподготовки при внедрении данной технологии заключается в основном в организации двух отдельных складов для хранения сырья.

4. Возможность сокращения санитарно-защитных зон вокруг станций водоподготовки с передачей этих территорий для развития населенных пунктов.

5. Полная автоматизация и безопасность установок типа «ДХ-100» не требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала. Устранение высокой производственной опасности, вызванной применением жидкого хлора, и связанных с этим расходов. Улучшение условий труда работающих.

6. Установки типа «ДХ-100» низковольтные, их потребляемая мощность не превышает 100 Вт. Установки компактны: одна установка размером 1000×320×1000 мм способна обработать до 10000 м³ воды/час – в зависимости от качества исходной воды и технологии водоподготовки. Это позволяет легко размещать их в существующих помещениях и без реконструкции сетей энергоснабжения.

7. Применение КД позволяет устранить биообрастания и отложения в оборудовании и трубопроводах, предотвращает появление новых, снижает коррозию.

8. Дезинфектант КД и применение установок типа «ДХ-100» экономически эффективны по сравнению с другими способами обеззараживания воды хлор-реагентами, включая гипохлориты:

- экономическая эффективность по отношению к импортным установкам по производству диоксида хлора обусловлена исполь-

зованием недорогого отечественного сырья и отсутствием необходимости дополнительной очистки обрабатываемой воды от хлоритов;

- экономическая эффективность по сравнению с использованием жидкого хлора и гипохлорита обусловлена уменьшением вводимых доз дезинфектанта в 6–20 раз. В стоимостном выражении удельные затраты на сырье для производства КД в 1,2–1,85 раза ниже, чем при использовании хлора и гипохлоритов, в зависимости от объема и качества обрабатываемой воды. По отношению к жидкому хлору обеспечивается дополнительная эффективность, связанная с отсутствием затрат на выполнение требований хлорбезопасности.

Таким образом, можно заключить, что комбинированный дезинфектант «Диоксид хлора и хлор» является перспективной и экономичной альтернативой известным хлорре-агентам. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Корженяк И.Г., Ромашин О.П., Харитонов В.Н., Миркис В.И. Экологические аспекты использования хлора и диоксида хлора при подготовке питьевой воды и очистке сточных вод // Хим. пром. 1997, № 9, с. 26–29
2. Иксанова Т.И., Малышева А.Г., Растянных Е.Г., Егорова Н.А., Красовский Г.Н., Николаев М.Г. Гигиеническая оценка комплексного действия хлороформа питьевой воды // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение, № 9 (21), 2009, с. 60–64
3. Онищенко Г.Г. Влияние состояния окружающей среды на здоровье населения. Нерешенные проблемы и задачи // Гигиена и санитария. 2003, № 1, с. 3–10.
4. Кожеников А.Б., Петросян О.П., Баранов А.А. Недостатки гипохлорита фатально несправимы // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение, № 1 (25), 2010, с. 62–67.
5. Петренко Е.Ф., Мокиенко А.В. Диоксид хлора: применение в технологиях водоподготовки. Одесса: Оптимум, 2005, с. 484.
6. Храменков С.В., Коверга А.В., Малышев Б.В. Результаты испытаний обеззараживания воды г. Москвы диоксидом хлора // Водоснабжение и санитарная техника, № 10, 2000, с. 2–4.
7. Гурвич В.Б., Хачатуров А.А., Селянкина К.П., Борзунова Е.А., Плодко Э.Г., Сайченко С.П., Акрамов Р.Л. О Целесообразности комбинированного использования хлора и диоксида хлора для обеззараживания питьевой воды в практике централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения города Нижнего Тагила // Ст. «Актуальные проблемы профилактической медицины в Уральском регионе, Екатеринбург, 2002, с. 91–95.
8. Веселовская Т.Г., Несытых А.В., Семенов И.А., Стахровская Т.Е., Преимущества высокоэффективного, экономичного и безопасного комбинированного дезинфектанта «Диоксид хлора и хлор» в системах водоподготовки // Водоснабжение и канализация, № 3–4, 2012 г.
9. Веселовская Т.Г. Антюфеев М.А., Шаронин Д.Б., Софронов М.О., Трофимов С.Н. Решение проблемы образования хлорорганических соединений при использовании высокоэффективного и экологичного комбинированного дезинфектанта «Диоксид хлора и хлор» // Водоснабжение и канализация. – 2011. – № 3–4. – С. 42–49
10. Т.Г. Веселовская, М.А. Антюфеев, М.О. Софронов. Инновационный дезинфектант – новые возможности старой станции водоподготовки // Водоочистка, водоподготовка, водоотведение. – 2012. – № 9(57). – С. 46–54
11. М.А. Антюфеев, Т.Г. Веселовская, Т.Е. Стахровская, М.О. Софронов. Опыт использования высокоэффективного и экономичного комбинированного дезинфектанта «Диоксид хлора и хлор» // Водоснабжение и канализация. – 2013. – № 5–6. – С. 60–66.

ИНЖЕНЕРНО- ТЕХНИЧЕСКИМ

СПЕЦИАЛИСТАМ ВОДОКАНАЛОВ

- Тематические дайджесты технологий
- Обзоры лучших практик водоканалов
- Инновационные решения отечественных и зарубежных компаний
- Кейсы внедрения на конкретных объектах: вопросы и ответы
- Экспертный комментарий журнала «НДТ» по актуальным темам



Вы всегда можете ознакомиться с анонсами самых интересных материалов свежего номера журнала «НДТ».

Так, более 650 читателей **Voda News** узнали об отечественном опыте биологического удаления фосфора практически до нуля. С полной версией статьи можно ознакомиться в номере, который Вы держите в руках.

Будьте в курсе!

Зайдите на сайт

www.vodanews.info

и подпишитесь

на бесплатные рассылки!

Биологическое удаление фосфора практически до нуля: отечественный опыт

ЭКСПЕРТ-ДИРЕКТОР ЖУРНАЛА
Д.А. Данилович

**После
дополнительной
реконструкции
по новой
технологии
сооружения
биологической
очистки сточных
вод г. Кириши
демонстрируют
невероятные
результаты
по биологическому
удалению фосфора**

В журнале «НДТ» в 2016 г. (№ 4) была опубликована статья Л.С. Келля, М.В. Середы, А.В. Казакова «Усовершенствованная технология биологического безреагентного глубокого удаления фосфора». В ней было описано одно из недавних внедрений в этой области, осуществленное на очистных сооружениях г. Кириши (Ленинградская область). К моменту подготовки статьи технология использовалась всего несколько месяцев, однако, полученные результаты поражали своей эффективностью, доказывая возможность глубокого удаления фосфора из городских сточных вод чисто биологическим путем, без применения химических реагентов. Это направление особенно важно для российских водоканалов, расходы которых, включая и самые необходимые, жестко ограничены тарифным регулированием.

Очистные сооружения биологической очистки г. Кириши (далее СБО), эксплуатируемые ООО «КИНЕФ» («Киришинефтеоргсинтез») – одни из лучших сооружений советского периода, производительностью около 40 тыс. м³/сут., предназначенные для очистки городских сточных вод. Они были запущены в 1986 г., затем в 2013 г. реконструированы с переводом на технологию биологической очистки с удалением азота и фосфора. Был использован традиционный для Западной Европы процесс А²О (принципиальная схема приведена на рис.1) в трехкоридорных аэротенках. Биологической очистке по-прежнему предшествовало первичное отстаивание.

Особенностью реконструкции было устройство сооружений вакуумирования иловой смеси перед вторичными отстойниками, призванное создать возможности для повышения дозы ила и увеличения производительности СБО. Однако в этой связи нельзя не отметить, что низкая фактическая нагрузка на сооружения (не более 1/3 от проектной) не способствовала проверке этой возможности. Напротив, для СБО был характерен чрезвычайно высокий иловый индекс – до 400 л/кг.

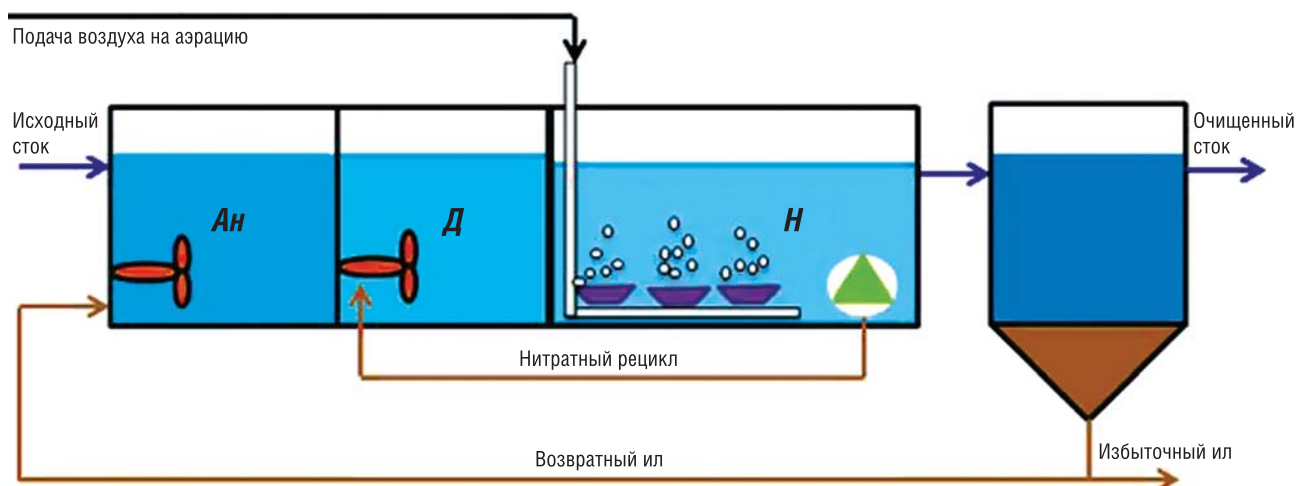


Рис. 1.
Процесс А²О (Анаэробик–
Аноксик–Оксик)

СБО после реконструкции 2013 г. продемонстрировали глубокое удаление соединений азота до показателей, приближающихся к ПДК_{рыбхоз}, но не обеспечили удаление фосфора. Для специалистов уже давно не является новостью, что технология А²О в российских условиях плохо работает на его удаление. Это вызвано тем, что в анаэробной зоне не создается истинно анаэробных условий (из-за поступления туда нитратов с возвратным активным илом), что не дает возможности развиваться фосфат-аккумулирующим микроорганизмам (ФАО). Эти микроорганизмы способны в анаэробных условиях запасать летучие жирные кислоты (ЛЖК) в виде органического полимера, расходуя на это энергию накопленных полифосфатов, а затем в аэробных условиях окислять запасенную органику и накапливать полифосфаты. При попадании в анаэробную зону нитратов с возвратным активным илом ЛЖК потребляются в процессе денитрификации и их не остается для ФАО.

Как один из объектов, использующих современные технологии, СБО г. Кириши вошли в Информационно-технический справочник по НДТ ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» (см. табл. 4.5, в которой перечислены объекты, работающие по технологиям биологического удаления азота и фосфора: ОС № 7).

В 2016 г., с учетом неудовлетворительного удаления фосфора, сооружения были еще раз частично реконструированы по рекомендациям Л.С. Келля (ООО «Природные системы») с устройством так называемой «зоны дозревания» в первичных отстойниках – дополнительных анаэробных резервуаров. При этом стадия первичного отстаивания исключена. Часть рецикла возвратного ила (около 5 %) подается в эти зоны дозревания. Взвешенные вещества сточной

НА СБО г. КИРИШИ ПРИМЕНЕН НОВЫЙ ПРИЕМ: ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АЦИДОФИКАЦИИ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ИСХОДНОЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ В «ЗОНАХ ДОЗРЕВАНИЯ», РАСПОЛОЖЕННЫХ В ПЕРВИЧНЫХ ОТСТОЙНИКАХ, ПУТЕМ ДОБАВЛЕНИЯ ЗНАЧИТЕЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ВОЗВРАТНОГО АКТИВНОГО ИЛА

воды флокулируются активным илом и оседают на дно резервуара, где происходит их ферментация в течение примерно двух суток, с образованием летучих жирных кислот, субстрата для развития ФАО (так называемый процесс ацидофикации) в значительно больших количествах, чем это возможно в обычных анаэробных зонах. Осветленная вода через перелив поступает в верхний распределительный канал аэротенков, туда же перекачивается ферментированная смесь осадков.

Конфигурация процесса биологической очистки в аэротенках оставлена без изменений.

Таким образом, на СБО г. Кириши применен новый прием: интенсификация ацидофикации взвешенных веществ исходной сточной воды в «зонах дозревания», расположенных в первичных отстойниках, путем добавления значительного количества возвратного активного ила. Процесс детально не изучался, но, возможно предположить, что содержащиеся в нем экзоферменты, а также существенная доля факультативных аэробных бактерий (т.е. способных на метаболизм и без использования кислорода) способны повысить скорость, а, значит, и глубину преферментации взвешенных веществ.

С согласия администрации СБО г. Кириши А.С. Келль любезно предоставил редакции новые, детальные данные о работе сооружений в 2017 г. Высокий уровень эксплуатации позволяет проводить на СБО ежесуточный контроль основных показателей, причем не только на сбросе, но и в иловой смеси аэротенков. Особый интерес представляет точка контроля на выходе из аэротенка, демонстрирующая возможности собственно процесса биологической очистки. Результаты этого контроля показаны на рис. 2 а-в и в таблице для каждого из трех аэротенков. Также в таблице приведены данные о качестве очищенной воды после вторичных отстойников.

Таблица

Средние за период с 01.01.2017 по 09.03.2017 значения содержания загрязняющих веществ на выходе из аэротенков и после вторичных отстойников

Точки контроля	Содержание загрязняющих веществ, мг/л			
	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P-PO ₄
Иловая смесь в конце аэротенков (среднее по 3-м точкам)	0,51	4,3	—	0,14
Очищенная вода после вторичных отстойников	0,54	5,2	0,04	0,19

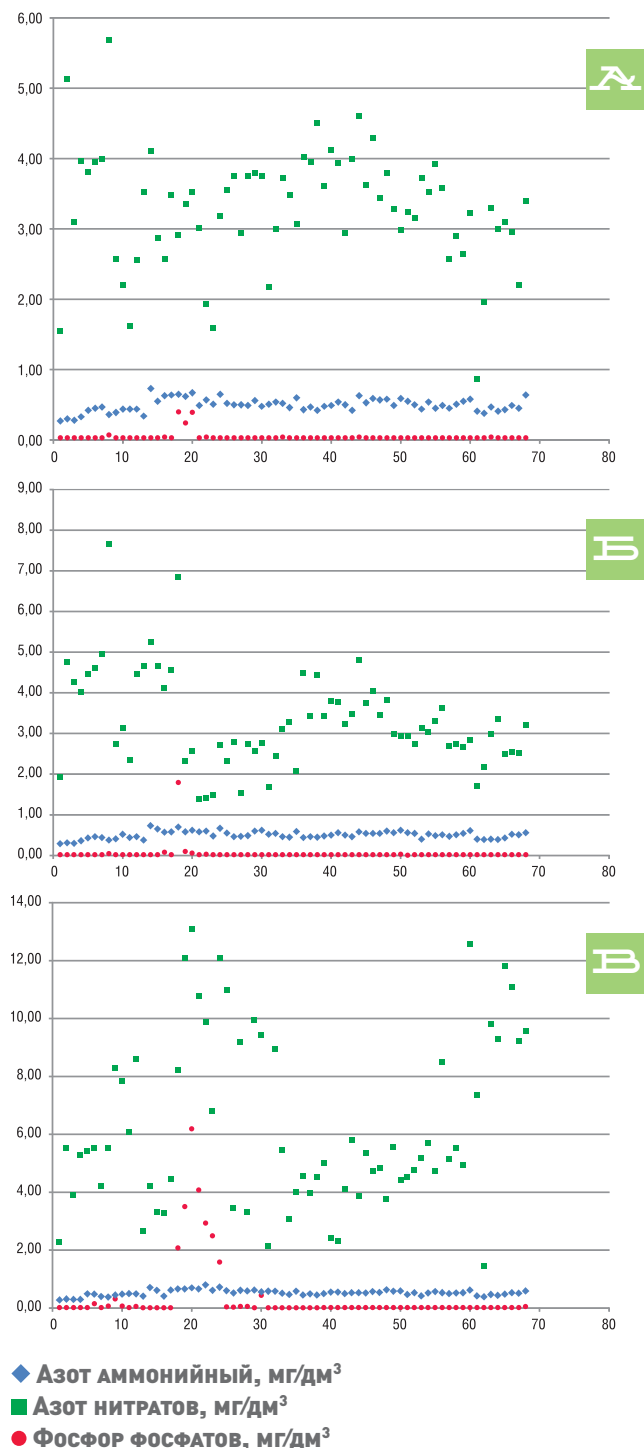


Рис. 2.
ЕЖЕСУТОЧНАЯ ДИНАМИКА СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОСФОРА
НА ВЫХОДЕ ИЗ АЭРОТЕНКА (01.01.2017–09.03.2017).
А) Аэротенк № 1; Б) Аэротенк № 2; В) Аэротенк № 3

Из данных рис. 2 и таблицы видно, что в аэротенках КОС происходит чрезвычайно глубокое безреагентное удаление фосфора фосфатов. Из 204 определений для всех трех аэротенков всего 43 имеют по результатам анализа численное значение, остальные 161 показали содержание фосфора фосфатов ниже предела определения (0,03 мг/л).

Надежность технологии достаточно высока: за 68 дней тщательного контроля лишь в течение 8 дней имел место всплеск концентрации фосфора фосфатов, за этот период среднее значение составил 1,1 мг/л. В остальные дни концентрация не превышала 0,4 мг/л, а в 78 % случаев – не превышала 0,1 мг/л.

Подобный результат является едва ли не уникальным в известной практике. Также происходит весьма глубокая нитрификация и удаление фосфора. Ранее при использовании схожих решений на КОС Сестрорецка и Люберецких ОС также получался эффект очень хорошего биоудаления фосфора.

Проведенная ретехнологизация КОС к тому же повлекла за собой снижение илового индекса с уровней свыше 400 до диапазона 170–230 л/кг. Сами по себе эти значения нельзя считать низкими, но в данном случае налицо существенное снижение показателя.

Важно обратить внимание, что, несмотря на значительное время пребывания (около 20 часов), высокую дозу ила (свыше 4 г/л), при стабильном протекании процесса нитрификации и глубокой денитрификации все-таки не достигаются значения ПДКрыбхоз по аммонийному азоту и азоту нитритов. Это лишь подтверждает невозможность применения данных значений как технологических показателей биологической очистки.

Можно ли рекомендовать использованное на СБО г. Кириши решение для повсеместного применения? К большому сожалению, по мнению автора этих строк, столь эффективный метод в том виде, в котором он реализован, имеет явные ограничения. Рассмотрим, какой ценой достигнут технологический эффект.

Общий возраст ила t_{it} , сутки – это отношение массы ила в сооружениях биологической очистки (в данном случае, в зонах нитри-денитрификации) к массе ежесуточного прироста ила

$$t_{it} = \frac{M_{iND}}{P_i} = \frac{V_{ND} \cdot a_i}{P_i},$$

где:

M_{iND} – масса активного ила в зонах нитри-денитрификации,

P_i – прирост активного ила, кг/сутки,

a_i – доза ила, кг/м³,

V_{ND} – объем зон нитри-денитрификации в аэротенках.

Во-первых, реализованная технология включает в себя отказ от первичного отстаивания. Это весьма распространенное решение на станциях с биологическим удалением фосфора, не имеющих метантенков. Очевидно, что оно увеличивает нагрузку по взвешенным веществам на аэротенки не менее, чем на 50 % и по БПК₅ не менее, чем на 30 %. Более того, эта нагрузка возрастает за счет более крупных частиц взвешенных веществ, которые будут гидролизаться и затем окисляться в аэротенке очень медленно, в результате чего войдут в состав ила, увеличив его прирост не менее, чем на 40 %. Рост потребления кислорода в аэротенках ожидается на уровне 30 % (однако, если в отсутствие регулирования подается избыточное количество воздуха, то это может остаться незамеченным).

Во-вторых, подача столь существенной части активного ила в длительные анаэробные условия приводит к гибели всех строго аэробных микроорганизмов, к которым относятся, прежде всего, нитрификаторы. Для биомассы нитрификаторов это равнозначно потере 5 % ежесуточно. С учетом отказа от первичного отстаивания это приводит более чем к двукратному снижению возраста ила в системе. Такое снижение ставит под угрозу процесс нитрификации, который, как известно, может работать и обеспечивать столь хорошие результаты только при надежном превышении критического значения возраста ила. Учитывая низкую зимнюю температуру сточных вод, необходимый минимальный аэробный возраст при таком повышенном отмирании нитрификаторов должен составлять, оценочно, не менее 12 суток. По ориентировочным расчетам, в настоящее время общий возраст ила на СБО составляет около 25 суток, что обеспечивает необходимый минимум.

Кроме того, погибшая биомасса превращается в инертную взвесь, дополнительно увеличивая нагрузку по ней на аэротенк. Поскольку речь идет об уже образовавшейся биомассе, то увеличения прироста произойти не должно, но дополнительно возрастут затраты электроэнергии на аэрацию.

Таким образом, для компенсации обеспечения возраста ила, поддерживающего нитрификацию в таких условиях, необходимо иметь соответствующие объемы аэротенков и/или возможность увеличения дозы ила в них. На СБО г. Кириши, к счастью, имелось и было использовано и то, и другое (в частности, доза ила была увеличена примерно в два раза), поэтому описанный процесс реализован успешно и полностью решает все задачи по достижению высокого качества очистки.

Однако, на других сооружениях, не обладающих такими резервами, применение ацидофикации поступающей взвеси, интенсифицированной добавлением активного ила, может привести к срыву нитрификации.

Рассмотренный опыт развития данного референц-объекта ИТС 10-2015 позволяет сделать следующие выводы:

1. Перенос опыта одних КОС, даже очень хорошо работающих, на другие, совершенно не обязан себя оправдать. В случае с рассмотренными СБО вначале была использована технология A^2O , прекрасно работающая за рубежом, но не подходящая для низкоконцентрированных стоков, характерных для многих российских КОС. Затем была успешно использована новая технология, однако, как показано выше, она именно в таком виде может быть использована далеко не на всех КОС, а только на серьезно недогруженных объектах.

2. Полученный коллегами на СБО г. Кириши опыт достижения сверхглубокого удаления фосфора еще раз демонстрирует эффективность ацидофикации осадка первичных отстойников как метода, обеспечивающего надежную биодефосфотацию. Однако, по мнению автора этих строк, примененная на СБО технология имеет существенные резервы в части снижения вышеописанных технологических издержек. Например, можно обсуждать следующие технологические решения, которые могли бы совместить и высокий технологический эффект удаления фосфора, и разумные объемы аэротенков, а также затраты электроэнергии:

- направлять в ацидофикатор в 2–3 раза меньшее количество возвратного ила,
- направлять в аэротенки только жидкую фазу (выводя первичный осадок), используя при этом рециркуляцию осадка для лучшего отделения продуктов ферментации в сливную воду,
- использовать ранее известные методы ацидофикации (см. ИТС 10-2015), не сопряженные со столь существенным увеличением требований к возрасту ила: рециркуляцию осадка в первичных отстойниках, с подачей выведенного осадка снова в распределитель отстойников; уплотнение осадка первичных отстойников с подачей сливной воды перед аэротенками; ферментацию осадка в отдельных ацидофикаторах с последующим уплотнением.

Методы ацидофикации взвешенных веществ сточных вод, как средство обеспечения надежной биодефосфотации, недостаточно хорошо изучены, отсутствуют четкие и однозначные рекомендации по их выбору и применению в различных условиях. Однако их практическая ценность (возможность отказаться от использования реагентов) столь существенна, что следует всячески приветствовать применение опыта применения этих методов на КОС, решающих задачу удаления фосфора. ●

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ МЕТОДОВ АЦИДОФИКАЦИИ ДЛЯ НАДЕЖНОЙ БИОДЕФОСФОТАЦИИ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ОТКАЗАТЬСЯ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕАГЕНТОВ, СТОЛЬ СУЩЕСТВЕННА, ЧТО СЛЕДУЕТ ВСЯЧЕСКИ ПРИВЕТСТВОВАТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Рыбозащитные сооружения на основе потокообразующих устройств

А.В. Иванов¹,
Г.Г. Филиппов¹,
ОАО «Институт
Гидропроект»
им. С.Я. Жука»¹

В.И. Баженов²,
В.И. Петров²,
С.М. Божьева²,
ЗАО «Водоснабжение
и водоотведение»²,
г. Москва

Задачи рыбозащиты

Эксплуатация поверхностных водозаборов объективно угрожает рыбным популяциям водоисточников в связи неизбежным попаданием рыбы в незащищенные от этого водозаборные сооружения. Для предотвращения гибели рыб в водозаборных сооружениях действующее законодательство [1–5] предписывает водопользователям принимать меры, направленные на обеспечение безопасности рыб и других водных организмов. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (актуализированная редакция СНиП 2.04.02–84) формулирует общие требования в области рыбозащиты: «8.77 Водозаборные сооружения (водозаборы) должны ... на водоемах рыбохозяйственного значения удовлетворять требованиям органов охраны рыбных запасов» [6].

Согласно СП 101.13330.2012 «рыбозащитные сооружения необходимо предусматривать с целью предупреждения попадания, травмирования и гибели личинок и молоди рыб на водозаборах и отвода их в безопасное место рыбохозяйственного водоема» [7].

Ключевыми в данной формулировке являются следующие понятия:

- «предупреждение попадания и гибели личинок и молоди рыб на водозаборах» означает, что нельзя допускать попадания рыб в водозаборное сооружение вместе с потоком воды;
- «предупреждение травмирования личинок и молоди рыб» означает, что нельзя допускать их механический контакт с защитно-водоприемной поверхностью. Получается, что отделение личинок и молоди на защитной сетке – это не рыбозащитное мероприятие;
- «отвод рыб в безопасное место рыбохозяйственного водоема» означает, что нельзя оставлять защищенных рыб в опасной водозаборной зоне.

¹ ОАО «Институт Гидропроект» им. С. Я. Жука», e-mail: hydro@hydroproject.ru .

² ЗАО «Водоснабжение и водоотведение», e-mail: info@pump.ru.

Основы экологичной рыбозащиты

Для выполнения совокупности предъявляемых требований рыбозащитное устройство (РЗУ) должно включать комплекс элементов, последовательно выполняющих следующие функции:

- входную, потокоформирующую – обеспечивающую перераспределение скатывающихся с потоком к водозабору рыб в сторону от защитно-водоприемной поверхности РЗУ;
- рабочую, защитно-водоприемную – обеспечивающую равномерный скоростной режим забора воды к потребителю при предотвращении попадания рыб в водозабор;
- выходную, рыбоотводящую – обеспечивающую отвод защищенных рыб из зоны действия водозабора в безопасное место рыбохозяйственного водоисточника.

Таким образом, из этих функций две ориентированы на рыбозащиту, а одна – на выполнение основной задачи водозабора.

Принцип реализации данных мер основан на использовании особенностей обитания и поведения рыб в водной среде, изобилующей ориентирами различной природы: гидравлическими (так называемыми реогradientными), визуальными, осязательными, кормовыми (трофическими) и другими. В совокупности они определяют распределение и перемещение рыб по водоему, что можно и нужно использовать для целей рыбозащиты. Наиболее важным для этих целей ориентиром, позволяющим корректировать траектории перемещений рыб, является реогradientный. В связи с этим работа современных РЗУ, обеспечивающая принудительное изменение траекторий движения рыб в водозаборном течении с опасного направления – в водозабор на безопасное направление в рыбообитаемое место, основана на обустройстве водозаборного течения. Различают защитное течение, не позволяющее рыбам приблизиться к водозабору и отводящее течение, выводящее рыб из опасной зоны.

В зависимости от условий размещения водозабора и РЗУ, конструкции функциональных элементов последнего могут существенно различаться. Так, например, тран-

зитное течение в реке, скорость которого превышает критические для молоди рыб значения, можно с помощью стационарных конструкций использовать, одновременно, в качестве и потокоформирующего, и рыбоотводящего элементов РЗУ.

В слабопроточных водных объектах и, особенно, в водозаборных ковшах требуется затрата дополнительной энергии на создание защитного и отводящего рыб течений. Поскольку большинство водозаборов расположено именно в таких условиях, то оптимизация энергозатрат на создание этих течений является весьма актуальной.

Одним из путей оптимизации энергетических затрат является объединение защитного и отводящего течений в одно единое течение, обеспечивающее недопущение в водозабор и удерживающее рыб непосредственно перед ним, но на безопасном удалении.

Такой подход целесообразен по следующим причинам:

1) защита рыб, основанная на использовании водных течений, естественных для их обитания, является наиболее безопасной;

2) на защиту, отведение и, одновременно, удержание рыб непосредственно перед водозабором тратится минимум энергии;

3) в слабопроточном водном объекте водозаборная зона, в которой сформированы выраженные проточные условия, является привлекательным местом обитания рыб. Вместе с рыбой в водозаборную зону поступают и задерживаются перед ней планктон и другие водные организмы, служащие для молоди рыб кормом и формирующие, тем самым, в водозаборной зоне благоприятные условия для её нагула. А скопление перед водозабором молоди рыб, в т.ч. малоценных и сорных видов, способствует заселению водозаборной зоны хищными рыбами, находящимся на верхнем уровне пищевой цепи;

4) размещение РЗУ непосредственно перед водозабором, практически, не изымает из экосистемы водоема рыбообитаемую акваторию, а наоборот, перед ним формируются условия, наиболее благоприятные для обитания и продуктивного нагула представителей всех уровней пищевой цепи водной экосистемы.

Учитывая, что рыба рождается, расселяется по водоему и живет в водных течениях, и в них же попадает в водозаборы, вполне логично предположить, что и спастись от опасности она должна также с помощью все тех же водных течений. Однако, чтобы эти течения в слабопроточных водоемах стали спасительными и отводили бы рыбу от источника опасности, их необходимо искусственно организовать.

ОБЪЕМНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ЭКРАН

Скорость втекания воды в водозаборные окна, как правило, превышает критические значения для молоди рыб, поэтому надо воспрепятствовать её попаданию в зону с опасным для неё скоростным режимом течения. На сравнительно неглубоких (производительностью до нескольких м³/с) водозаборах из слабопроточных водоемов перед водозаборными окнами, в зоне, где скорости еще не превышают критические для рыб значения, с помощью высокоскоростных водяных струй возможно формирование из водных течений «объемного гидравлического экрана» (рис. 1). Сливаясь в вершине защитной зоны, они формируют кумулятивную струю. Эта струя, обладающая повышенными скоростью течения и транспортирующей способностью, действуя в зоне «незначительных» скоростей водозаборного течения,

обеспечивает захват молоди и планктона и выводит их из опасной зоны водозабора в безопасное место.

Объемный гидравлический экран создается с помощью устройства, включающего верховой и низовой водораспределительные патрубки струегенератора. На них установлены сопла, обрамляющие водозаборное окно попарно, симметрично к оси и под углом к водозаборному фронту. Водораспределительные патрубки подключены к источнику напорной воды, в качестве которого могут быть использованы напорная сеть насосного агрегата или автономный насос.

Таким образом, непосредственно перед водозабором, но на безопасном от него удалении создается участок акватории, на котором в результате совокупности водозаборного и защитного течений формируется благоприятный для обитания рыб гидравлический режим, позволяющий рыбам продолжительное время комфортно пребывать и питаться в водозаборной зоне без опасности попадания в водозабор. При этом в зависимости от физического состояния и инстинктивного поведения каждая из обитающих здесь особей может выбрать оптимальный для нее в данный момент участок течения, т.е. может как приближаться к водозабору, так и удаляться от него.

На рис. 2 показана фотограмма обитания молоди рыб в потоках на безопасном от водозабора расстоянии.

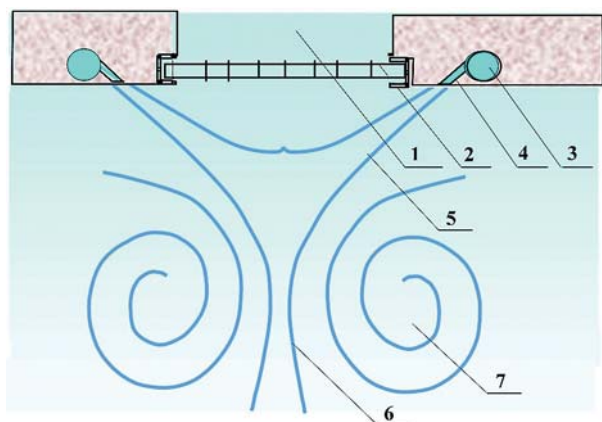


Рис. 1. Водоструйное РЗУ «Объемный гидравлический экран»:

- 1— водозаборное окно;
- 2— ГРУБАЯ СОРОУДЕРЖИВАЮЩАЯ РЕШЕТКА;
- 3— НАПОРНЫЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ПАТРУБОК СТРУЕГЕНЕРАТОРА;
- 4— СОПЛО СТРУЕГЕНЕРАТОРА;
- 5— ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ЭКРАН;
- 6— КУМУЛЯТИВНАЯ СТРУЯ;
- 7— ВОДОВОРОТНАЯ ЗОНА

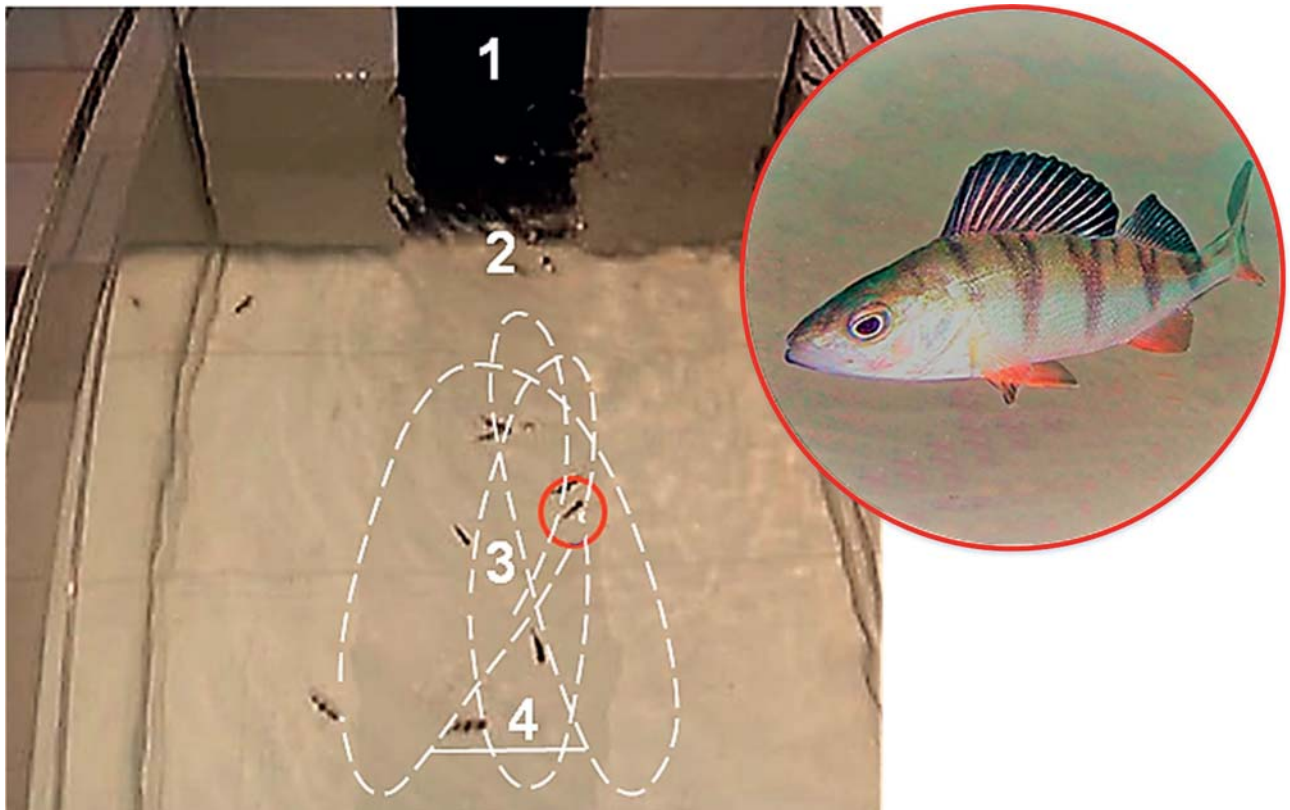


Рис. 2.
Модельная установка
по изучению обитания
рыб в безопасной
водозаборной зоне
действия «объемного
гидравлического экрана»:
1— водозаборное окно;
2— «объемный
гидравлический
экран»;
3— безопасная зона
обитания рыб;
4— траектория
перемещения
контрольной особи
(выделена красным
кружком)

Необходимо отметить, что продолжительность обитания рыб в безопасной защитной зоне во многом зависит от интенсивности снабжения ее кормовым ресурсом. Так, в летний период при обильном снабжении планктоном, доставляемым в безопасную зону совокупностью водозаборного и защитного течений, рыбы могут не покидать ее продолжительное время. В предзимний же период подрастающая молодь, испытывающая недостаток планктонного корма, может выйти из мест интенсивного нагула и мигрировать на зимовальные участки.

Таким образом, на формирование траектории путей миграции и условия пребывания молоди рыб в зоне действия водозабора оказывают влияние сразу несколько факторов специально организованной природной среды, препятствующих попаданию рыб вглубь водозаборного фронта, удерживающих их на удалении от опасной зоны влияния водозабора и выводящих обратно в безопасное место. Тем самым организуется бесконтактная, не травмирующая молодь защита рыб от попадания и гибели в водозаборе.

Поскольку эффективность самостоятельного удержания молоди на безопасном участке зависит, в частности, и от возможности ее зрительно ориентироваться в зоне обитания, т.е. от освещенности, то для обеспечения устойчивого пребывания рыб на удаленном от водозабора безопасном участке последний должен быть освещен в темное время суток.

Натурные исследования «объемного гидравлического экрана» показали его высокую рыбозащитную эффективность. При подаче на струеобразование до 5–7 % от водозаборного расхода она достигает 94,7 %, что значительно превышает нормативные требования (70 %) [7].

Изучив результаты испытаний, и принимая во внимание достигнутый уровень рыбозащитной эффективности, ФГБУ «Центральное управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации» сообщило, что не возражает против применения бесконтактного РЗУ «объемный гидравлический экран» на водозаборах различного назначения (письмо ФГУ «ЦУРЭН» от 25.10.2004 № 04–3/618).

Конструктивные элементы устройства сведены к стругенераторам, отсутствие сетчатых экранов делает минимальными его гидравлическое сопротивление и затраты на эксплуатацию водоприемных органов. При оборудовании устройством водозаборных окон нет необходимости в замене имеющихся в них грубых сороудерживающих решеток на специальные защитно-водоприемные экраны.

Особенность водоструйного РЗУ заключается в использовании искусственно создаваемых водных течений в качестве всех внешних функциональных элементов, что обеспечивает наиболее естественную рыбозащиту и исключает устройство вынесенных в водоем каких-либо механических конструкций, поэтому данное РЗУ абсолютно не подвержено любым вредным воздействиям окружающей среды (волна, ледоход, наносы и прочее).

Помимо рыбы «объемный гидравлический экран» эффективно отводит от водозабора и различных плавающих мусор и планктон, что благоприятно сказывается на эксплуатации вращающихся водоочистных сеток насосной станции и возвращает в водоем корм, необходимый для нагула молоди.

В «объемном гидравлическом экране» функции всех трех функциональных элементов РЗУ водозабора, изложенных в на-

чале статьи (пропуск необходимого расхода воды, но без рыб и обеспечение сохранения жизнеспособности молоди рыб в безопасных условиях) гармонично сочетает в себе собственно объемное высокоскоростное транзитное (для рыб) течение, являющееся одновременно и наиболее естественной водной средой обитания рыб и самодостаточным РЗУ, выполняющим все необходимые для него функции. Бесконтактный «объемный гидравлический экран» по праву можно назвать высокоэффективным РЗУ нового поколения.

ПРИМЕР ВНЕДРЕНИЯ КРУПНОГО РЗУ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Использование разновидности водоструйного РЗУ на Загорской гидроаккумулирующей станции ГАЭС-2 (рис. 3) позволило существенно сократить финансовые затраты на строительство и эксплуатацию. Принцип работы этого объекта требует в течение ночного времени (характеризующегося минимальным энергопотреблением) отбирать из водного объекта и закачивать в вышерасположенный резервуар значительные количества воды, со сбросом ее через турбогенераторы в часы пиковых нагрузок. Такой объект дает колоссальную нагрузку на водный объект по забору воды: расчетная производительность водоприемных окон составляет 944 м³/с (3,5 час суточной работы). Всего в цикле закачки воды отбирается около 718 м³/с (4,6 час суточной работы).

Созданное на этом объекте РЗУ формируется восходящими водяными струями, которые обеспечивают вертикальную ориентацию потока только самого верхнего рыбонасыщенного слоя, ниспадающего водозаборного течения в поверхностный комфортный для обитания рыб горизонт. Также учтено и используется в качестве системы рыбоотвода реверсивное течение ГАЭС, в устье которого размещено специально оборудованное безопасное место продолжительного обитания рыб [8].



Рис. 3.
СТРУГЕНЕРАТОРЫ РЫБОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЗАГОРСКОЙ ГАЭС-2, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНО ВВЕРХ

РЗУ, использованное для создания восходящих водяных струй, представляет собой протяженную группу расположенных на забральной стене водоприемника горизонтальных струегенераторов с соплами. Источником формирования в них водного потока являются погружные электронасосные агрегаты осевого типа Indar (Испания), производство которых локализовано в России [9]. Вода под давлением поступает в горизонтальные распределительные трубы струегенераторов и через сопла направляется вдоль забральной стены вверх, формируя вращающийся в вертикальном сечении вихрь, в котором рыба удерживается на протяжении всего периода работы ГАЭС в водозаборном режиме. При переходе ГАЭС на работу в турбинном режиме рыбу реверсивным течением выносит обратно в водохранилище, в котором для нее с помощью искусственных рифов оборудованы специальные места безопасного обитания.

Снижение индуктивных потерь в системе насос-струегенератор с помощью оптимизации формы струегенератора и сопел на основе результатов численного решения позволило снизить потребляемую мощность каждого агрегата с 75 кВт до 62 кВт. Девять струегенераторов, обеспечивающих работу

водозаборного устройства гигантской производительности длиной 415 м, в сумме потребляют в период работы около 560 кВт.

Для оценки энергоэффективности водозаборных РЗУ различной производительности удобно использовать удельный показатель, представляющий собой отношение энергозатрат на их работу, в кВт·ч, к забранному объему воды, в 1000 м³/ч, т.е. мощность струеобразователей, отнесенную к 1000 м³. Для РЗУ Загорской ГАЭС-2 этот показатель составляет 0,165 кВт/1000 м³.

ИСКУССТВЕННЫЙ СТРЕЖЕНЬ

Возможна иная модификация водоструйного РЗУ, например, асимметричный «искусственный стрежень». На период, когда скорость транзитного течения водотока, например, в паводок, становится устойчиво выше критических значений для защищаемых рыб, нет необходимости удерживать их непосредственно перед водозабором, поскольку транзитное течение само выносит рыб вниз от источника опасности. В этом случае достаточно обеспечить защиту только рыб, сносящихся потоком с верховой стороны.

С помощью системы пропеллерных потокообразователей, последовательно размещенных на выходе из обширного мелководья, можно предотвратить вынос с него и рыб, и их корма в водозабор, возвращая обратно на мелководье в место безопасного обитания (рис. 4).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОГРУЖНЫХ МЕШАЛОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ РЗУ

Весьма перспективным представляется использование для создания полноводных защитных течений потокообразователей с низкооборотным открытым пропеллером большого диаметра (рис. 5). Мешалки такого типа давно и успешно применяются для решения схожих задач – борьбы с льдообразованием в акватории замерзающих портов (создаваемые потоки препятствуют образованию льда).

Практика использования мешалок определяет низкооборотные редукторные серии как высокопроизводительные (тяга, Н) и энергоэффективные (определено параметром Н/кВт), при этом погружной тип реализует возможность получения горизонтально ориентированного потока. В табл. 1 представлена выборка наиболее приемлемых вариантов исходя из условий обеспечения производительности мешалок и их безопасности для рыб.

Для анализа крупного объекта с максимальной производительностью водозаборного течения $1200 \text{ м}^3/\text{с}$ выбран вариант самой производительной мешалки XSB 2733 LX. При диаметре пропеллера 2750 мм и скорости вращения 60 об/мин создаваемая им тяга достигает 6422 Н, что обеспечивает дальность водяной струи более 100 м с конечной скоростью 0,3 м/с, превышающей критические для рыб значения (рис. 6).

Рис. 4.

Крупный объект с максимальной производительностью водозаборного течения $1200 \text{ м}^3/\text{с}$:

а) План объекта для размещения РЗУ, б) Формирование «ИСКУССТВЕННОГО СТРЕЖНЯ» СИСТЕМОЙ ИЗ 5 ЕД. ПРОПЕЛЛЕРНЫХ ПОТОКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ РЫБООТВОДА:

1 – ГЛУБОКОВОДНАЯ ЧАСТЬ ВОДОЕМА; 2 – МЕЛКОВОДЬЕ; 3 – ИСТОЧНИК ОПАСНОСТИ;

4 – СИСТЕМА ПОТОКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ; 5 – БЕЗОПАСНОЕ МЕСТО ОБИТАНИЯ РЫБ

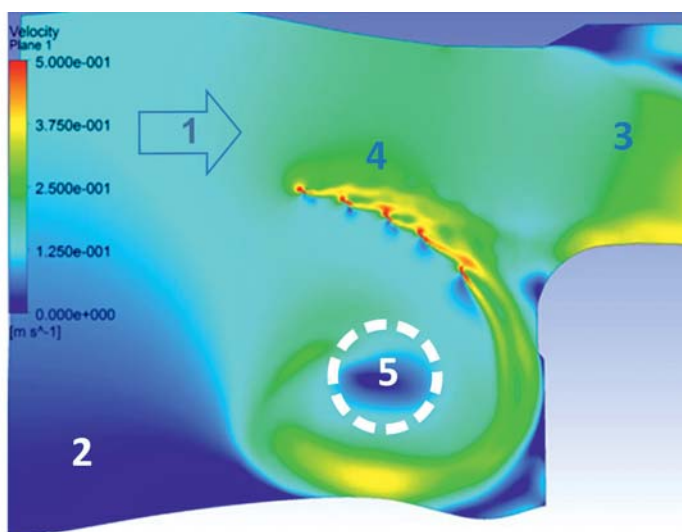


Таблица 1

ПРИМЕР ПОДБОРА МЕШАЛОК ИЗ НИЗКОБОРОТНОЙ (РЕДУКТОРНОЙ) СЕРИИ SULZER-ABSXSB

Наименование	Тяга, Н	Частота вращения, об/мин	Диаметр пропеллера, мм	Потребляемая мощность Р1, кВт	Удельная тяга, Н/кВт
XSB 2531 LX	4620	53	2500	5,29	873
XSB 2532 LX	5266	57	2500	6,42	820
XSB 2731 LX	4966	53	2750	5,52	900
XSB 2732 LX	5661	56	2750	6,65	851
XSB 2733 LX	6422	60	2750	8,02	801



Рис. 5.
Погружной потокообразователь
с низкооборотным пропеллером

Большой диаметр, низкая скорость вращения, а также благоприятные гидродинамические особенности формы лопастей пропеллера, практически до минимума снижают возможность столкновения лопастей и предметов с малым моментом инерции (массой). Рыбу отнесет потоком от лопасти раньше, чем она (лопасть) к ней приблизится. Тем не менее, для обеспечения безопасности рыб, находящихся в зоне действия пропеллера, его желательно размещать в местах с низкой концентрации водных обитателей, например, на более глубоких участках водоема, а также под прикрытием струй, созданных предыдущим пропеллером потокоформирующей системы.

Общая потребляемая мощность РЗУ из 5-ти мешалок (см. рис. 4) – около 40 кВт. Для рассмотренного масштаба объекта такое небольшое энергопотребление для формирования защитного потока является недостижимым при использовании струегенераторов с насосами. Система «искусственный стрежень» на основе мешалок при мощности водозабора 1200 м³/с имеет потребляемую мощность 40 кВт, что соответствует удельному энергопотреблению РЗУ 0,009 кВт·ч/1000 м³.

Рис. 6.
Эпюра скоростей течения водяной струи, формируемой
потокообразователем с низкооборотным пропеллером
большого диаметра (D = 2750 мм)



К деталям проектирования данного объекта следует отнести существующую сезонную неравномерность гидравлической характеристики водозабора от 600 до 1200 м³/с, что обусловило использование частотно-регулируемого привода для управления производительностью формирователей потока. Обоснованием данного решения явилось не столько сокращение энергозатрат, сколько необходимость регулирования излишней энергии суммарного течения РЗУ, приводящая к критической (возможно травмирование рыб) скорости в «искусственном стрежне» до 0,5 м/с (при 600 м³/с).

Описанный метод имеет существенную особенность: мешалки предполагают донное размещение на жестких фундаментах, которые должны быть сооружены на дне. Глубина установки мешалок (расстояние от поверхности воды до продольной оси вала) определяется толщиной верхнего населенного рыбой слоя, а также нижним уровнем льда.

РЗУ для малой производительности водозабора

Группа «ВИВ» предлагает использовать опыт большой гидроэнергетики и разработок ОАО «Институт Гидропроект» им. С.Я. Жука», что изначально предполагает высокую производительность РЗУ. Однако, накопленный опыт целесообразно было бы распространить на условия городских водоканалов, обслуживающих 100–200 тыс. жителей с водозабором, например, 0,5–1,0 м³/с.

В отсутствии данных цифрового моделирования РЗУ для ковшового водозабора шириной, например, 300 м весьма ориентировочно можно предположить следующее:

Система «объемный гидравлический экран» потребует устройства «гребенки» струегенераторов с установленной мощностью насосов порядка 50 кВт. В качестве альтернативы могут быть использованы погружные мешалки общей мощностью порядка 6–10 кВт;

Система «искусственный стрежень» потребует устройства 2–3 погружных мешалок общей мощностью 5–7 кВт.

Таким образом, при надлежащей проработке, задача рыбозащиты может быть эффективно решена при минимальных энергозатратах и высокой надежности.

Выводы

Разработаны экологичные решения рыбозащитных сооружений с потокообразующими устройствами типа: струегенератор с соплами и погружные потокообразователи с низкооборотным пропеллерами, формирующими симметричный «объемный гидравлический экран» и ассиметричный «искусственный стрежень», позволяющие удерживать рыб в создаваемом циркуляционном течении перед водозабором и отводить от него в безопасное место водоема.

Введено понятие удельное энергопотребление РЗУ. Для рассмотренных объектов показатель составил: для «объемного гидравлического экрана» – 0,165 кВт/1000 м³, для «искусственного стрежня» – 0,009 кВт/1000 м³. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «О животном мире» от 11.11.2003 г. № 148-ФЗ.
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ.
3. Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 г. № 166-ФЗ (с изменениями и дополнениями).
4. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ.
5. Постановление Правительства РФ от 20.04.2013 № 380 «Об утверждении Положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания».
6. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (актуализированная редакция СНиП 2.04.02–84). // М.: Минрегион России. 2011. 125 с.
7. СП 101.13330.2012 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07–87 // М.: Минрегион России, 2012 – 74 с.
8. Баженов В.И., Петров В.И., Бухаров К.Д., Иванов А.В., Филиппов Г.Г. Разработка и численное моделирование рыбозащитных сооружений на основе потокообразующих устройств // Гидротехника. 2014. № 1. С. 108–112.
9. Баженов В.И., Березин С.Е., Петров В.И., Божьева С.М., Тведохлеб И.Б., Костюк А.В., Князева Е.Г. Импортзамещение и локализация производства низковольтных и высоковольтных погружных насосов в России // Водоснабжение и канализация. 2016. №3–4. С. 4–15.



2017
год экологии
в России



ВСЕРОССИЙСКИЙ ВОДНЫЙ КОНГРЕСС 2017

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПЛОЩАДКА В РАМКАХ ГОДА ЭКОЛОГИИ
ПО ОБСУЖДЕНИЮ ОХРАНЫ И ЗАЩИТЫ ВОДНЫХ
РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКВА, 27 – 30 ИЮНЯ 2017 ГОДА

КОМПЛЕКС ЗДАНИЙ
ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ

Место диалога органов государственной власти, общественных и научных организаций, бизнеса и экспертов по выработке комплексной политики рационального и эффективного использования водных ресурсов Российской Федерации, отвечающей интересам всех отраслей экономики, экологической и санитарной безопасности человека и окружающей среды.

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНГРЕССА



Российская ассоциация
водоснабжения
и водоотведения

МЕРОПРИЯТИЕ ПРОЙДЁТ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

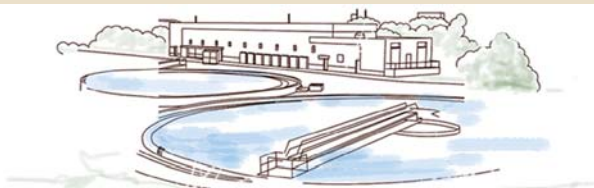


МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



VODA NEWS

#узнать_первым_от_первых



Профессионалам ВКХ



ГЛАВНОЕ

Отраслевая политика, тарифы, новации законодательства, важные события



ПЕРСОНЫ

Назначения, отставки, интервью



КОНЦЕССИЯ

Правила игры, конкурсы, практика



ТЕХНОЛОГИИ

Новинки, тренды, тематические обзоры



НА ПРАКТИКЕ

Внедрение, результаты, виртуальные туры, экспертный анализ

Хотите быть в курсе?
Зайдите на сайт и подпишитесь на бесплатную рассылку

www.vodanews.info



Данилович
Дмитрий Александрович,
канд. техн. наук, эксперт-
директор журнала «НДТ»

О регулировании использования осадка сточных вод как удобрения

Редакционная политика журнала направлена на то, чтобы сообщать только факты и описывать примеры внедрения эффективных технических решений, стараясь не углубляться в дискуссии и критику действующих нормативно-правовых актов. Отобранная редакцией для публикации статья М.А. Зайчикова заставляет задуматься о существующем положении в сфере регулирования использования осадка сточных вод как удобрения и сырья для производства почвогрунтов.

Описанный опыт компании «Агрофирма Ульянино», которая несколько лет назад решила заняться производством органических удобрений с использованием осадков сточных вод, и успешно прошла с нуля немалый путь, заняв свою нишу на рынке почвогрунтов московского региона, является подтверждением актуальности поднятого вопроса.

Данная тема уже 30 лет близка автору этих строк. До середины 80-х годов почвенная утилизация осадков сточных вод наталкивалась только на одну проблему – дефицит грузовых автомашин и горючего. Если эта проблема решалась, то колхозы и совхозы охотно принимали подсушенный осадок на свои поля в качестве удобрения. Эффект от его использования был очевиден. Ни о каких проблемах в связи с подобной практикой не задумывались. Все изменилось в начале эпохи гласности в 1987 г. после выхода в газете «Московская Правда» статьи «Кадмий под грифом “Секретно”», в которой были обнародованы данные по содержанию тяжелых металлов в осадках московских очистных сооружений и поставила вопрос об опасности овощей, выращенных с их применением. После этого к любым коммунальным осадкам стали относиться как к опасному отходу.

Профессиональный подход (отраженный, кстати, в решении Московского ГК КПСС) заключался в том, что необходимо провести детальные исследования процессов использования осадка как удобрения, с особым вниманием подойти к его возможному токсичному воздействию и разработать научно обоснованные нормы удобрения осадками. Такие исследования, проведенные в конце 80-х – начале 90-х годов, были профинансированы Мосводоканалом, их выполнили ведущие исследовательские организации в этой области: Всероссийский научно-исследовательский институт удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова

(ВИУА), Научно-исследовательский институт по сельскохозяйственному использованию сточных вод «Прогресс» (ГУП НИИССВ «Прогресс»), Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт органических удобрений и торфа (ВНИПТИОУ), Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина (НИ-ИЭЧиГОС) и др. Были установлены допустимые нагрузки на почву по тяжелым металлам, не вызывающие превышения ПДК в растительной продукции. На основе этих и последующих исследований, при активном участии специалистов нашей отрасли были разработаны СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения», Типовой технологический регламент использования осадков сточных вод в качестве органического удобрения (утвержден Минсельхозом России в 2000 г.), ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений».

За 30 лет, прошедших с 1987 г., в результате как сокращения числа промпредприятий в городах, так и повышения уровня очистки промышленных стоков, содержание тяжелых металлов в осадках сточных вод подавляющего большинства населенных пунктов сократилось в несколько раз. В настоящее время практически во всех городах осадки сточных вод удовлетворяют требованиям вышеперечисленных документов.

Казалось бы, сфера применения осадков сточных вод полностью урегулирована, и можно продолжить их использование к пользе как сельхозпредприятий (и других организаций, заинтересованных в удобрении и улучшении почв), так и водоканалов при санитарно и экологически безопасных дозах внесения. Однако одновременно с вышеперечисленными простыми в понимании и использовании документами появились еще две линии регулирования:

- законодательство об отходах;
- законодательство о пестицидах и агрохимикатах.

Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» напрямую не отнес осадки сточных вод к отходам. В актуальной редакции записано: *«отходы производства и потребления (далее – отходы) – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с настоящим Федеральным законом»*. Что интересно, закон переносит весь смысл понятия «отход» на слово «удаление», которое не имеет никакого юридического значения, ни в контексте данного закона, ни каких-либо других. Понятие обращения с отходами при этом сформулировано как *«деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов»*.

Таким образом, отходы – это то, что фактически удаляется или должно удаляться, при том, что смысла слова «удаляться» никак не раскрыт. Эту норму трактуют следующим образом: под термином «отходы» подразумевается *«вещество или предмет, от которого его собственник избавляется, намерен избавиться или должен избавиться»* (ГОСТ Р 56222-2014 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения в области материалов»).

С опорой на такую «конкретную» законодательную базу органы Росприроднадзора предъявляют самые разнообразные требования в части отнесения осадка к отходам: от объявления отходом любого осадка, вывозимого с очистных сооружений, независимо от направления вывоза, до отнесения к отходам жидкого осадка, наливаемого для подсушки на иловые площадки (что абсурдно и опротестовывается в судах). Ко всем действиям с осадком предъявляются требования по обращению с отходами, что требует получения лицензии, а также проведения государственной экологической экспертизы на объекты переработки осадка сточных вод.

Федеральный закон от 19 июля 1997 г. № 109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» установил,

что «агрохимикаты – удобрения химического или биологического происхождения, химические мелиоранты, кормовые добавки, предназначенные для питания растений, регулирования плодородия почв и подкормки животных. Данное понятие не применяется в отношении торфа...» и ввел норму, по которой не допускается оборот пестицидов и агрохимикатов, которые не внесены в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. В соответствии со ст. 9 для внесения в каталог (реестр) необходимо проведение регистрационных испытаний: «Регистрационные испытания пестицидов и агрохимикатов проводятся для разработки и обоснования регламентов применения пестицидов и агрохимикатов. Указанные регламенты обеспечивают эффективность применения пестицидов и агрохимикатов и их безопасность для здоровья человека, окружающей среды. Регистрационные испытания пестицидов и агрохимикатов осуществляют юридические лица, которые имеют необходимое для этого научное и материально-техническое обеспечение, специалистов соответствующего профиля и квалификации и допущены специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим организацию регистрационных испытаний и государственную регистрацию пестицидов и агрохимикатов, к проведению данных испытаний». Более того, в соответствии со ст. 10 «Экспертиза результатов регистрационных испытаний пестицидов и агрохимикатов включает в себя: государственную экологическую экспертизу пестицидов и агрохимикатов, осуществляемую специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды; токсиколого-гигиеническую экспертизу, осуществляемую специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области государственного санитарно-эпидемиологического надзора; экспертизу регламентов применения пестицидов и агрохимикатов, организуемую специально уполномоченным

федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим организацию регистрационных испытаний и государственную регистрацию пестицидов и агрохимикатов».

Таким образом, закон одним махом приравнял все биологические удобрения к химическим удобрениям, и, практически – к пестицидам, и ввел требование к проведению испытаний и экспертиз (автор предисловия далек от того, чтобы ставить под сомнения обоснованность норм закона применительно к химическим реагентам различного назначения). Человечество тысячелетиями использовало навоз в качестве удобрения, на этом создались целые цивилизации. В 1997 г. российские законодатели обязали, что любой, кто реализует навоз со своей фермы другим лицам, должен обеспечивать проведение испытаний и экспертиз. И сколько ферм – столько должно быть экспертиз. Точно также это относится к осадку сточных вод. Исключение сделано только для торфа. В результате в данном реестре всего несколько позиций, имеющих отношение к осадкам сточных вод. А в стране тысячи населенных пунктов, имеющих очистные сооружения.

Подобные требования к навозу и коммунальным осадкам ничем не обоснованы и представляют собой не более, чем административный барьер на пути использования органических удобрений. Его действие приводит к тому, что ценные вещества действительно превращаются в отходы и загрязняют окружающую среду.

Как навоз, так и осадки коммунальных очистных сооружений – это вещества, основной состав которых (в рамках одного типа) мало изменяется в зависимости от источника происхождения. Если говорить об осадке, то агрохимические, токсикологические и санитарно-гигиенические требования к нему хорошо изучены и детально сформулированы в документах, утвержденных заинтересованными ведомствами. Все агрохимические рекомендации по применению осадков получили одобрение Минсельхоза России. Таким образом, нет никаких оснований подвергать осадок каждого населенного пункта

крайне сложной, длительной и дорогостоящей процедуре, которую требует Федеральный закон № 109-ФЗ.

Примерно таким же должен быть подход к производству почвогрунтов (предназначенных для использования вне домохозяйств). В отличие от минеральных удобрений, это крупнотоннажная продукция, зона продаж которой жестко ограничена логистическими издержками, в пределах 50 км (как показано в статье М.А. Зайчикова). В каждом среднем и крупном населенном пункте должны быть свои производства почвогрунтов. Однако требования Федерального закона № 109-ФЗ практически препятствуют их производству (причем вне зависимости от сырья и рецептуры). В результате рынок данной продукции заполняется малоценным для почв (но зато пожароопасным и смываемым в ливневую канализацию) торфом, либо черноземом из глубинных подпахотных слоев, столь же бесплодным для растительности, сколь и привлекательным на вид. По мнению автора этих строк, если почвогрунт изготавливается с использованием химических удобрений и других веществ, уже содержащихся в реестре, с соблюдением рекомендованных дозировок для таких веществ, то регистрация такого грунта должна осуществляться по крайне упрощенной схеме, близкой к заявительной.

Проблема требует совместного решения Минстроя России и Минсельхоза России. В частности, возможными путям ее преодоления видится:

- добавление навоза, помета и осадков очистных сооружений населенных пунктов

к числу исключений из перечня агрохимикатов в Федеральном законе № 109-ФЗ, наряду с торфом;

- оформление единой для всех осадков, соответствующих действующим нормативным требованиям, записи в реестре (каталоге) агрохимикатов (также требует изменения в нормативно-правовых актах).

Что касается статуса осадков с позиций закона об отходах, то в последние два года Минстроем России и Ассоциацией ЖКХ «Развитие», в том числе с участием автора этих строк, проводится работа по внесению поправок в отраслевой закон № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении», которые призваны уточнить статус осадков сточных вод и ситуации, в которых они становятся отходами. В момент подготовки номера в печать законопроект не прошел согласование в Правительстве РФ из-за позиции Минприроды России.

С точки зрения отраслевого сообщества, осадок сточных вод, используемый как удобрение или как сырье для производства почвогрунтов, не должен рассматриваться как отход.

В любом случае, правовое поле в этой сфере изменится еще не скоро. Тем ценнее опыт одной из немногих организаций, сумевших преодолеть многочисленные административные барьеры на пути к использованию ценного вещества – коммунальных осадков для рекультивации нарушенных почв. Этот опыт может представлять интерес как для водоканалов, так и для предпринимателей.

**VODA
NEWS**

ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ ОТРАСЛИ ВКХ

vodanews.info

Только нужные новости — в рассылке Voda News

#УЗНАТЬ_ПЕРВЫМ_ОТ_ПЕРВЫХ



Опыт утилизации осадков сточных вод при производстве органического удобрения «Почвогрунт “Ульянинский”»

В 2012 г., на выставке «ЭКВАТЭК» мы ознакомились с опытом АО «Мосводоканал» по производству почвогрунтов на основе осадков сточных вод. Данное направление работ, вовлечение органических отходов в хозяйственный оборот нас заинтересовало, и в 2013 г. было организовано предприятие ООО Агрофирма «Ульянино».

Основной задачей было создание экологически безопасного и эффективного продукта на основе осадков сточных вод, который смог бы создать конкуренцию существующим искусственным почвогрунтам на основе торфа.

В настоящей статье мы бы хотели поделиться с читателями нашим непростым опытом, полученным за 3 года работы в этой сфере.

При выборе технологии утилизации ставилась задача максимального вовлечения отходов в хозяйственный оборот, строгое соответствие производства и полученного продукта нормам природоохранного законодательства, экономической целесообразности и производственной эффективности. С этой целью мы рассмотрели ряд известных технологий, перечисленных в табл. 1.

М.А. Зайчиков,
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
ООО АГРОФИРМА
«Ульянино»¹

Таблица 1.
Анализ технологий
подготовки осадка
сточных вод к утилизации

Технология	Положительные стороны	Отрицательные стороны
Компостирование	Получение качественного продукта. Дополнительное обезвреживание осадка.	Высокая стоимость ворошительных машин. Увеличение объемов продукта при производстве. Относительная сложность процесса. Необходимость дополнительных компонентов для производства, дефицитных в условиях Московского региона. Длительность процесса, обуславливающая необходимость больших площадей под производство. Влияние на процесс производства климатических факторов. Высокая себестоимость.
Использование вермикультуры	Снижение концентраций тяжелых металлов. Получение качественного продукта «биогумус».	Низкая производительность. Повышенная чувствительность вермикультур к колебаниям качества субстрата. Необходимость использования капитальных строений и ручного труда. Влияние температуры окружающей среды на скорость проходящих процессов.
Производство почвогрунтов различного состава	Возможность вовлечения в производство других органических отходов. Скорость производства. Отсутствие необходимости в больших площадях под производство.	Увеличение объемов продукта при производстве. Необходимость дополнительных компонентов для производства. Возможность использования только вылежавшихся осадков сточных вод, имеющих необходимые санитарно-гигиенические показатели.

¹ Зайчиков Максим Анатольевич, тел. 8-495-740-31-71

А



Б



В



Г



Стандартная ось
Перемалывание,
смешивание
0–50 мм

Ось для почвы
Просеивание
0–40 мм
0–20 мм

Ось для торфа
Просеивание,
перемалывание
0–25 мм

Ось для компоста
Перемешивание,
аэрация

Исходя из результатов анализа, остановились на технологии производства почвогрунтов, используя наработки Всероссийского научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения имени Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии [1].

В качестве механизмов для сортировки, ворошения и перемешивания решили отказаться от применения самоходных ворошителей по причинам как ограниченности их использования, так и высокой стоимости, и остановить свой выбор на навесном оборудовании для экскаватора, сортировочно-дробильном ковше ROBY MM154 с дополнительными комплектами лезвий для различных типов материалов и процессов (см. рис. 1).

При разработке проектной документации на производство органического удобрения «Почвогрунт «Ульянинский» учитывались требования действующего законодательства (см. вставку на с. 46).

Дополнительно был проведен анализ образования отходов в Раменском районе Московской области с возможностью вовлечения их в производство с учетом логистических факторов.

Рис. 1.

А–В – СОРТИРОВОЧНО-ДРОБИЛЬНЫЙ КОВШ В РАБОТЕ;
Г – СМЕННЫЕ РАБОЧИЕ НАСАДКИ СОРТИРОВОЧНО-ДРОБИЛЬНОГО КОВША

ОСНОВНЫЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АКТЫ, ФОРМУЛИРУЮЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТХОДОВ КАК ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ

**Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ
«Об охране окружающей среды»**

**Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ
«Об отходах производства и потребления»**

**Федеральный закон от 29.12.2014
№ 458-ФЗ (ред. от 29.06.2015) «О внесении
изменений в Федеральный закон
«Об отходах производства и потребления»**

**Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ
«О лицензировании отдельных видов
деятельности»**

**Федеральный закон от 23.11.1995 № 174-ФЗ
«Об экологической экспертизе»**

**Федеральный закон от 19.07.1997.
№ 109-ФЗ «О безопасном обращении
с пестицидами и агрохимикатами»**

**СП 1.2.1170-02 «Гигиенические требования
к безопасности агрохимикатов»**

**ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Требования
к свойствам осадков сточных вод
при использовании их в качестве
удобрений»**

**СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические
требования к использованию сточных вод
и их осадков для орошения и удобрения»**

**СП 1.2.1170-02 «Гигиенические требования
к безопасности агрохимикатов»**

**ГОСТ Р 53117-2008. «Удобрения
органические на основе отходов
животноводства. Технические условия.»**

**постановление Правительства Москвы
от 25.10.2011 №507-ПП «О повышении
качества почвогрунтов в городе Москве»**

В результате проведенного анализа и опытных испытаний была разработана рецептура почвогрунта «Ульянинский», ТУ 0135-001-23445466-2013 и Технический регламент на его производство. Основной состав почвогрунта согласно ТУ приведен в табл. 2, рекомендуемый регламент применения – в табл. 3.

В многокомпонентный состав вошли осадки сточных вод, соответствующие ГОСТ Р 17.4.3.07 и СанПиН 2.1.7.573-96, песок строительный, навоза крупного рогатого скота (далее НКРС), торф.

При всех перечисленных условиях применения почвогрунт может быть использован без смешения с подстилающими грунтами.

Почвогрунт производился путем смешения ила избыточного биологических очистных сооружений, в смеси с осадком механической очистки хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод, с песком, НКРС, торфом.

Поставщиками осадков сточных вод для проведения промышленных испытаний стали подмосковные водоканалы и АО «Мосводоканал», предоставивший сброженный обезвоженный осадок с иловой площадки 19.

Обеспечение санитарно-гигиенической безопасности при использовании осадка достигалось соблюдением водоканалами технологических регламентов на обезвреживание и обеззараживание:

- выдерживанием на иловых площадках в течение не менее 3-х лет (большинство водоканалов Московской области);
- термофильным сбраживанием в метантенках (АО «Мосводоканал»).

По результатам пробного производства было выявлено значительное расхождение фактических показателей осадков сточных вод по влажности и содержанию тяжелых металлов (см. табл. 4), что потребовало обеспечения входного контроля качества поступающих на утилизацию осадков с целью оперативной корректировки производства для достижения соответствия показателей произведенного агрохимиката требованиям, установленным техническими условиями.

Таблица 2.

Химический состав почвогрунта по ТУ 0135-001-23445466-2013

Наименование показателя	Значение
Массовая доля органического вещества в пересчете на сухой продукт, %	10–35
Массовая доля влаги (воды), %	40–60
Водородный показатель солевой вытяжки, ед. pH	6,5–7,5
Массовая доля питательных элементов, %	
азота общего (N), не менее	0,5
азота нитратного (N-NO ₃), не более	0,01
фосфора общего, в пересчете на P ₂ O ₅ , не менее	1,0
калия общего, в пересчете на K ₂ O, не менее	0,1

Таблица 3.

Рекомендуемый регламент применения почвогрунта «Ульянинский»

Условия применения	Культура
Формирование почвенного слоя при проведении лесовосстановительных работ и воссоздания почвенного слоя после выемки выращенных саженцев вместе с комом земли	Декоративные деревья и кустарники (питомники, лесные и парковые насаждения)
Формирование почвенного слоя при создании цветников и закладке газонов	Цветочно-декоративные культуры, газонные травы
Рекультивация нарушенных земель и полигонов ТБО	—

Рис. 2.

Опытная партия почвогрунта «Ульянинский»



Таблица 4.

РАЗБРОС ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРИНИМАЕМЫХ
НА УТИЛИЗАЦИЮ ОСАДКОВ

Влаж- ность, %	Тяжелые металлы, мг/кг СВ				
	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd
68–89	13,3–42	16,9–745	59–564	4,3–24,5	1,1–21,5

После разработки проекта технической документации и проведения промышленных испытаний, подтвердивших возможность производства почвогрунта с заданными показателями, наступил этап оформления разрешительной природоохранной документации на «Почвогрунт «Ульянинский»» и объекты производства.

В кратком изложении, основными работами, которые были выполнены для прохождения Государственной экологической экспертизы (ГЭЭ) и регистрации почвогрунта «Ульянинский» в каталоге агрохимикатов, были следующие:

1) получение материалов, подтверждающих обеспечение агрохимикатом почвогрунт «Ульянинский» полноценного питания растений;

2) получение подтверждения отсутствия фитотоксичности для растений;

3) проведение мониторинговых исследований уровня загрязнения нитратами почвы, подземных и поверхностных вод в зоне применения агрохимиката.

После прохождения ГЭЭ, получения лицензии на работу с опасными отходами, регистрации почвогрунта «Ульянинский» в Минсельхозе России и оформления документации на объекты производства, наша организация приступила к производству почвогрунта «Ульянинский».

В течение 2015–2016 гг. были проведены дополнительные исследования по получению материалов, установленных требованиями ГЭЭ, в том числе лабораторные и полевые опыты [2].

Схема полевого опыта включала три варианта:

- 1) контроль, естественный грунт;
- 2) почвогрунт «Ульянинский» марки А;
- 3) почвогрунт «Ульянинский» марки Б (увеличенная доля питательных элементов N, P, K).



Рис. 3.
ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Испытания почвогрунтов проводились общепринятыми методами в с. Ульянино Раменского района Московской области в полевом опыте с посевом овса на зеленую массу и многолетних трав (опыт 1) и в модельном (лабораторном) опыте с овсом на зеленую массу (опыт 2), выполненном на фитотроне ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова». При закладке полевых опытов почвогрунт насыпался слоем 30 см на подпахотный горизонт, существовавший пахотный слой был полностью удален, т.е. растения выращивались полностью в почвогрунте. Предпосевная обработка состояла в проведении фрезерования и боронования. Результаты приведены в табл. 5–6 и на рис. 4–5.

Таблица 5.
Влияние почвогрунтов «Ульянинский» марок А и Б на урожайность зеленой массы овса в полевом опыте

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка	
		ц/га	во сколько раз больше
Контроль, естественный грунт	52	–	–
Почвогрунт «Ульянинский» марки А, 100 %	240	188	3,6
Почвогрунт «Ульянинский» марки Б, 100 %	276	224	4,3
НСР ₀₅ *	68		

* НСР₀₅ – наименьшая существенная разность. Это величина, указывающая границу возможных случайных отклонений в эксперименте; та минимальная разность в урожаях, которая в данном опыте признается существенной при 5 % (НСР₀₅) или 1 % (НСР₀₁) уровне значимости.

Рис. 4.

а) контроль;
б) с внесением почвогрунта марки А;
в) с внесением почвогрунта марки Б



Таблица 6.

Влияние агрохимиката «Почвогрунт «Ульянинский»» марок А и Б на биомассу овса в модельном опыте

Вариант опыта	Биомасса, г/сосуд	Прибавка	
		г/сосуд	%
Надземная биомасса			
Почва 100 %	2,72	—	—
Почвогрунт «Ульянинский» марки А 25 %+почва 75 %	8,74	6,02	221
Почвогрунт «Ульянинский» марки А 100 %	10,62	7,9	290
Почвогрунт «Ульянинский» марки Б 25 %+почва 75 %	8,89	6,7	227
Почвогрунт «Ульянинский» марки Б 100 %	12,38	9,66	355
Масса корней			
Почва 100 %	1,52	—	—
Почвогрунт «Ульянинский» марки А 25 %+почва 75 %	2,50	0,98	64
Почвогрунт «Ульянинский» марки А 100 %	3,53	2,01	132
Почвогрунт «Ульянинский» марки Б 25 %+почва 75 %	2,92	1,4	92
Почвогрунт «Ульянинский» марки Б 100 %	4,27	2,75	181

Таким образом, почвогрунт, полученный с использованием осадка сточных вод по разработанной рецептуре, обеспечил достоверное повышение урожайности однолетних трав по сравнению с естественным грунтом. Выращивание овса в полевом опыте в варианте применения почвогрунта марки Б обеспечивало урожайность надземной биомассы на уровне 27,6 т/га или в 4,3 раза выше контроля с использованием естественного грунта. Применение почвогрунта марки А также дало положительный эффект, обеспечив урожайность 24,0 т/га что в 3,6 раза превышало контроль.

Эффективность использования почвогрунтов подтверждена и данными модельного опыта. При этом 100-процентный почвогрунт марки Б по накоплению надземной биомассы овса превосходил (на уровне тенденции) почвогрунт марки А на 16,6 %, корневой массы – на 21 %.

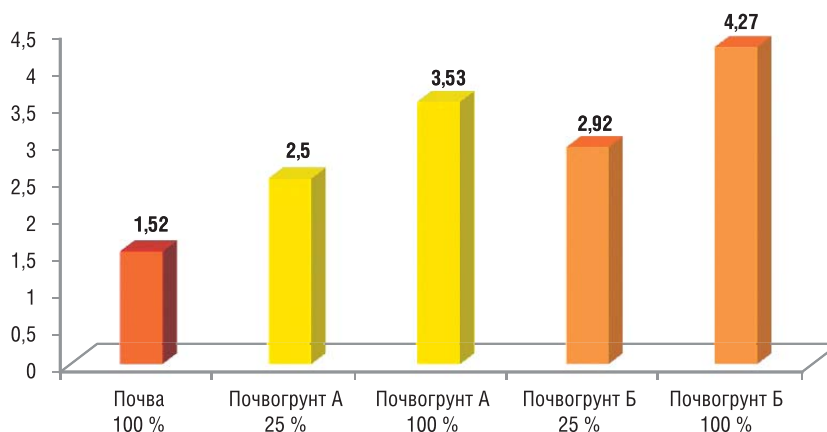


Рис. 5.
Влияние почвогрунта
«Ульянинский» на массу
корней овса (в г/сосуд)
в модельном опыте



При проведении испытаний производились отбор и анализ проб:

- почвогрунта «Ульянинский» на содержание нитритов, нитратов, общего азота и валовых форм тяжелых металлов (кадмий, никель, цинк, медь, свинец, ртуть и мышьяк);

- почв с прилегающей территории и грунтовых вод на определение содержания нитратов, нитритов и общего азота;

- зеленой массы растительности на содержание тяжелых металлов.

Целями контроля являлось выявление наличия или отсутствия:

- воздействия почвогрунта «Ульянинский» на компоненты окружающей среды,

- фитотоксичного воздействия его на растения (подавления их роста);

- аккумуляции тяжелых металлов в растениях.

Результаты контроля для почвогрунта и растительности приведены в табл. 7 и 8.

Результаты контроля в прилегающих почвах и грунтовых водах также не выявило негативного влияния. По результатам работы был сделан вывод об экологической безопасности почвогрунта «Ульянинский» для почв, продукции и грунтовых вод. Пробы почвогрунта показали его соответствие ТУ 0135-001-23445466-2013, а уровень содержания в зеленой массе растений меди, цинка, свинца соответствовал установленным максимально допустимым уровням.

Рис. 6.
Процедуры отбора проб в полевом опыте

Таблица 7.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВОГРУНТЕ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Объект	Тяжелые металлы, мг/кг сухого вещества						
	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Cd	Hg
Почвогрунт							
Почвогрунт производства 2015 г.	12,20	40,28	347,79	6,00	33,02	< НПО	< НПО
Почвогрунт производства 2016 г	6,07	9,31	34,31	3,89	4,38	0,12	0,12
ТУ 0135-001-23445466-2013	80	132	700	10,0	130	2,0	2,1
Растительность							
Фоновое значение	1,40	5,63	28,50	<0,1	0,91	<0,1	<0,1
Контрольная точка отбора проб	1,44	10,82	46,11	<0,1	0,55	<0,1	<0,1
После вегетации на почвогрунте 2015 г.	0,85	3,53	31,26	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
После вегетации на почвогрунте 2016 г.	3,81	5,05	48,74	0,73	1,83	<0,1	<0,1
МДУ 123-4/281 [3]	–	30	50	–	5,0	–	–

* НПО – нижний предел определения

Таблица 8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВОГРУНТА, ПОЧВ, ВОДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА, НИТРАТОВ, НИТРИТОВ

Объект	2015 г.			2016 г.		
	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	N _{общ}	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	N _{общ}
	мг/л			мг/л		
	мг/кг		%	мг/кг		%
Почвогрунт	<1	2,74	0,29	<1	4,883	0,40
	<1	38,47	0,16	4,5195	<1	0,36
	–	–	–	<1	23	0,2
ТУ 0135-001-23445466-2013 на производство почвогрунта	Не норм.	100	0,5	Не норм.	100	0,5
Грунтовая вода	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	N _{общ}	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	N _{общ}
	мг/кг		%	мг/кг		%
	<0,1	2,75	1,18	<0,1	<0,1	0,83
	<0,1	25,88	5,88	<0,1	<0,1	0,53
				<0,1	0,10	0,69
ПДК в воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования	3,3	45	–	3,3	45	–

Опыт использования агрохимиката «Почвогрунт “Ульянинский”»

В 2015 г. «Почвогрунт “Ульянинский”», производимый по ТУ 0135-001-23445466-2013, поставлялся на объекты дорожного строительства, благоустройства и озеленения, восстановления нарушенных земель.

В результате поставок были выявлены потребности заказчиков, предъявляющие различные требования к рецептуре почвогрунта. В зависимости от вида его использования целесообразно изменять долю органического вещества, влажность, гранулометрический состав, количество питательных элементов.

Учитывая данные потребности, нами были разработаны ТУ 0135-001-23445466-2016 (взамен ТУ 0135-001-23445466-2013), учитывающие эти факторы. Почвогрунт «Ульянинский» был разбит на марки А и Б с возможностью более гибкой рецептуры (использованные в вышеописанных опытах). На данный момент доработанные ТУ

проходят государственную экологическую экспертизу, по окончании которой будет проведена государственная регистрация почвогрунта в Министерстве сельского хозяйства РФ.

После оформления данных документов приступим к следующему этапу производства и реализации доработанного продукта.

В дополнение хотелось бы отметить, что к тяжело решаемым задачам можно отнести не само производство почвогрунта с заданными показателями качества, а оформление разрешительной документации и последующую реализацию продукции с достижением необходимого экономического эффекта. Осознавая эту проблему еще на стадии разработки технической документации, наша организация уделила особое внимание последующему сбыту продукции и анализу состояния рынка органических удобрений и почвогрунтов. Были выявлены факторы, влияющие на объем производства и сбыта (табл. 9).

Таблица 9.

Факторы, влияющие на экономические показатели при производстве органических удобрений из отходов на основе ОСВ

Фактор	Влияние
Ценообразование на поставляемую продукцию	Осадки сточных вод незаслуженно скомпрометированы как органическое удобрение. При этом хорошо известны проблемы с их утилизацией. Некоторые заказчики, узнав, что в состав почвогрунта входит осадок, в лучшем случае предлагают цену на 50 % ниже рыночной, или требуют оплату за прием поставляемого почвогрунта
Логистические и транспортные риски	В случае отсутствия вблизи производства материалов, которые можно купить, привезти безвозмездно или получив оплату за утилизацию, происходит радикальное увеличение себестоимости. При транспортировке составляющих и продукта самосвальная техника возникают транспортные риски, связанные с требованиями законодательства по перевозкам тяжеловесных грузов, что приводит к необходимости нагружать транспортные средства не более половины от их вместимости. Данное требование резко увеличивает себестоимость.
Ограниченность емкости самого рынка	Основными рынками сбыта являются предприятия по озеленению, благоустройству, строительству и ремонту дорог, а также организации, имеющие потребность в восстановлении нарушенных земель и рекультивации. Учитывая среднюю стоимость искусственных почвогрунтов на основе торфа около 850 руб./м ³ , область экономически целесообразной реализации продукции с учетом транспортных расходов составляет не более 50 км от места производства. На основе анализа потребностей конкретной области доставки емкость потребления составляет (в нашем случае) около 45 тыс. м ³ почвогрунта в год. В случае активизации строительства автодорог потребность возрастет в 2 раза.

Как видно из табл. 9, фактический рынок почвогрунтов только в сфере озеленения, благоустройства, строительства и ремонта дорог нельзя назвать высокоструктурным. В то же время значительную часть его занимают торфяные смеси, практически не имеющие агрономической ценности, по сравнению с почвогрунтами, приготовленными с использованием органических отходов, богатых азотом и фосфором. Как известно, торф улучшает структуру почвы, но удобрительный эффект оказывают только перегной на основе органических составляющих.

Проблема носит комплексный характер. С одной стороны, экологически безопасная утилизация отходов городов, которая способна принципиально улучшить состояние почв, встречает целый ряд препятствий, как в части получения разрешительной документации, так экономического и логистического характера. С другой стороны, городские почвы находятся в недопустимом состоянии, малозадерживают, пересыхают, смываются атмосферными осадками, в результате это приводит к росту количества грязи и пыли в городе. Необходимы системные меры по совершенствованию действующего законодательства как по утилизации органических отходов, так и по нормам содержания открытых (незастроенных и незащищенных) территорий населенных пунктов. ●

**ЗНАЧИТЕЛЬНУЮ ЧАСТЬ
РЫНКА УДОБРЕНИЙ СЕГОДНЯ
ЗАНИМАЮТ ТОРФЯНЫЕ СМЕСИ,
ПРАКТИЧЕСКИ НЕ ИМЕЮЩИЕ
АГРОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ
ПО СРАВНЕНИЮ С ПОЧВОГРУНТАМИ,
ПРИГОТОВЛЕННЫМИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ
ОТХОДОВ, БОГАТЫХ АЗОТОМ
И ФОСФОРОМ.**

ЛИТЕРАТУРА

1. СТРАТЕГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД
И КОМПСТОВ НА ИХ
ОСНОВЕ В АГРИКУЛЬТУРЕ.
Под редакцией академика
Россельхозакадемии
Н.З. Милащенко / ВИУА
им. Д.Н. Прянишникова – М.,
Агроконсалт, 2002. -140с
2. Г.Е. Мерзлая, Р.А. Афанасьев,
М.А. Зайчиков «Создание
плодородных грунтов
на основе осадков сточных
вод». МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
УЧАСТНИКОВ НАУЧНО-
ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИННОВАЦИОННЫХ ФОРМ
УДОБРЕНИЙ, СРЕДСТВ
ЗАЩИТЫ И РЕГУЛЯТОРОВ
РАСТЕНИЙ И АГРОТЕХНОЛОГИХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
КУЛЬТУР АНАПА-2016», стр. 100.
3. Информационный материал
Госагропрома СССР.
Временный максимально-
допустимый уровень (МДУ)
содержания некоторых
химических элементов
и госсипола в кормах
для сельскохозяйственных
животных и кормовых
добавках МДУ 123-4/281.
Государственный
агропромышленный комитет
СССР; Главное управление
ветеринарии. – М., 1987 год

Компактные очистные сооружения для канализации города Санрайз Бич



Санрайз Бич (Sunrise Beach) – маленький городок на берегу озера Озаркс в центральной части штата Миссури (США) является популярным курортным местом в летние месяцы. Старые очистные сооружения канализации не могли обеспечить ужесточившиеся стандарты качества очищенного стока. Кроме того, система не справлялась с увеличением расхода сточных вод на 100 % в периоды наплыва отдыхающих.

Городу были необходимы более крупные очистные сооружения, которые обеспечивали бы эффективную очистку стоков для сброса в озеро Озаркс.

Компания RWL Water предложила и реализовала проект компактной станции очистки сточных вод производительностью 50 тыс. галлонов в сутки (190 м³/сут.). В основу технологии станции положено биологическое удаление азота с доочисткой фильтрацией в скорых песчаных фильтрах.

Система имеет две линии с глубокой очисткой в периоды колебания расхода стоков. После уравнивания расхода поток разделяется по двум линиям, каждая из которых состоит из пред-аноксичной и пост-аноксичной камер, камеры аэрации, камеры накопления осадка и осветлителя. Требования к содержанию аммиака в очищенном стоке очень высокие. После ступени вторичной очистки сток подается в фильтр доочистки. Система доочистки включает процесс биологической фильтрации, которая обеспечивает снижение содержания твердых взвешенных веществ до норматива. Компания RWL Water поставила полностью оборудованное здание из стеклопластика с воздушодувками и системой управления, что сэкономило время и средства во время строительства сооружений.

Наличие двух линий очистки дает возможность отключать одну из них на зимний период и использовать обе линии летом во время наплыва отдыхающих. Такая компоновка станции обеспечивает высокую степень очистки, гибкость эксплуатации и значительную экономию энергии.

Параметры	Исходный сток	Очищенный сток
БПК ₅	250 мг/л	10 мг/л среднемесячное значение
Взвешенные вещества	250 мг/л	12 мг/л среднемесячное значение
NH ₃ -N (аммонийный азот)	25 мг/л	0,6 мг/л

По информации компании RWL Water, США



Комментарий

Хотелось бы обратить внимание читателя на следующее:

1. Во вполне процветающем курортном городке на новых ОСК реализована технология, которую нельзя расценить иначе, как хорошо известную и отработанную уже 20 лет назад, в том числе и в России.

2. Требования по аммонийному азоту для этих условий (сброс в озеро) близки к отечественным ПДКрыбхоз.

3. Требований по фосфору вообще не предъявляется.

4. При использовании доочистки на фильтрах получаемое качество воды соответствует тому, которое в России на аналогичном стоке на нормально работающих сооружениях получают без применения фильтров.

5. Интересно сравнить данное решение с требованиями Справочника НДТ по очистке сточных вод поселений ИТС10-2015, который вступает в действие с 01 июля 2016 г. В его терминологии такие ОСК именуются малыми. Для подобных сооружений при сбросе в водный объект предположительно категории Б (требующий весьма глубокой очистки стоков) предписано использование технологии с удалением азота (также без удаления фосфора) до следующих параметров: взвешенные вещества 15 мг/л, БПК₅ – 10 мг/л, аммонийный азот – 1,5 мг/л (см. табл. 5.11 ИТС10-2015). Сравнив с данными, представленными компанией RWL Water, понятно, что отечественные требования вполне сопоставимы с решением, примененным в США.

Эксперт-директор Д.А. Данилович



НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Некоммерческое партнерство «Центр перспективного развития»

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

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

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ

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

СЧЕТ № НДТ-2/17

дата: « 18 » апреля 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
			1

Почтовый адрес:

Телефон:

Подписка на журнал «Наилучшие доступные технологии водоснабжения
и водоотведения» на 2 пг. 2017 г. (3 номера) по счету № НДТ-2/17 от 18.04.2017 (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



конференция

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

6 июня 2017
Москва, Крокус Экспо

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



Организатор:



Официальный партнер:



www.waste-tech.ru

0+



2017
год экологии
в России



ВСЕРОССИЙСКИЙ ВОДНЫЙ КОНГРЕСС 2017

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПЛОЩАДКА В РАМКАХ ГОДА ЭКОЛОГИИ
ПО ОБСУЖДЕНИЮ ОХРАНЫ И ЗАЩИТЫ ВОДНЫХ
РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКВА, 27 – 30 ИЮНЯ 2017 ГОДА

КОМПЛЕКС ЗДАНИЙ
ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ

Место диалога органов государственной власти, общественных и научных организаций, бизнеса и экспертов по выработке комплексной политики рационального и эффективного использования водных ресурсов Российской Федерации, отвечающей интересам всех отраслей экономики, экологической и санитарной безопасности человека и окружающей среды.

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНГРЕССА



Российская ассоциация
водоснабжения
и водоотведения

МЕРОПРИЯТИЕ ПРОЙДЁТ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

